

# ETUDE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DE LA REGION DE KARAKAYA-ILICA KÖY (AYAŞ)

AH ŞAHİNCİ

*Geology Department of Ege University, İzmir*

**RÉSUMÉ.** — Les formations les plus anciennes dans la région étudiée sont les schistes paléozoïques se trouvant sous différents faciès le long du ruisseau d'Ayas. Ils contiennent des lentilles de calcaires noirs recristallisés. Sur ces schistes viennent des calcaires mésozoïques, légèrement rosâtres, recristallisés, blancs, ayant généralement l'aspect massif. Enfin les sédiments lagunaires du Néogène couvrent en discordance des formations plus anciennes, en s'intercalant avec des coulées volcaniques.

Les Néogènes sédimentaires sont étudiés en deux parties: l'un sur, l'autre sous les coulées volcaniques. L'étude palynologique a donné l'âge du Miocène moy. aux formations situées sous les coulées volcaniques (andesites-basaltes), tandis que grâce à l'étude des fossiles mammifères ramassés près du village d'İlhanköy on a pu dater le début des formations couvrant les coulées volcaniques au Pliocène inf., la découverte d'une défense de mastodonte près du village d'Ilca Köy indiquant qu'elles continuent jusqu'à la fin du Pliocène sup. Près du village d'Ilca Köy, les alternances de gypses-argiles situés sur les sédiments contenant la défense de mastodonte, sont les passages latéraux et la partie inférieure de gypses très épais que l'on observe sur la route d'Ayaş-Beypazarı. Donc ces gisements gypsifères ont probablement continué à se former jusqu'à la fin du Pliocène sup.

Les coulées volcaniques sont étudiées en deux parties: coulées basaltiques - andésitiques et coulées volcaniques vitrifiées.

Les coulées basaltiques-andésitiques sont les produits volcaniques du Miocène moy. et probablement ce volcanisme a continué durant le Miocène sup.

Les coulées volcaniques vitrifiées sont intercalées avec les formations lagunaires du Pliocène sup. Il est possible que ce volcanisme a duré pendant tout le Pliocène sup.

La région étudiée a probablement subi les phases hercyniennes, alpines et par endroits il y a eu des soulèvements verticaux au post-Pliocène.

Les sources thermales de Karakaya et d'Ilca Köy sont dues probablement à l'infiltration des eaux superficielles le long des fissures qui, se réchauffant en profondeur et suivant les failles et les fissures, réapparaissent en surface. Ces eaux, dans la classification générale, entrent dans les eaux thermales ordinaires. Suivant l'ordre d'importance elles contiennent des ions de bicarbonate, de sodium, de magnésium, de calcium et de sulfate. Ces eaux, potables de par leur composition chimique, ont une action thérapeutique sur certaines maladies.

## INTRODUCTION

La région étudiée comprend la carte au 1:25 000<sup>ème</sup> de Bolu H28-c<sub>4</sub> (Fig. 1). En 1969 nous étions envoyés par le M.T.A. pour procéder à l'étude géologique et hydrogéologique dans les environs des eaux thermales de Karakaya et d'Ilca Köy.

Nous remercions nos collègues qui ont bien voulu déterminer et analyser nos échantillons. Nous remercions également le Directeur Général du M.T.A., Dr. Sadrettin Alpan, pour la permission de publier ce travail.

## SITUATION GÉNÉRALE

La région est limitée à l'E par la ligne SW-NE passant par Tokludağ-Ayaş-Kazan (Halkavun), sur laquelle on observe les affleurements paléozoïques, mésozoïques et tertiaires. À l'W et au SW se trouvent les massifs de granodiorites qui sont parcourus par les affluents de la rivière de Sakarya. Au N, dans la région de Güdül-Çeltikçi, se trouvent des formations sédimentaires et volcaniques du Néogène (Fig. 1, 3).

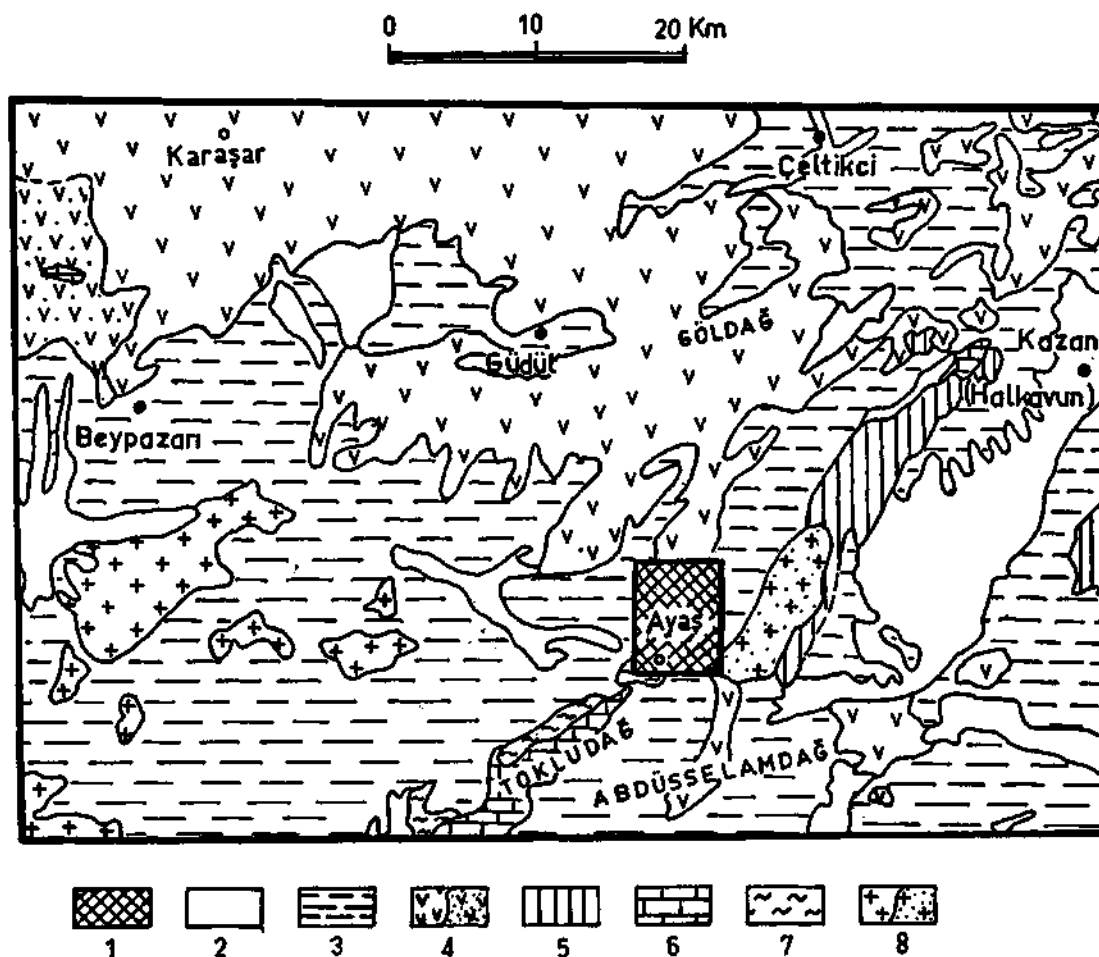


Fig. 1 - 1 - Région étudiée; 2 - Alluvions (Quaternaire); 3 - Néogène continental; 4 - Coulées volcaniques et faciès volcaniques (Néogène); 5 - Les formations éocènes-paléocènes; 6 - Mésozoïque; 7 - Paléozoïque; 8 - Les roches intrusives acides et basiques.

La région étudiée peut se subdiviser en quatre unités principales morphologiques (Fig. 3):

— Dans la direction du SSW-NNE, commençant près du quartier de Karakaya, les sommets de collines surelevées du S vers le N: Karakaya T. (1090 m), Beyliğindiş T. (1213 m), Güdüm-sultan T. (1428 m) et plus au N Dedeniendoruk (1475 m).

— Au NW les collines appartenant à la seconde unité sont plus basses que celles de la première: Beyliğindüzü T. (1184 m), Terliğindoruk (1158 m).

— Entre ces deux unites se trouve une vallee ayant une direction NE-SW et se retrecissant vers le NE. Les villages sont parsemes dans celle-ci.

— La derniere unite se place au S du ruisseau d'Ayaş et comprend Çaldağı (1118 m) et Kayabaşı (1500 m).

Chacune de ces unites morphologiques correspond a une unite structurale geologique bien definie: la premiere et la seconde aux crateres et coulees volcaniques, la troisieme aux formations lagunaires du Neogene, enfin la quatrieme unite correspond aux calcaires mesozoiques. Les schistes paleozoiques se trouvent entre la premiere et la quatrieme unite au long du ruisseau d'Ayaş.

### GEOLOGIE

Dans son ensemble la region a deja ete etudiee par differents auteurs (F. Bender, 1955; O. Erol, 1951, 1955 et 1958; M. Fürst, 1958). Ces etudes nous ont donne un aperçu general de la tectonique de la region. E. Thenius (1949), F. Ozansoy (1956) ont etudie la faune des mammiferes de la vallee d'Ilhan.

Les formations les plus anciennes de la region etudiee sont les schistes paleozoiques sur lesquels viennent en discordance les calcaires mesozoiques. Ensuite viennent les formations neogenes lagunaires et les coulees volcaniques qui couvrent les terrains plus anciens. Enfin dans une pate mar-no-argileuse du Neogene se trouvent des cailloux libres d'age quaternaire et la serie stratigraphique se termine avec les alluvions recentes (Fig. 2, 3, 4 et 5).

### PALEOZOIQUE

Les schistes metamorphiques du Paleozoique ayant subi plusieurs phases tectoniques se trouvent au SE de la region, suivant la direction du ruisseau d'Ayaş et a l'entour de Çaldağı. Entre les villages de Başayaş et Ayaşbağları, les schistes ont un aspect noir, tandis qu'a partir d'Ayaşbağları vers l'aval du ruisseau d'Ayaş, ils prennent une couleur gris-verdatre. Generalement ces schistes sont sericiteux, micaces et graphiteux, ils contiennent des lentilles de calcaires noirs recristallises. Dans ces calcaires existent des crinoïdes, mais la grande extension dans le temps de ces fossiles et l'absence de microfossiles a cause de la recristallisation, rendent difficile la determination de l'age exact de ces formations. M. Fürst (1955) a mis ces schistes dans le Permo-Carbonifere. Mais O. Erol (1968) a etudie les schistes metamorphiques et les grauwackes des environs d'Ankara. Selon lui, les schistes epimetamorphiques d'Ankara (probablement l'equivalent de nos schistes metamorphiques) appartiennent au Silurien et a ante-Silurien.

O. Erol (1968) subdivise en cinq groupes principaux les schistes metamorphiques et les grauwackes, de bas en haut: 1) les schistes verts chlorito-glaucconieux, 2) les schistes violaces sericiteux, 3) les phyllades, les schistes argilo-micaces, les schistes graphiteux, 4) les grauwackes, 5) les schistes et les gres fences. Les trois premiers groupes sont epimetamorphiques et d'age silurien-ante-silurien; le quatrieme comprend des grauwackes peu ou non metamorphiques appartenant au (?) Devonien, enfin le cinquieme non-metamorphique est considere comme d'age (?) Trias-Permien-Carbonifere sup.

La subdivision ci-dessus n'est pas absolue. En effet, comme l'auteur le precise, il est difficile de trouver toutes ces formations sur une coupe et de plus une correlation entre les groupes n'est pas toujours possible a cause de la rarete des fossiles parce que les formations sont plus ou moins metamorphisees. Cette subdivision chronologique basee sur de rares fossiles et les observations sur le terrain nous fait croire que les schistes metamorphiques de notre region pourraient appartenir au Silurien et ante-Silurien. Nous ne connaissons pas l'epaisseur exacte de ces schistes.

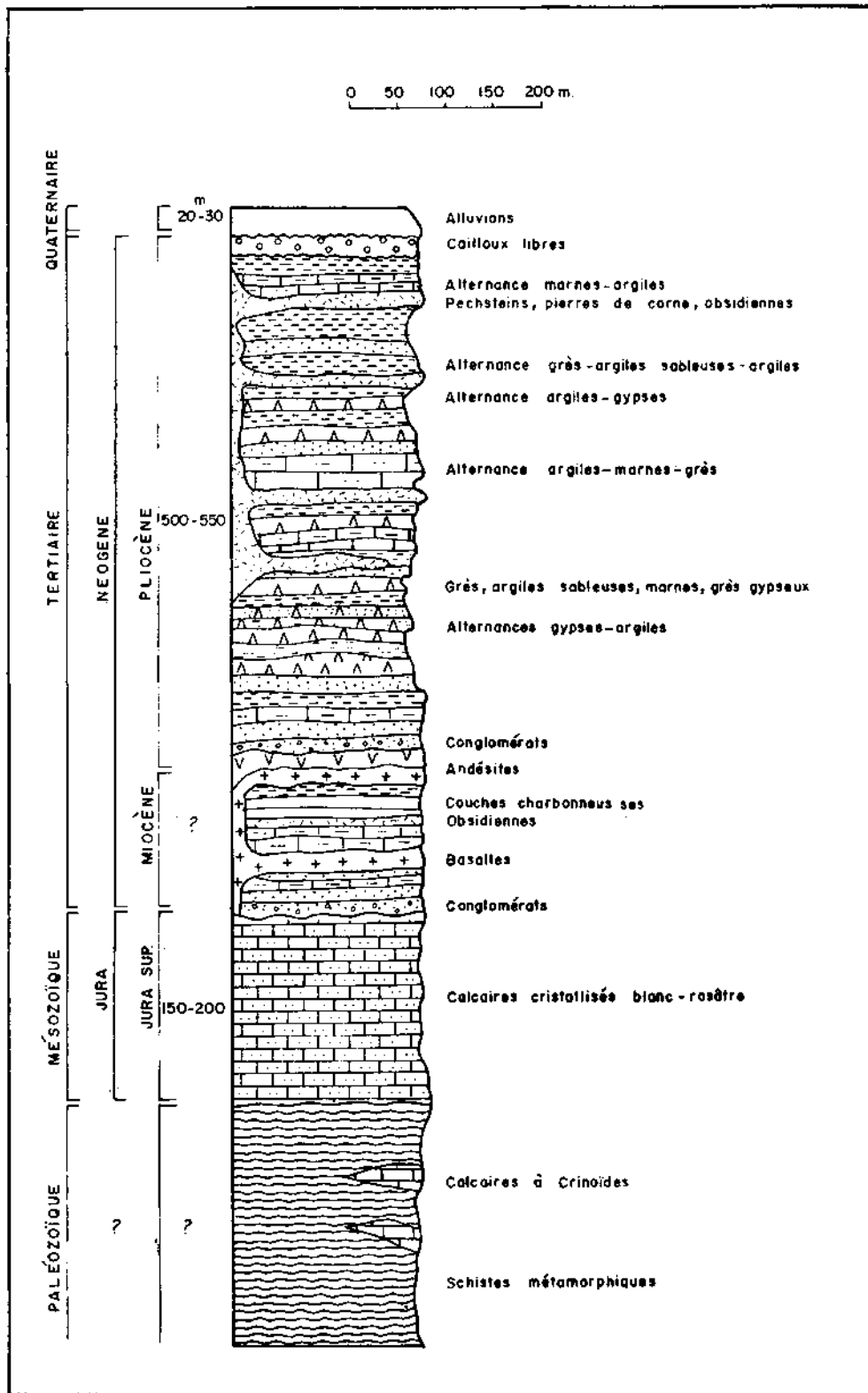


Fig. 2 - Coupe stratigraphique verticale.

## MESOZOIQUE

On rencontre les calcaires mesozoïques en discordance sur les schistes paleozoïques au S et au SE, sur la ligne Çaldağı-Kayabaşı. Ces calcaires généralement massifs ont une couleur blanc-rosâtre, et une épaisseur 150 à 200 m. Ils sont plus ou moins recristallisés, par endroits dolomitiques (Top T.). Les échantillons que nous avons pris dans les localités d'Atsineği D. et Sığıryolağı, ont un fâdes calcarenitique et contiennent les microfossiles ci-dessous:

*Pseudocyclammina lituus* (Yokoyama)

*Trocholina alpina* Leupold

*Lituola* cf. *nautiloidea* Lamarck

*Ammobaculites* sp.

Textularia

*Nautiloculina* cf. *oolithica* Mohler

Miliolidae (simple et de petit type)

Valvulina

Ces calcaires appartiennent à Page du Jura sup.-Neocomien, probablement Jura sup.

## TERTIAIRE

Sous ce paragraphe nous allons étudier les formations laguno-volcaniques appelées «les séries neogenes», qui montrent une extension très vaste en Turquie.

Nous examinerons les formations neogenes dans l'ordre suivant:

- Les formations sedimentaires sur les coulées andésitiques et basaltiques.
- Les coulées andésitiques et basaltiques (voir «Activités magmatiques»).
- Les formations sedimentaires sous les coulées andésitiques et basaltiques.
- Les coulées volcaniques vitrifiées (voir «Activités magmatiques»).

**Les formations sedimentaires sous les coulées andésitiques et basaltiques**

Ces formations affleurent dans des endroits restreints:

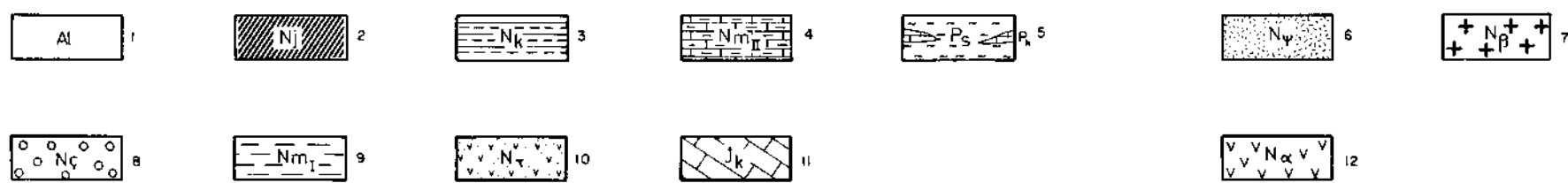
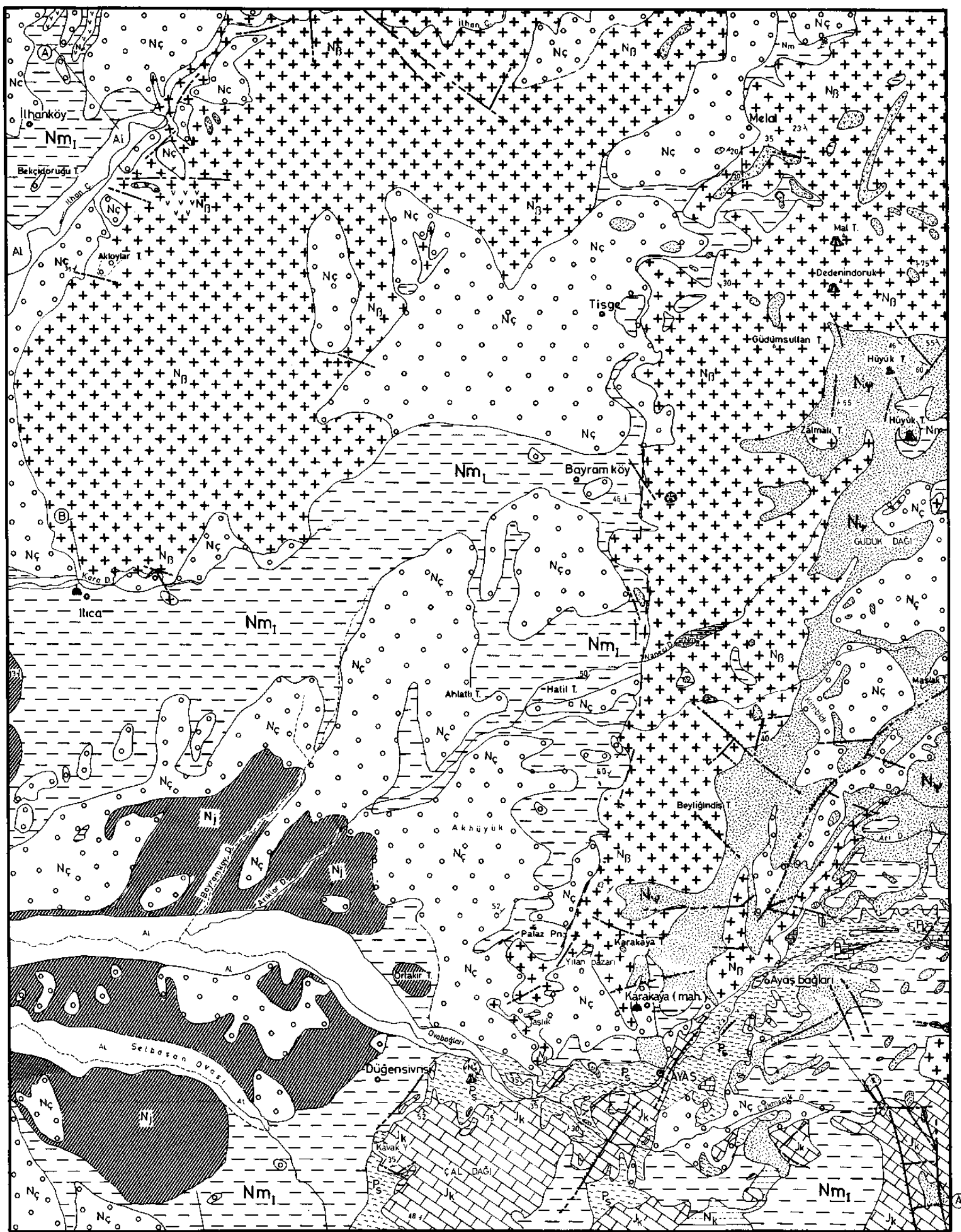
— A l'embouchure du ruisseau de Kara D. Paffluent du ruisseau d'Ayaş Ç. II y a des argiles épaisses de 4 à 5 m sous les basaltes.

— Dans le ruisseau de Tavsancil D., les argiles litées de 8 à 10 m d'épaisseur ont un pendage sous les basaltes.

— Dans le ruisseau de Naneci D. sous les basaltes se trouvent des argiles jaunâtres intercalées avec des couches de charbon.

— Dans les ruisseaux d'Elmalı D., Köğnü'k D. et de Kislipınar D. ces formations lagunaires ont presque le même fâdes. De haut en bas:

- les basaltes,
- les argiles blanches litées,
- les obsidiennes noires,
- les argiles beige-blanchâtre,
- les couches de charbon,
- les argiles detritiques noires.



**SEDİMENTER**  
(SÉDIMENTAIRES)

**VOLKANİTLER**  
(VOLCANIQUES)



Fig. 3 - Carre geologique aux environs d'Ayaş.

1 - Alluvions (Quaternaire); 2 - Alternances de gypses-marnes (Pliocene); 3 - Calcaire legrement argileux (Pliocene); 4 - Alternances de marnes, argiles, couches charbonneuses, gres, obsidiennes (Miocene); 5 - Schistes peu metamorphiques et lentilles de calcaires (? Paleozoique ancien); 6 - Pechsteins, obsidiennes, tufs vitreux, pierre de corne (Pliocene); 7 - Basaltes (Miocene); 8 - Cailloux libres (Quaternaire); 9 - Alternances de marnes, argiles, gres, conglomere (Pliocene); 10 - Tufs lithiques (Pliocene); 11 - Calcaires cristallins blanc-rosatre (Jura sup.); 12 - Andesites (Miocene); 13 - Cones volcaniques; 14 - Glissements de terrain; 15 - Sources thermales; 16 - Directions et pendages; 17 - Failles observees; 18 - Failles probables; 19 - Contours geologiques observees; 20 - Contours geologiques probables.

Les échantillons pris dans les couches de charbon sont presque stériles sauf ceux du ruisseau de Naneci D. L'étude palynologique de cet échantillon, indiquée ci-dessous, a donné l'âge du Miocène moy. L'épaisseur exacte de ces formations est inconnue.

	(%)
<i>Laevigatosporites haardti</i> (Pot. & Ven.) Th. & Pf.	3
<i>Monoporopollenites gramineoides</i> Meyer	3
<i>Inaperturopollenites hiatus</i> (Pot.) Th. & Pf.	1
<i>Inaperturopollenites incertus</i> Pf. & Th.	2
<i>Pityosporites microalatus</i> (Pot.) Th. & Pf.	15
<i>Triatriopollenites myricoides</i> (Th.) Th. & Pf.	18
<i>Triatriopollenites bitnitus</i> (Pot.) Th. & Pf.	4
<i>Triatriopollenites coryphaeus</i> (Pot.) Th. & Pf.	16
<i>Subtriporopollenites simplex</i> (Pot. & Ven.) Th. & Pf.	4
<i>Polyporopollenites undulosus</i> (Wolff) Th. & Pf.	3
<i>Tricolpopollenites microhenrici</i> (Pot.) Th. & Pf.	3
<i>Tricolpopollenites densus</i> Pf.	2
<i>Tricolpopollenites liblarensis</i> (Th.) Th. & Pf.	14
<i>Tricolporopollenites cingulum</i> (Pot.) Th. & Pf.	12

#### Les formations sédimentaires sur les coulées andésitiques et basaltiques

Ces formations montrent latéralement et verticalement des faciès très hétérogènes. Au S d'Atsinegi Çş., des calcaires lites, blancs, légèrement argileux contenant des cristaux et des veines de calcites, laissent des laches au toucher. Tandis qu'au SW de Çaldağı, aux alentours de Düğünsivrisi, ces formations commencent avec un conglomérat de base en discordance sur les schistes paléozoïques et les calcaires mésozoïques. Ensuite vient l'alternance de grès, de marnes et d'argiles et vers le sommet dominent les alternances d'argiles et de gypses. Au pied de collines de basaltes et d'andésites les formations néogènes montrent un faciès détritique fluvial et souvent on observe des stratifications entrecroisées.

Dans le lit du ruisseau de Kasım D. de l'E à l'W on suit l'alternance des conglomérats, de grès, de marnes, d'argiles blanches et vertes et des dépôts détritiques avec des stratifications entrecroisées. Toutes ces formations se trouvent en discordance sur les basaltes de la colline de Cankurtaran T.

Aux environs du quartier de Karakaya le lieu dit Yılanpazarı, de l'E à l'W en descendant vers Palaz Pn., sur les basaltes les formations lagunaires commencent avec le conglomérat et continuent en alternance avec les grès, argiles, marnes, grès gypseux. Les éléments détritiques de grès et de conglomérat sont essentiellement du quartz, du feldspath et très peu de basaltes. Elles ont un pendage presque vertical au contact des basaltes à cause de la tectonique.

Dans le ruisseau d'Ayaş, près du cimetière du village de Başayaş, sur les schistes paléozoïques en discordance à 1100 m d'altitude les séries néogènes commencent avec le conglomérat; suivent en alternance des grès, des marnes, et des argiles et à 1165 m la série continue à alterner avec les coulées volcaniques vitrifiées (pierre de corne, pechsteins).

Au NE près de Mal T. sur les basaltes on observe des tufs de 10 à 15 m d'épaisseur bien stratifiés.

Au S du village d'Ilhan Köy autour de la colline de Aktola T. il existe abondamment des fossiles de mammifères. La détermination de ces fossiles ci-dessous a donné l'âge du Pliocène inf.

*Cervus* sp.  
*Palaeotragus* sp. (voir Photo no. 1)  
*Helladotherium duvernoyi* Gaudry (voir Photo no. 1)  
 ? *Tragocerus* sp. (voir Photo no. 2a, b)  
*Antilope* sp.  
*Gazella deperdita* Gervais (voir Photo no. 3)  
*Hyaena* sp.  
*Felis* sp.  
*Hipparion* sp.

Pres du village d'Ilca Köy dans les dépôts fluviaux, j'ai trouvé une défense attachée à une mâchoire inférieure. L'ensemble d'environ 3 m de longueur (au Musée de M.T.A.). Cette défense n'étant pas venue de loin, a été déterminée comme *Anancus arvernensis* (Croiz. & Job.). On rencontre généralement ces Mastodontes au début du Pliocène sup. jusqu'au Villafranchien moy. (Photo no. 4). En tenant compte de l'extension de ces animaux en Turquie, il serait plus exact de dire qu'ils correspondent au début du Pliocène sup.

Pres du village d'Ilca Köy les formations fluviales contenant la défense commencent avec un conglomérat de base sur les basaltes, ensuite vient l'alternance de gres, d'argiles, d'argiles sableuses et de gres gypseux; vers le haut dominent les argiles et les gypses (Fig. 4). À la partie supérieure de ces formations, l'alternance d'argiles et de gypses correspond au passage latéral de la partie inférieure des gypses que Ton observe sur la route d'Ayas-Beypazan. Donc la formation des gypses a probablement duré jusqu'à la fin du Pliocène sup.

Les formations sédimentaires se trouvant aux environs du village d'Ilhan Köy correspondent donc chronologiquement à la partie inférieure de celles du village d'Ilca Köy.

#### QUATERNAIRE

Les cailloux se composant généralement d'éléments de basaltes et d'andesites 20 à 30 cm de diamètre se trouvent librement dans une pâte d'argiles et de marnes. Ces cailloux ne présentent pas de caractères de transport et couvrent une grande partie de la région étudiée. Au SW aux environs de Kedikaya T., Küçükçatal T. les éléments de ces cailloux sont formés essentiellement par des calcaires mésozoïques. L'épaisseur de ces formations varie de 0,5 m à 10 m.

Les alluvions se présentent sous l'aspect de bandes épousant les lits des ruisseaux d'Ayaş C., d'Ilhan C. et d'Ilca C. Dans le lit du ruisseau d'Ayaş C., aux environs de Yıkılanyar et Adatarla, les forages de D.S.f. ont montré que l'épaisseur des alluvions dépasse plus de 30 m.

#### ACTIVITÉS MAGMATIQUES

On ne rencontre pas de roches magmatiques intrusives tandis que les roches magmatiques extrusives couvrent une grande partie de la région étudiée. Les coulées basaltiques, andésitiques, péchsteins, obsidiennes sont des produits des volcans éteints comme Karakaya T., Hisar T., Taşlık, Dedenindoruk, Mal T. (Fig. 3, 4, 5, et Photo 5). Les activités volcaniques ont commencé vraisemblablement au Miocène moy. et ont continué jusqu'à la fin du Pliocène sup. Au Miocène moy. et sup. prédominent surtout les coulées andésitiques et basaltiques tandis qu'au Pliocène sup. on observe les coulées vitrifiées de péchsteins et d'obsidiennes.



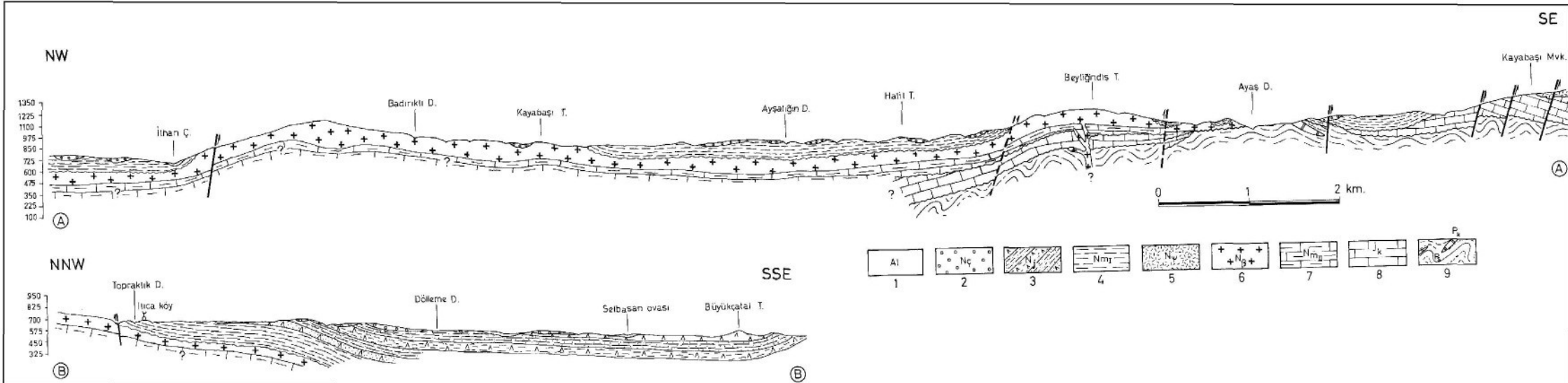


Fig. 4 - Coupes géologiques de la carte de Bolu H<sub>2K</sub>-C<sub>4</sub>.

1 - Alluvions (Quaternaire); 2 - Cailloux libres (Quaternaire); 3 - Alternances de gypses-marnes (Pliocène); 4 - Alternances de marnes, argiles, grès, conglomérats (Pliocène); 5 - Pechsteins (Pliocène); 6 - Basaltes (Miocène); 7 - Alternances de marnes, argiles, grès (Miocène); 8 - Calcaires cristallisés (Jura sup.); 9 - Schistes-crist. calc. (? Paléozoïque ancien).

### Les coulées andésitiques et basaltiques

Les basaltes, d'aspect massif, ont une couleur foncée et montrent parfois une certaine superposition. Ils couvrent une grande partie de la région. Les basaltes s'intercalent près de Hıdırseti T., Akkayabaşı T., Çobanevi D. et Büvetsetti Sr. avec les tufs stratifiés; sur la route d'Ayaş-Beypazarı, lieu dit Taşlık, avec les argiles, marnes, tufs et les bombes volcaniques.

L'étude microscopique des échantillons des basaltes pris aux environs de Testievi, Höyük T., Çobanevi D., İbecik et Elmalı D. montrent généralement d'une part des cristaux de labradorites microlitiques et microphenolitiques et d'autre part des matériaux vitrifiés. En plus il existe en forme de microbagues des cristaux d'augites, hypersthènes et xenomorphes ou poudres des minéraux opaques, des zeolites remplissant par endroits les vides.

Les andésites sont à première vue plus claires et plus légères que les basaltes. Les andésites se trouvent près d'Ayaş à Hisar T. (Photo no. 5), au N et SE du village d'İlhan Köy. À l'examen microscopique, on observe des pheno- et microphenocristaux d'andesine, très peu de hornblendes fraîches, des grains de microminéraux opaques (magnetites) et de petites quantités d'apatites dans une matrice vitrifiée.

Comme on l'a vu, les basaltes s'intercalent avec les formations lagunaires du Miocène moy., par conséquent Page de ces coulées doit être celui de ces formations. Le volcanisme donnant ces coulées a probablement commencé au Miocène moy. et a continué pendant le Miocène sup.

### Les coulées volcaniques vitrifiées

Ce sont des roches vitrifiées comme les pierres de corne, les pechsteins et les obsidiennes. Elles sont généralement multicolores, jaunes, bleues, grises, vertes, rosâtres etc. Rarement elles couvrent directement les basaltes, souvent il existe des argiles, ou des marnes entre ces deux coulées volcaniques. Dans le lit du ruisseau d'Igne D., les bois silicifiés, qu'on a trouvés dans les argiles, se trouvent sous les coulées vitrifiées. On les observe surtout au S et au SE et montrent parfois une certaine stratification comme les basaltes. Au microscope on observe abondamment crypto- et microcristaux de quartz et très peu de minéraux opaques ou une matrice totalement vitrifiée. Il a déjà été montré que ces coulées appartiennent au Pliocène.

## TECTONIQUE ET PALEOGÉOGRAPHIE

Dans la région étudiée, les failles ont affecté généralement toutes les formations du Néogène. Pour cela il est difficile de distinguer les failles ante- et post-Pliocène. Au SE de la région, près de la localité de Kayabaşı Mvk. la faille affectant les calcaires mésozoïques et les formations du Néogène a une direction de NNW-SSE et se prolonge vers la montagne d'Abdüsselam. Une autre faille se trouve dans les calcaires mésozoïques et passe près de la commune d'Ayaş. Se continuant probablement au NW du ruisseau de Kara D., en suivant la direction SW-NE, elle coupe les coulées vitrifiées. Les autres failles se trouvant dans les coulées volcaniques ont généralement des directions E-W et NW-SE (Fig. 3, 4).

Près de Karakaya et du village d'Ilica, les mesures des diaclases dans les coulées volcaniques sont projetées sur le diagramme de Schmidt (Fig. 5, 6). Près d'İbecik Mvk. le diagramme montre les directions principales N 145 E, N 165 E (ac), N 65 E (be) et N 95 E, N 105 E, N 115 E, N 5E sont les diaclases de cisaillement (Fig. 5). Environs du village d'Ilica Köy, ceux de N155E (ac), N55E, N65E (be) et N25E, N135E sont des fissures de cisaillement (Fig. 6).

La discordance du Jura sup. sur le Paléozoïque ancien montre que la région a émergé et a été érodée fortement avant le Jura sup. Également les formations du Néogène se trouvent en

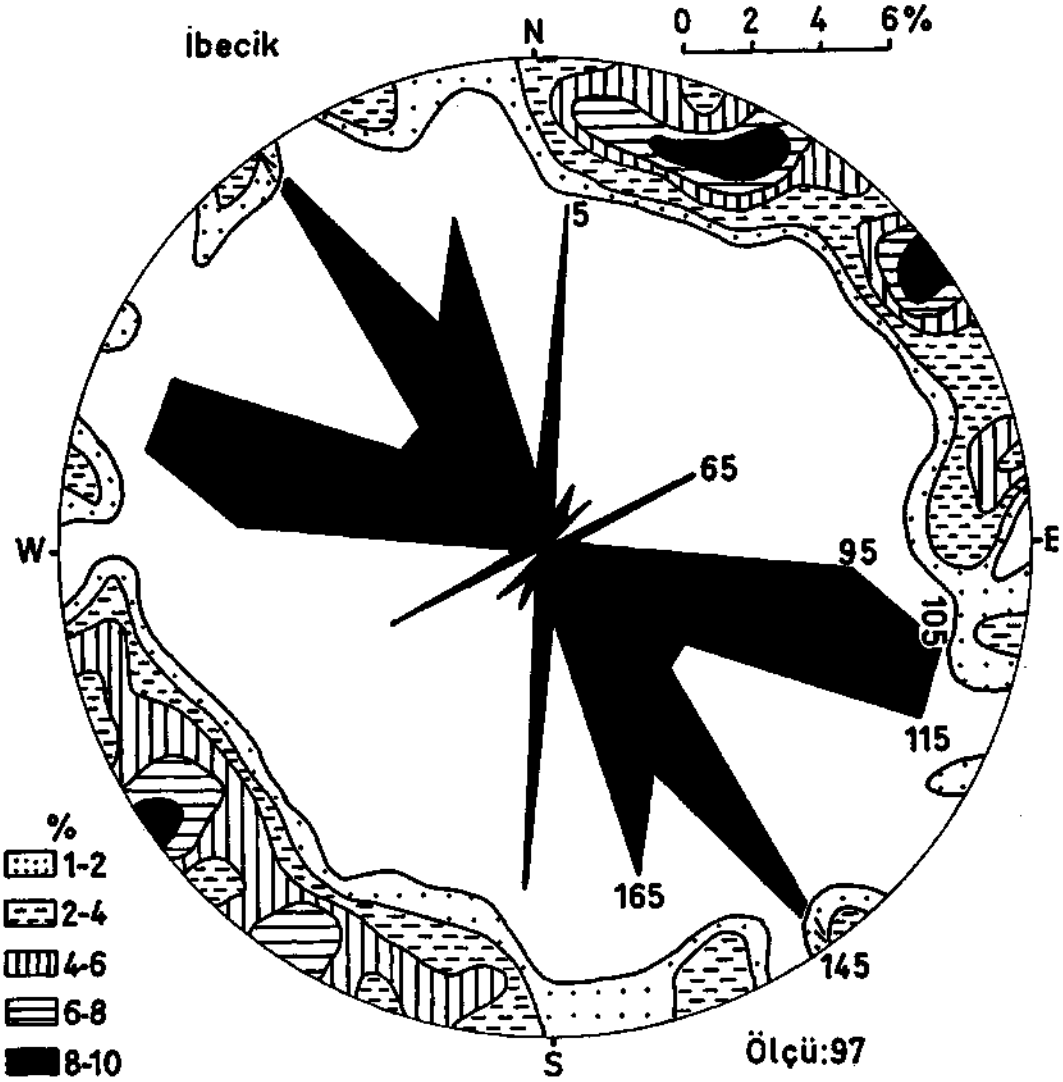


Fig. 5

discordance sur le Jura sup. Cette discordance indique aussi que la region a emerge et a ete erodee encore avant le Neogene.

Il existe des indices que la region a subie periodiquement des soulevements tectoniques pendant le Neogene. Sous les coulees volcaniques les formations du Miocene moy. Affleurent a des tres rares endroits et souvent on ne les observe pas sous les formations plus jeunes. Probablement apres les formations du Miocene moy. Et avant les coulees volcaniques (andesites-basaltes) la region a etc soulevee par les mouvements tectoniques et a ete erodee par endroits. Il est possible que les volcanismes produisant les coulees andesitiques et basaltiques ont une relation directe avec ces mouvements tectoniques.

Les formations du Pliocene se trouvent directement sur les formations mesozoiques et paleozoiques dans les environs de la commune d'Ayaş et au SE de la region etudiee. Vraisemblablement la region a ete affectee encore par les soulevements tectoniques apres les coulees andesitiques et basaltiques (Fig.3).

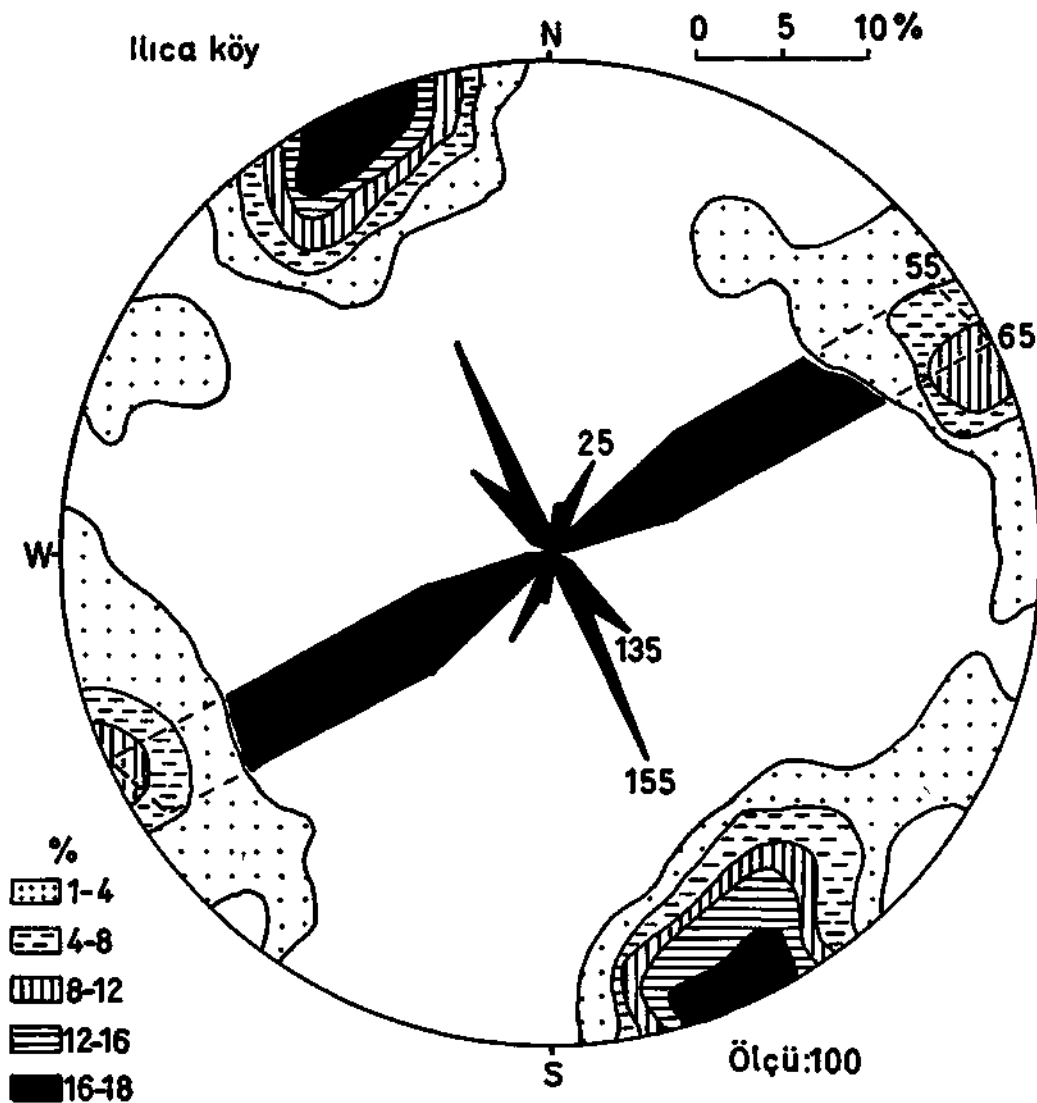


Fig. 6

La région a été affectée en partie par les soulèvements tectoniques au post-Pliocène. Les exemples plus frappants de ces modifications se trouvent au NW de (Çaldağı, dans la direction de Kavak Y.-Palaz Pn.-Bayram Köy (Fig. 3, 4). Les sédiments du Pliocène sont presque verticaux au contact des terrains plus anciens (Photo no. 6). Sur ces formations on observe souvent des stries de faille. En s'éloignant de la ligne tectonique ci-dessus vers l'W, on observe que l'inclinaison des couches diminue et qu'elle devient presque horizontale. Les mouvements verticaux ont rajouté les réseaux hydrographiques et les ruisseaux ont creusé leur lit très profondément.

Sous l'effet des mouvements tectoniques les sédiments plastiques du Néogène sont généralement plissés d'une manière souple, tandis que les autres formations plus anciennes ont montré une tectonique cassante due à leur rigidité. A Çaldağı les calcaires jurassiques ayant un axe d'anticlinal SW-NE, se reposent comme un capuchon sur les schistes paléozoïques.

Les schistes pourraient indiquer l'existence d'un grand geosynclinal. L'inexistence des formations du Trias, du Jura inf. et moy. indiquent probablement qu'avant le Jura sup. la region se trouvait emergee et erodee tres profondement. Nous n'avons aucune formation entre le Jura sup. et le Miocene moy. Il y a eu probablement les transgressions du Cretace et du Paleogene, mais la region a emerge et a subi une forte erosion avant le Miocene moy.

A part les fades marins de la cote mediterraneenne et du SE de l'Anatolie, la Turquie est recouverte presque par les sediments continentaux intercalant avec les coulees volcaniques et les tufs, au temps appele classiquement du Neogene.

Au Miocene moy. les eaux remplissant les creux d'erosion, la region avait l'aspect lagunaire, parsemee d'iles et de volcans. Les coulees basaltiques et andesitiques sont les produits de ces volcans.

Les couches charbonneuses qui se trouvent dans les formations du Miocene nous indiquent que le climat etait assez humide et que les lieux emerges etaient probablement couverts des forets. Les eaux se sont vraisemblablement legerement retirees vers la fin du Miocene, mais au debut du Pliocene les eaux recouvrent la region. Dans les formations du Pliocene, la presence des bois silicifies montrent qu'il existaient des forets dans la region. Les fossiles que nous avons trouves pres des villages d'İlhan et d'Ilica prouvent qu'il y avait des mammiferes herbivores et carnivores dans ces forets (Photo no.1, 2, 3, 4).

Tres epaisses couches de gypses qui se trouvent sur la route d'Ayaş-Beypazarı font comprendre que le climat devenait plus en plus chaud et sec vers la fin du Pliocene.

La region a subi partiellement des soulèvements tectoniques verticaux a la fin du Pliocene ou au debut du Quaternaire. A la suite de ces soulèvements la region est devenue la scene d'une grande erosion dont les produits sont les cailloux libres d'elements basaltiques et andesitiques et les alluvions. La region a alors pris a peu pres l'aspect morphologique actuel.

### HYDROGÉOLOGIE

Dans la region etudiee deux importants ruisseaux, İlhan Ç. et Ayaş Ç., ont creuse profondement leurs lits. Pendant les saisons seches le debit de ces ruisseaux diminue beaucoup mais n'est jamais nul. Kara D. (Ilica Köy), l'affluent d'İlhan, et Naneci D., l'affluent d'Ayaş, sont des ruisseaux secondaires et leur eaux disparaissent dans les alluvions pendant l'ete.

Aux differents niveaux des formations neogenes (sedimentaires et volcaniques), mesozoïques et paleozoïques, on observe par endroits des sources froides. Generalement les eaux des sources neogenes sedimentaires diminuent ou tarissent tout a fait aux saisons seches. Au SE, dans le ruisseau de Çakmacık D., au niveau des calcaires mesozoïques, emerge une source ayant un debit d'environ 5 a 6 l/s. Situee sur une faille elle est l'une des sources les plus importantes de la region.

Les alluvions contiennent une quantite importante d'eau. Les forages faits dans les alluvions du ruisseau d'Ayaş aux environs de Yıkılanyar et Adatala par D.S.İ., ont montre l'existence de differentes nappes importantes. Dans les alluvions la premiere aquifere donne des debits par pompage entre 9.4 a 20, 2 l/s a des profondeurs variant de 27 a 31 m. Les autres nappes semi-artesiennes ayant des debits 11 a 31 l/s se trouvent dans les sediments pliocenes. Il y a surement des relations entre les nappes aquiferes d'alluvions et celles du Pliocene. C'est pourquoi les eaux des alluvions alimentent probablement les nappes sous-jacentes.

Les coulees volcaniques, surtout les andesites et les basaltes, pourraient contenir des nappes d'eau a cause de leurs structures fissurees. Dans les plaines les forages pratiques sur les

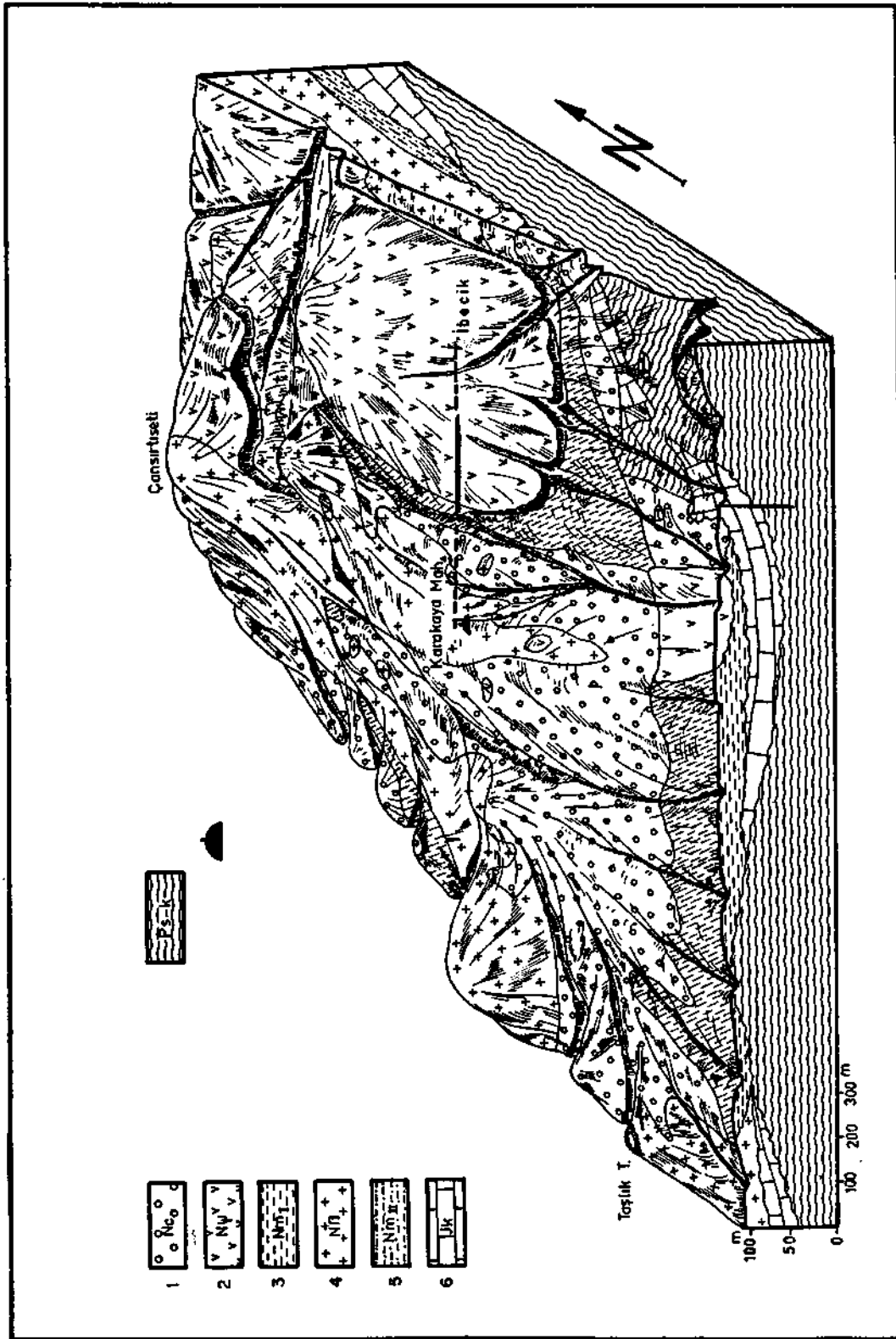


Fig. 7 - Bloc-diagramme de la source thermique de Karakaya.  
 1 - Cailloux libres; 2 - Pechsteins; 3 - Alternances d'argiles, grès, conglomérats; 4 - Basaltes; 5 - Alternances de marnes, argiles, grès; 6 - Calc. crist.; 7 - Schistes mét.-calc. crist.; 8 - Source thermique.

basaltes-andesites, pourraient donner des eaux artésiennes de bonne qualité et ayant un débit assez important. Les affleurements des calcaires mésozoïques se trouvent au SE. À part Çaldağı, aux environs d'Asmalibağ Düzü les calcaires pourraient contenir de l'eau. Les schistes paléozoïques ne contiennent pas de nappes aquifères importantes à cause de leur imperméabilité.

#### Origine des eaux thermales

Nous avons étudié à la première partie la stratigraphie, la tectonique et le volcanisme de la région étudiée. À la lumière de ces études, la genèse et la resurgence des eaux thermales pourraient s'expliquer comme ci-dessous:

Comme on le sait, l'augmentation de 1°C de gradient géothermique se produit généralement tous les 33 m. Mais l'existence d'un volcanisme récent dans la région nous permet de supposer que l'accroissement de 1°C de gradient géothermique pourrait se produire tous les 10 ou 15 m. En outre la région est fissurée et faillee par les mouvements tectoniques verticaux. Les eaux météoriques superficielles infiltrées le long des failles et des fissures se réchauffent en descendant et à partir d'une certaine profondeur elles émergent en surface suivant les fissures et les failles (Fig. 7, 8).

Les roches-magasins sont sûrement des andésites et des basaltes, mais les analyses des eaux montrent une quantité importante des ions de carbonates et de bicarbonates changeant entre 370 mg/l et 283 mg/l (4,5-6 milliequivalent) (Fig. 9). Les coulées volcaniques étant données leur composition chimique ne pourraient pas contenir tant des ions carbonates, c'est la raison pour laquelle les eaux thermales doivent être en contact avec les formations calcaires. Ces ions pourraient être enrichis par les calcaires mésozoïques ou par les formations néogènes se trouvant sous les basaltes et andésites. On sait bien que sous les basaltes ce sont surtout les argiles qui prédominent. En raison de cette considération il est plausible de penser que l'enrichissement des eaux thermales en carbonates et bicarbonates provient des calcaires mésozoïques. Il y a donc lieu de croire que les calcaires mésozoïques peuvent être des roches-magasins, avec les basaltes et les andésites, pour les eaux thermales (Fig. 4 et 6).

Les eaux thermales de Karakaya émergent probablement au pied d'un volcan éteint, en suivant un réseau de diaclases et de joints sur une zone de faille (Fig. 4, 8).

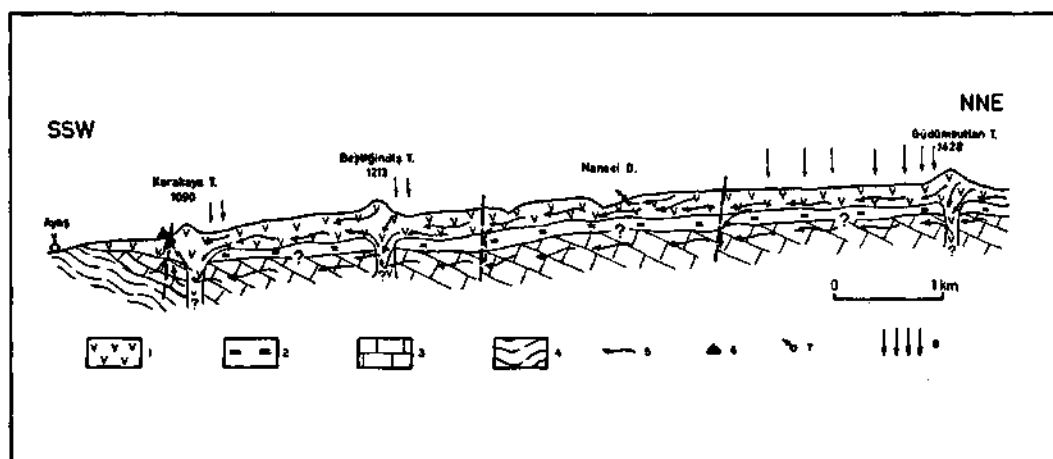


Fig. 8 - Coupe schématique montrant l'origine des eaux thermales de Karakaya.

- 1 - Coulées volcaniques; 2 - Miocène sédimentaire; 3 - Calcaires mésozoïques; 4 - Schistes paléozoïques; 5 - Mouvements des eaux souterraines; 6 - Sources thermales; 7 - Sources froides; 8 - Précipitation.

Il est possible que les eaux froides des nappes souterraines se mélangent avec les eaux thermales de Karakaya et d'Ilica. La source thermale d'Ilica se trouve en plus dans le lit du ruisseau de Kara D. dont les eaux se mélangent avec celles de source thermale.

#### Les propriétés physico-chimiques des eaux thermales

Les propriétés physiques des eaux thermales de Karakaya et celles d'Ilica sont données au tableau ci-dessous:

	<i>Karakaya</i>	<i>Ilica</i>
Résidu spécifique (25°C) .....	1.0003 gr/cm <sup>3</sup>	1.0004 gr/cm <sup>3</sup>
pH (25°C) .....	7.8	7.49
Résidu d'évaporation (105°C) .....	410 mg/l	362 mg/l
Résistivité (25°C) .....	1578.04 ohm/cm	1972.55 ohm/cm
Dureté totale (allemande) .....	10.85	10.06
Radioactivité .....	7.2 éman.	8.4 éman.
Température .....	31°C	20.5°C
Minéralisation en sels dissous .....	672.85 mg/l	589.65 mg/l
Débit .....	4.8 l/s	1.5 l/s

Ces eaux transparentes, sans saveur, ne laissant aucun dépôt, entrent dans la classe des eaux potables de très bonne qualité (Fig. 10).

En outre les eaux thermales ont une action thérapeutique sur les maladies de foie, de rate, de vésicule biliaire, d'estomac hypersthénique etc. (Dirisu, 1952, p. 144).

Les résultats des analyses des eaux de Karakaya et d'Ilica sont portés sur le diagramme Schoeller (Fig. 9). Les eaux de Karakaya sont sursaturées et celles d'Ilica sous-saturées en ce qui concerne les carbonates, tandis qu'elles sont toutes les deux sous-saturées de sulfate.

Ces milliequivalents des anions et des cations des eaux thermales sont dans l'ordre de pourcentage:  $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$  et  $\text{Na} > \text{Mg} > \text{Ca}$  ou  $\text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg}$ . Les valeurs de milliequivalents de Mg et de Ca montrent une certaine évolution dans le temps (Fig. 9). Donc ces eaux se trouvent dans la classe de bicarbonate-sulfate-chlorure-sodium-magnésium-calcium (ou sodium-calcium-magnésium). Dans le classement général, ces sources thermales sont des eaux chaudes ordinaires à cause de leur température basse, de leur radioactivité peu importante et de leur minéralisation en petite quantité.

La valeur milliequivalente de Na+K est assez élevée dans les eaux chaudes (Fig. 9). Les ions de K et Na pourraient s'enrichir par la décomposition de minéraux de basaltes et d'andesites. Les ions de sulfate probablement proviennent des hydrogènes sulfures, du soufre et des oxydes de soufre d'origine volcanique.

Les ions de Ca et de Mg dans les eaux thermales pourraient résulter de minéraux d'andesites et de basaltes mais l'existence des ions de bicarbonate en excès nous indique que les ions de Ca et de Mg pourraient plutôt revenir des dolomites de Mésozoïque (Fig. 9).



## CONCLUSIONS

Les resultats de nos etudes sont formules comme ci-dessous:

— L'origine des eaux thermales de Karakaya et d'Ilica est due a l'infiltration des eaux superficielles le long des fissures; ces eaux se rechauffent en profondeur et emergent en surface en suivant encore les fissures et les failles. Elles entrent dans le classement general des eaux chaudes ordinaires et contiennent des ions suivant l'ordre de grandeur bicarbonate, sodium, magnesium, calcium et sulfate. Ces eaux etant potables au point de vue de la composition chimique ont une action therapeutique sur certaines maladies.

— L'inexistence d'une roche-magasin importante et de couverture, diminue l'importance de ces eaux pour Putilisation en energie geothermique.

— Des forages pratiques a des emplacements convenablement choisis d'apres les etudes geophysiques, permettront d'augmenter le debit des sources en empechant, par le moyen du captage, la fuite des eaux. Bien plus, la temperature des eaux thermales pourrait s'accroitre grace a ces forages les eaux froides ne se melangeant plus avec celles des sources.

— Les nappes aquiferes importantes des eaux froides sont les alluvions, les coulees andesitiques-basaltiques et une partie des calcaires mesozoïques.

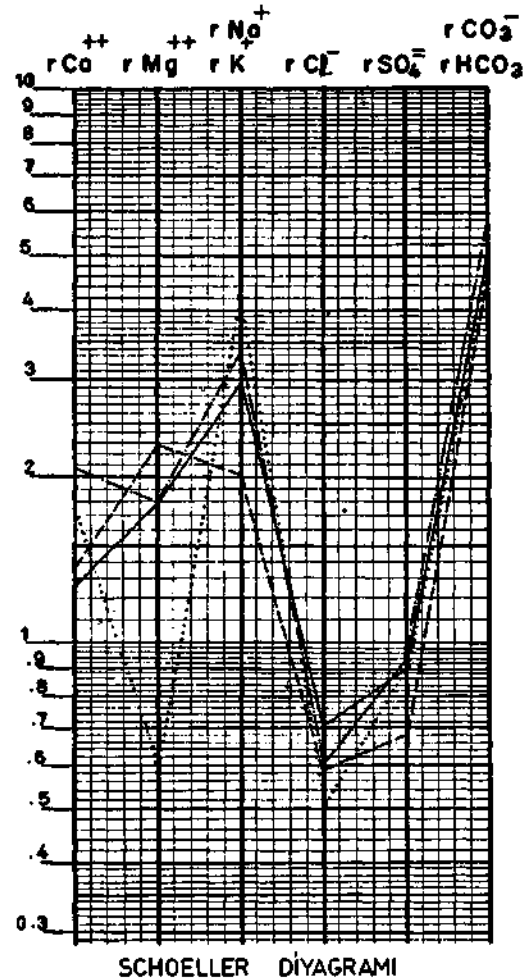


Fig. 9 -

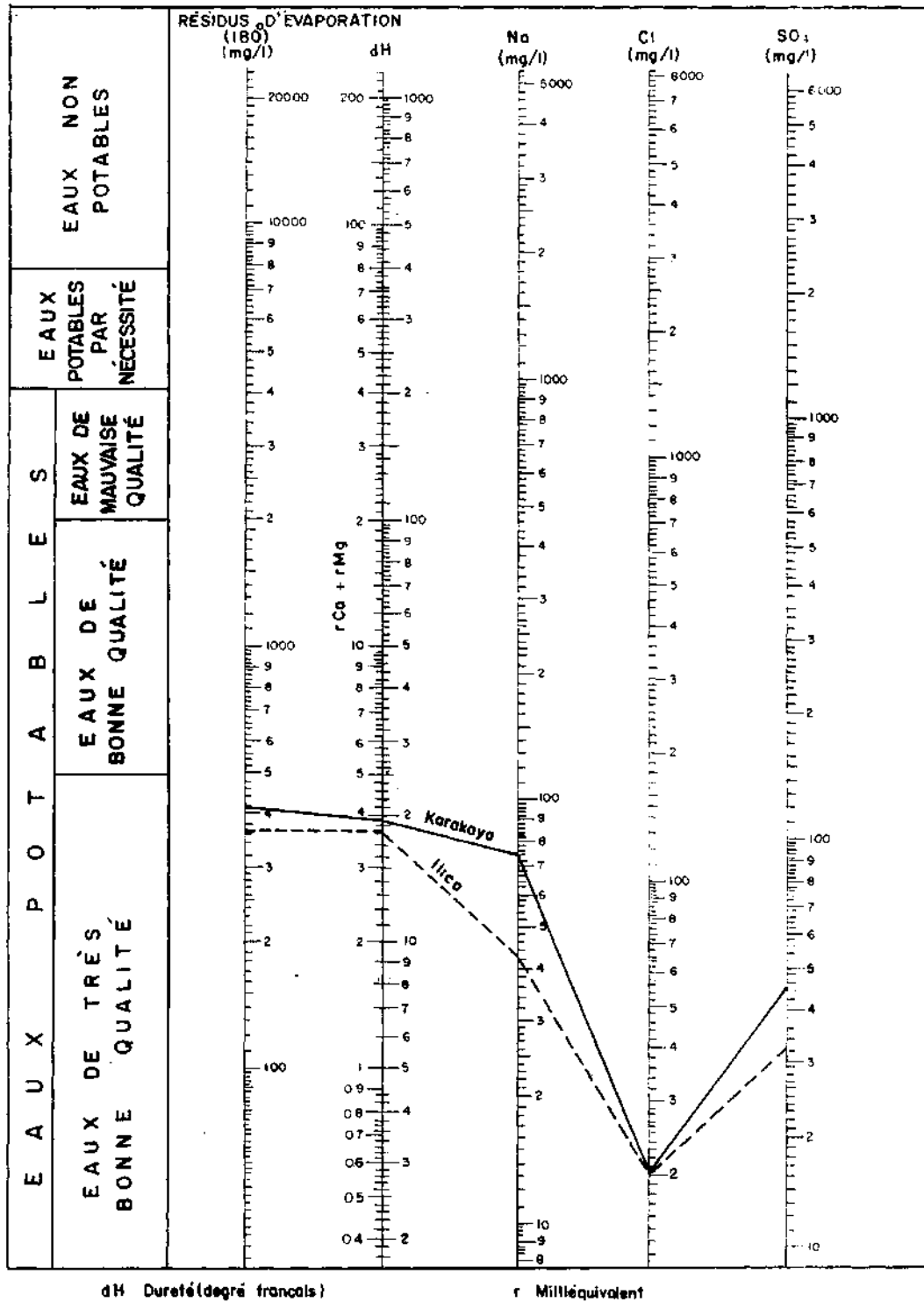


Fig. 10 - Diagramme de potabilité des eaux (d'après H. Schoeller).

## BIBLIOGRAPHIE

- AKARSU, İ. (1959): Ankara bölgesi Polatlı ve civarının petrol jeolojisi. *M.T.A. Derg.*, no. 52, pp. 99-106, Ankara.
- BENDER, F. (1955): Zur Frage der Erdöl-Höflichkeit im Gebiet zwischen Kızılcahamam und Ayaş. *M.T.A. Rap.*, Nr. 2303, (unpublished), Ankara.
- BRELIE, G. v.d. (1958): Palynologische Untersuchungen zur Altersstellung des Braunkohlenvorkommens von Kayı-Bucuk (Vilayet Ankara). *M.T.A. Bull.*, no. 50, pp. 27-32, Ankara.
- CANİK, B. (1973): Ayaş içmece ve kaplıcasının jeoloji-hidrojeoloji etüdü. *M.T.A. Derg.*, no. 80, Ankara.
- ÇAĞLAR, K.Ö. (1950): Türkiye maden suları ve kaplıcaları. *M.T.A. Yayınl.*, seri B, no. 11, Ankara.
- DAĞER, Z.; ÖZTÜMER, E.; SİREL, E. & YAZLAK, Ö. (1963): Several stratigraphical sections in the vicinity of Ankara (Abstract). *Bull. Geol. Soc. Turkey*, vol. VIII, no. 1/2, Ankara.
- D.Sİ (1949): Ayaş-Beypazarı-Güdül havzası hidrojeolojik etüt raporu.
- DİRİSU, N.Ş. (1952): İdroloji içme ve kaplıca tedavisi. *Ankara Ün. Tıp Fak. Yayınl.*, no. 28.
- EROL, O. (1951): Ayaş dağları ve Mürted ovasının kuzey bölümlerinin jeolojisi hakkında rapor. *M.T.A. Rap.*, no. 2456 (unpublished), Ankara.
- (1954): Ankara ve civarının jeolojisi hakkında rapor. *M.T.A. Rap.*, no. 2491 (unpublished), Ankara.
- (1955): Köroğlu-Işık dağları volkanik kütesinin orta bölümleri ile Beypazarı-Ayaş arasındaki Neojen havzasının jeolojisi hakkında rapor. *M.T.A. Rap.*, no. 2279 (unpublished), Ankara.
- (1961): The erogenic phases of the Ankara region (Summary). *Bull. Geol. Soc. Turkey*, vol. VII, no. 2, Ankara.
- (1968): Paleozoic formations and the problem of Paleozoic-Mesozoic boundary in the Ankara region (Central Anatolia) (Summary). *Bull. Geol. Soc. Turkey*, vol. XI, no. 1/2, Ankara.
- FÜRST, M. (1955): Geologische und hydrologische Kartierungsarbeiten in dem Gebirge südlich von Ayaş und in seiner Umgebung. *M.T.A. Rap.*, Nr. 2691 (unpublished), Ankara.
- KETİN, İ. (1961): Über die magmatische Erscheinungen in der Türkei. *Bull. Geol. Soc. Turkey*, vol. VII, no. 1/2, Ankara.
- MORER, L. (1946): Les sources thermominerales. *Masson et Cie*, Paris.
- NEBERT, K. (1958): Ein Beitrag zum jüngsten geologisch-tektonischen Werdgegang Inneranatoliens-Nachweis der Wallachischen Orogenphase im Vilayet Ankara (bei Kayı-Bucuk). *M.T.A. Bull.*, no. 50, Ankara.
- OZANSOY, F. (1957): Faunes de Mammiferes du Tertiaire de Turquie et leurs revisions stratigraphiques. *M.T.A. Bull.*, no. 49, Ankara.
- SCHOELLER, H. (1962): Les eaux souterraines. *Masson et Cie.*, Paris.
- THENIUS, E. von (1949): Über die Saugtierfauna aus dem Unterpliozan von İlhan bei Ankara (Türkei). *Sitzb. Österr. Akad. Wissen. Math. Kl.*, Abt. I, Bd. 158, Heft 9u. S. 656-661.
- UNGAN, A. (1949): Sıcak ve soğuk şifalı sular kimyası. *Refik Saydam Mer. Hif. Mües. Yayınl.*, no. 15.

Fossiles trouves pres du village d'İlhanköy (Aktoyla T.):



Photo no. 1 - A-55, *Paleotragus* sp. (os d talus). A-60, *Helladotherium duvernoyi*  
Gaudry (talus), *Paleotragus* sp. (os d talus). A-60, *Helladotherium duvernoyi*

ALIS SABINCI



Photo no. 2 - A-33 et A-34, *Tragocerus* sp. (Photo 2a et b vue de dessus et de côté), A-35, *Gazella* sp. (Photo 2a et b vue de dessus et de côté).

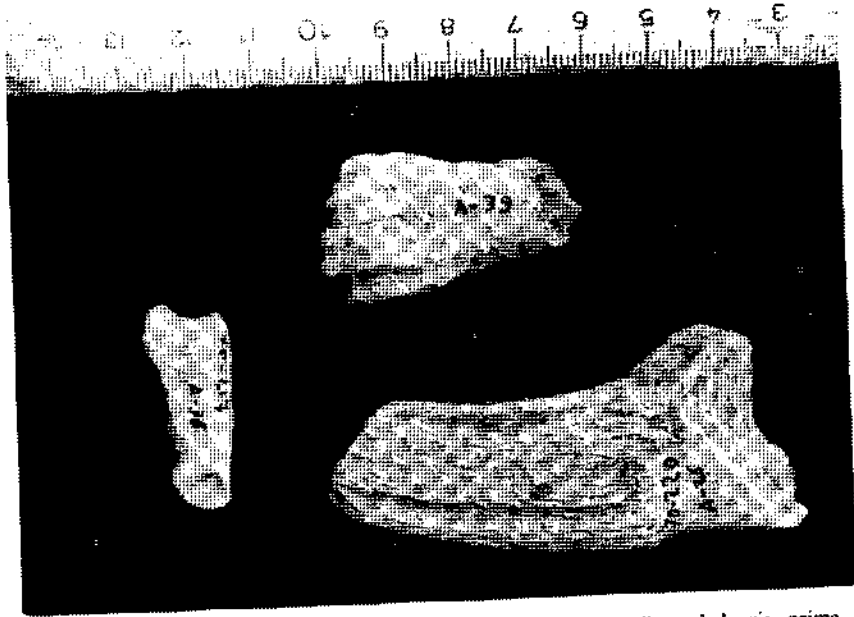


Photo no. 3 - A-26, *Gazella deperdita* Gervais. A-36, *Gazella phalangis prima*.  
Photo no. 3 - A-26, *Gazella deperdita* Gervais. A-36, *Gazella phalangis prima*.

AliŞAHİNCİ

Fossile trouvé près Fossilgroubé prasduvillage d'Ilica:



Photo no. 4 - *Anancus arvernensis* (Croiz. & Job.).

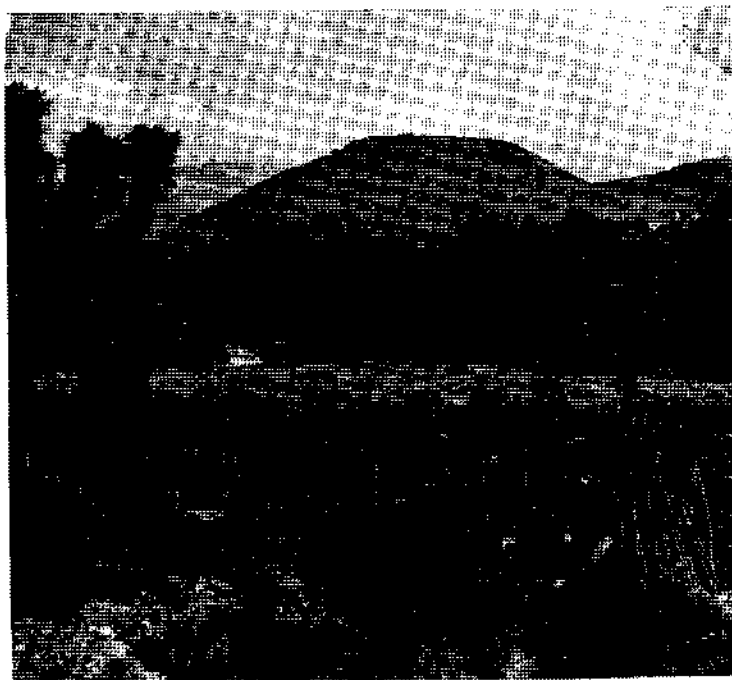


Photo no. 5 - Hisar T. Cône volcanique (andésite).

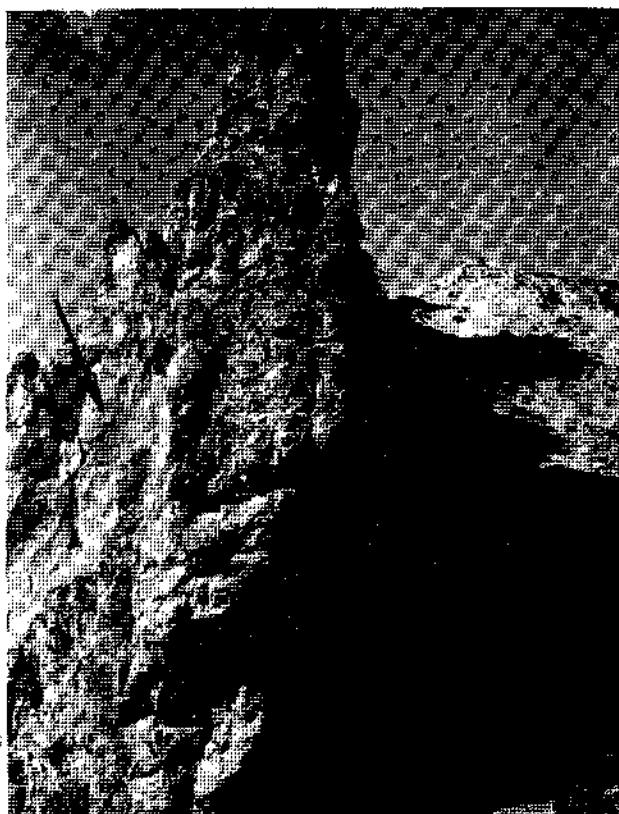


Photo no. 6 - Vue de SW vers le NE, sur la route d'Ayaş-Polatlı aux environs de Düğensivrisi Mvk. : Les couches sédimentaires du Pliocène ont pris une position presque verticale à cause de mouvements verticaux de post-Pliocène (la flèche montre les stries de faille).