



Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT®

C. R. Geoscience 337 (2005) 1235–1243



<http://france.elsevier.com/direct/CRAS2A/>

Géomatériaux

Grands gisements d'albite dans le massif métamorphique de Menderes (Turquie occidentale)

Uner Çakır

Département de géologie, université d'Hacettepe, 06532 Beytepe/Ankara, Turquie

Reçu le 7 décembre 2004 ; accepté après révision le 31 mai 2005

Disponible sur Internet le 19 août 2005

Présenté par Zdenek Johan

Résumé

Les gisements d'albite de Turquie occidentale sont situés au sein de gneiss, dans la partie basale du massif métamorphique de Menderes. Les plus importants gisements se trouvent dans la zone de minéralisation de Karadere, qui est un anticlinorium de 15 km de longueur de direction N10–30E. L'étude détaillée de quatre gisements, formant la partie septentrionale de cette zone, a permis de découvrir de grandes réserves (100,65 millions de tonnes), dont 78% sont constitués de minerai riche en sodium, avec une teneur égale à 10,27% Na₂O. Le reste est formé par un minerai de basse teneur (8,37% Na₂O et 1,11% K₂O) et un minerai mixte (4,61% Na₂O et 4,05% K₂O), avec des réserves de 14,4 et 8,2 millions de tonnes, respectivement. ***Pour citer cet article : U. Çakır, C. R. Geoscience 337 (2005).***

© 2005 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Abstract

Major albite deposits in metamorphic Menderes Massif (western Turkey). Albite deposits of western Turkey occur within gneiss in the basal part of the Menderes Metamorphic Massif. The most important deposits are located along the Karadere mineralization zone, within an anticlinorium of 15-km length with a direction of N10–30E. Detailed study of the four deposits forming the northern part of this zone has allowed us to discover large reserves of 100.65 million tons, of which 78% is composed of high-grade ore with a content of 10.27% Na₂O. The remainder is formed by low-grade ore with 8.37% Na₂O and 1.11% K₂O and mixed ore with 4.61% Na₂O and 4.05% K₂O, with reserves of 14.4 and 8.2 million tons, respectively. ***To cite this article : U. Çakır, C. R. Geoscience 337 (2005).***

© 2005 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Mots-clés : Feldspath ; Albite ; Réserve ; Gneiss ; Menderes ; Turquie

Keywords : Feldspar ; Albite ; Reserve ; Gneiss ; Menderes ; Turkey

Adresse e-mail : ucakir@hacettepe.edu.tr (U. Çakır).

1631-0713/\$ – see front matter © 2005 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

[doi:10.1016/j.crte.2005.06.003](https://doi.org/10.1016/j.crte.2005.06.003)

Abridged English version

Albite deposits of western Turkey occur within the gneiss around Çine, Akçaova, Karpuzlu, Bozdoğan, Hisarardı, Güre, Söke, and Bafa regions (Fig. 1A). The most important deposits occur along the Karadere mineralization zone [9]. This zone corresponds to an anticlinorium oriented N10–30E, which can be followed approximately along 15 km between Labranda to the south and Karpuzlu to the north (Fig. 1A). The deposits are generally located in the central parts of the folds in the form of ellipsoid, pocket, elongated pods or veins and irregular bodies (Fig. 1B–C).

Surrounding rocks are represented principally by augen and banded gneiss (Fig. 1B–C). Quartzite, titaniferous quartzite and micaschist are also seen either as surrounding rocks or interlayers within the deposits (Fig. 2A–E).

Structural study of the surrounding rocks shows that the massif has been affected by multiple deformation phases (Fig. 2B and C).

Albite mineralization must have taken place during and just after the last syn-schistose phase, accompanied by migmatitization and gneiss anatexis. This phase, responsible for the major pervasive schistosity of the massif, has erased the traces of the previous deformations.

Recently, Sarıkısık, Alipasa, Cevizdere and Meseğedik deposits, which form the northern part of the Karadere mineralization zone, have been explored intensively by detailed geological maps, 50 drilling accounting 5132 m of total length, 44 cross-sections, 600 baken tests and 216 chemical analyses. Those analyses are available upon request.

This work has permitted to know the geological characteristics of the massif and to discover the great reserves that place them among the most important world deposits.

These reserves were calculated by cross-section method based on surface geology and drilling core data. The limits of the ore body were taken equal to the thickness, determined by drilling. The density was measured as 2.6 t m^{-3} . Proven mineable reserves of these four deposits were calculated to 100.65 million tons, of which 78% is formed by Na-rich ore grading 10.27% Na_2O . Na-poor ore, grading 8.37% Na_2O and 1.11% K_2O , forms 4.4 million tons, whereas the remaining 8.2 million tons Na–K ore grade 4.61% Na_2O

and 4.05% K_2O . The deposit reserves and their average compositions are presented in Tables 1–4.

The ore has generally a granoblastic texture. It is formed principally by statically recrystallised polygonal albite of 300- μm average grain size. Quartz occurs in various quantities. Biotite, muscovite, potassic feldspar, hornblende, sphene, apatite, rutile and zircon are the accessory minerals (Fig. 3A–C). Near the contacts with the surrounding rocks, the ore shows porphyroblastic and migmatitic textures (Fig. 2D–E). In the porphyroblastic ore, albite occurs either as large minerals between 2 mm and 15 mm of grain size or small granulated or recrystallised minerals of 300 μm average grain size (Fig. 3D). Migmatitic ore is formed principally by fine-grained albite and quartz as dynamically recrystallised minerals.

Albite mineralization may be the result of the differentiation of the Na-rich melt formed by anatexis of the gneiss within the axial parts of the north–south-oriented folds. The partial melting of the gneiss must have occurred during the last period of the metamorphism, at Miocene time.

1. Introduction

Les gisements d'albite de Turquie occidentale sont les principales ressources de l'industrie céramique européenne. La plus grande partie de la production est importée par l'Italie et l'Espagne en différents produits qualifiés, selon leurs compositions chimiques, sous les noms de produit flotté, verre, extra et standard [2]. La production annuelle a augmenté dans la dernière décennie et a atteint approximativement 3 millions de tonnes dans l'année 2003.

Il faut rappeler que, jusqu'en 1998, tous ces gisements étaient exploités incorrectement par des tranchées non planifiées, du fait du manque de données géologiques. Cependant, depuis cette année, une campagne d'étude géologique détaillée a été menée dans les concessions de la Société minière de Çine Akmaden. Dans ce cadre, les quatre gisements qui forment la partie septentrionale de la zone de Karadere (gisements de Sarıkısık, Alipasa, Cevizdere et Meseğedik) ont été explorés en détail par des méthodes comprenant cartes géologiques détaillées, 50 sondages carottés d'une longueur totale de 5132 m, 44 sections transversales, 600 tests de cuisson et 216 analyses chi-

miques. Le détail de ces données peut être obtenu auprès de l'auteur.

Ce travail a permis de connaître les caractères géologiques du massif, la géométrie des gisements et surtout de découvrir de grandes réserves à l'échelle mondiale. La réserve totale prouvée exploitable de ces quatre gisements a été évaluée à 100,65 Mt, dont 78% constitué de minerai riche en sodium, avec une teneur égale à 10,27% en Na₂O.

Cet article a pour objectif de communiquer au public les principaux résultats permettant de connaître les caractères géologiques du minerai et des roches encaissantes, et de mettre en évidence de grandes réserves, qui placent ces gisements au premier rang à l'échelle mondiale.

2. Géologie générale et évolution métamorphique

Le massif de Menderes est formé, du bas vers le haut, de gneiss, de schistes et de marbres, représentant à l'origine une série sédimentaire formée probablement de grès, d'argile et de calcaire. Les gneiss sont représentés généralement par des gneiss ocellés et rubanés, plus rarement par des gneiss migmatitiques et granitiques. Dans cette série, on observe par endroits des niveaux de micaschiste et de quartzite. Les gneiss ocellés ont été datés à 500 Ma [4–6] et les gneiss granitiques à 480 Ma [5], indiquant que la première phase du métamorphisme a eu lieu entre le Cambrien et l'Ordovicien. Après cette période, entre l'Ordovicien et le Trias, sont intervenus la sédimentation des argiles et, entre le Trias et le Paléocène, le dépôt de calcaires de plate-forme. La deuxième phase de métamorphisme a eu lieu entre le Paléocène et l'Éocène, ainsi que l'indique l'âge de la muscovite des gneiss, qui a été établi entre 63 Ma et 48 Ma [5]. Cette phase, qui correspond à des conditions de haute température (660 °C) et de pression moyenne de 5–6 kbar [1], est probablement liée à l'épaississement de la croûte continentale par obduction des nappes ophiolitiques [5–8]. À partir du Miocène, l'Anatolie occidentale subit des contraintes compressives de direction est–ouest, créant des grabens est–ouest et des plissements de direction nord–sud. Certaines intrusions magmatiques, de composition variée, ont aussi eu lieu dans les parties basales de la séquence métamorphique [3–5]. La présence de grenat et de sillimanite dans les granites intrusifs [5]

montre que le magma a été généré par la fusion des gneiss formant la partie basale du massif métamorphique de Menderes. Il est fort probable que la minéralisation d'albite prend naissance au cours de cette période, car les gisements sont localisés essentiellement dans les parties basales du massif et dans les parties centrales des grand plis de direction nord–sud.

3. Géologie des gisements d'albite

Les gisements d'albite de Turquie occidentale se trouvent principalement au sein de gneiss dans la partie inférieure du massif métamorphique de Menderes, près des communes de Çine, Karpuzlu, Akçaova, Hisarardı, Güre Bozdoğan et Bafa (Fig. 1A). Les plus importants gisements, tels que Kutay, Alakaya, Yassıtas, Karadere, Söbçayırı, Yılanlıpınar, Sarıkısık, Alipasa, Cevizdere et Meselighedik, se situent sur la zone de minéralisation de Karadere [9]. Cette zone a une forme d'anticlinorium de 15 km de longueur, orienté N10–30E (Fig. 1B). L'étude géologique détaillée des gisements de Sarıkısık, Alipasa, Cevizdere et Meselighedik, qui forment la partie septentrionale de cette zone (Fig. 1B et C), a permis de mettre en évidence de grandes réserves à l'échelle mondiale. Les réserves prouvées exploitables de ces quatre gisements ont été évaluées à 100,65 Mt, avec un taux de décapage/minerai égal à 0,51 m³ t⁻¹. 78% de ces réserves sont représentées par un minerai riche en sodium, de composition moyenne 10,27% Na₂O, 0,23% K₂O, 0,09% Fe₂O₃, 0,25% TiO₂, et 14% par le minerai pauvre en sodium, de composition 8,37% Na₂O, 1,07% K₂O, 0,37% Fe₂O₃, 0,29% TiO₂. Le reste, qui correspond donc à 8,18 millions de tonnes, est représenté par un minerai sodi-potassique, de composition 4,61% Na₂O, 4,05% K₂O, 1,01% Fe₂O₃, 0,173% TiO₂.

Les réserves ont été calculées par la méthode de sections transversales, basées sur les données de géologie de surface et de sondages carottés. Les limites ont été considérées comme égales à l'épaisseur déterminée par le sondage. La densité a été mesurée à 2,6 m³ t⁻¹. Les réserves, selon les gisements et les types de minerais, sont données sur les Tableaux 1–4, alors que les caractères géologiques des gisements sont précisés ci-dessous.

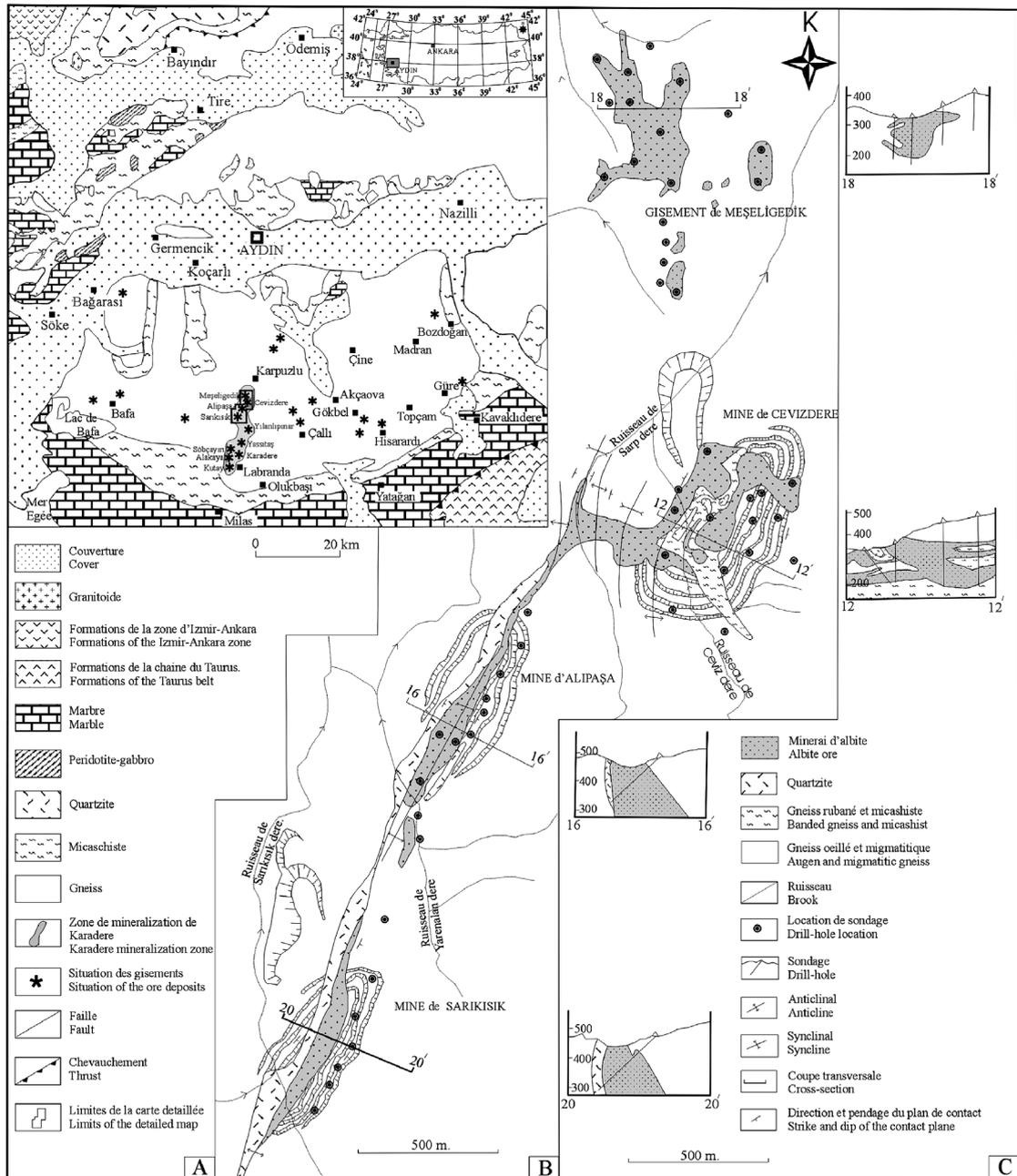


Fig. 1. Situation géologique des gisements de Sarıkısık, Alipasa, Cevzidere et Meseligidik. (A) Sur la carte géologique générale du massif métamorphique de Menderes. (B) Sur la carte géologique détaillée de la partie septentrionale de la zone de minéralisation de Karadere. (C) Sur les sections transversales.

Fig. 1. Geological situation of the Sarıkısık, Alipasa, Cevzidere and Meseligidik deposits. (A) On the general geological map of the Menderes metamorphic massif. (B) On the detailed geological map of the northern part of Karadere zone. (C) On the cross-sections.

Tableau 1
Réerves prouvées exploitables du gisement de Sarıkısık

Table 1
Proved mineable reserves of Sarıkısık deposits

Types de minerais	Réserve prouvée exploitable (tonne) Réserve (tonnes)	Teneur moyenne (oxyde %)
I. Ore: $\text{Na}_2\text{O} \geq 10,5$	6409256	Na_2O : 10,90; K_2O : 0,26 Fe_2O_3 : 0,09; TiO_2 : 0,27
II. Ore: $10 \leq \text{Na}_2\text{O} < 10,5$	1432566	Na_2O : 10,35; K_2O : 0,25 Fe_2O_3 : 0,16; TiO_2 : 0,25
III. Ore: $9 \leq \text{Na}_2\text{O} < 10$	2792987	Na_2O : 9,43; K_2O : 0,46 Fe_2O_3 : 0,40; TiO_2 : 0,24

Tableau 2
Réerves prouvées exploitables du gisement d'Alipasa

Table 2
Proved mineable reserves of Alipasa deposits

Types de minerais	Réserve prouvée exploitable (tonne)	Teneur moyenne (oxyde %)
I. Ore: $\text{Na}_2\text{O} \geq 10,5$	2918133	Na_2O : 10,87; K_2O : 0,17 Fe_2O_3 : 0,04; TiO_2 : 0,24
II. Ore: $10 \leq \text{Na}_2\text{O} < 10,5$	7580959	Na_2O : 10,33; K_2O : 0,20 Fe_2O_3 : 0,07; TiO_2 : 0,26
III. Ore: $9 \leq \text{Na}_2\text{O} < 10$	2973421	Na_2O : 9,38; K_2O : 0,23 Fe_2O_3 : 0,16; TiO_2 : 0,20
IV. Ore: $7 \leq \text{Na}_2\text{O} < 9$ $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} \geq 8,5$	1254618	Na_2O : 8,54; K_2O : 0,53 Fe_2O_3 : 0,31; TiO_2 : 0,24

Tableau 3
Réerves prouvées exploitables du gisement de Cevizdere

Table 3
Proved mineable reserves of Cevizdere deposits

Types de minerais	Réserve prouvée exploitable (tonne)	Teneur moyenne (oxyde %)
I. Ore: $\text{Na}_2\text{O} \geq 10,5$	22702096	Na_2O : 10,85; K_2O : 0,19 Fe_2O_3 : 0,08; TiO_2 : 0,28
II. Ore: $10 \leq \text{Na}_2\text{O} < 10,5$	4411507	Na_2O : 10,31; K_2O : 0,17 Fe_2O_3 : 0,06; TiO_2 : 0,22
III. Ore: $9 \leq \text{Na}_2\text{O} < 10$	7026529	Na_2O : 9,64; K_2O : 0,40 Fe_2O_3 : 0,22; TiO_2 : 0,21
IV. Ore: $7 \leq \text{Na}_2\text{O} < 9$ $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} \geq 8,5$	13098977	Na_2O : 8,35; K_2O : 1,17 Fe_2O_3 : 0,38; TiO_2 : 0,29
V. Ore: $\text{Na}_2\text{O} < 7$ $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} \geq 8,5$	8177769	Na_2O : 4,61; K_2O : 4,05 Fe_2O_3 : 1,01; TiO_2 : 1,17

Tableau 4
Réserves prouvées exploitables du gisement de Meseligidik

Table 4

Proved mineable reserves of Meseligidik deposits

Types de minerais	Réserve prouvée exploitable (tonne)	Teneur moyenne (oxyde %)
I. Ore: $\text{Na}_2\text{O}\% \geq 10,5$	4 696 370	Na_2O : 10,62; K_2O : 0,17 Fe_2O_3 : 0,03; TiO_2 : 0,27
II. Ore: $10 \leq \text{Na}_2\text{O}\% < 10,5$	1 183 520	Na_2O : 10,30; K_2O : 0,24 Fe_2O_3 : 0,02; TiO_2 : 0,25
III. Ore: $9 \leq \text{Na}_2\text{O}\% < 10$	13 987 890	Na_2O : 9,40; K_2O : 0,24 Fe_2O_3 : 0,05; TiO_2 : 0,23

3.1. Gisements

Le gisement de Sarıkısıık a une forme de filon ou de pod, orienté à N25E avec un pendage moyen de 60° vers l'est. Il a une longueur approximative de 1000 m, dont 600 m sont en exploitation. Son épaisseur, de 15 à 30 m en surface à l'altitude de 420 m, augmente le long du pendage et atteint 85 m à l'altitude de 340 m. Le mur est représenté par des quartzites titanifères d'épaisseur métrique et des quartzites rubanés d'épaisseur décimétrique, alors que le toit est constitué d'un gneiss oeilé riche en feldspath. La réserve prouvée exploitable a été estimée à 10,63 Mt, avec un rapport de décapage/minerais de $1,14 \text{ m}^3 \text{ t}^{-1}$. Les tonnages des différents types de minerais sont présentés dans le [Tableau 1](#).

Le gisement d'Alipasa a une forme de filon ou de pod de 700 m de longueur. Il est orienté N30E, avec un pendage de 55° vers l'est. Son épaisseur maximum de 70 m, à l'altitude de 420 m, atteint 125 m à l'altitude de 340 m. La roche encaissante est représentée au toit par des gneiss oeilés et au mur par des quartzites. La réserve prouvée exploitable a été estimée à 14,73 millions de tonnes, avec un rapport de décapage/minerais égal à $0,83 \text{ m}^3 \text{ t}^{-1}$. Les tonnages des différents types de minerais sont présentés dans le [Tableau 2](#).

Le gisement de Cevizdere est de forme d'amas irrégulier ou semi-ellipsoïdale, au sein d'une couche orientée à N20E, avec un pendage faible vers l'est. En surface, il a une longueur de 450 m, sur une largeur de 200 m. Son épaisseur, variable, atteint 140 m au maximum. Les roches encaissantes sont représentées par des gneiss oeilés et migmatitiques au toit et par des gneiss rubanés micacés au mur. Certains niveaux de quartzites titanifères, quartzites rubanés

et micaschistes d'épaisseur métrique sont fréquents ([Fig. 2A](#)). La réserve prouvée exploitable a été estimée à 55,42 Mt, avec un rapport de décapage/minerais égal à $0,37 \text{ m}^3 \text{ t}^{-1}$. Les tonnages de différents types de minerais sont présentés dans le [Tableau 3](#).

Le gisement de Meseligidik peut être suivi sur environ 1000 m, dans la direction nord-sud, d'une façon discontinue. Dans la partie méridionale, il est en forme de filon ou de pod de 2 à 20 m d'épaisseur, avec un faible pendage vers l'ouest. Cependant, dans la partie septentrionale, il est en amas irrégulier ou de poche de 400 m de longueur et 200 m de largeur. Son épaisseur maximum a été déterminée à 134 m. La réserve prouvée exploitable a été estimée à 19,87 millions de tonnes, avec un rapport de décapage/minerais de $0,34 \text{ m}^3 \text{ t}^{-1}$. Les tonnages des différents types de minerais sont donnés dans le [Tableau 4](#).

3.2. Minerai et encaissant

L'étude structurale du minerai et de l'encaissant montre que la partie basale du massif de Menderes a subi plusieurs phases de déformation ([Fig. 2B](#) et [C](#)). La minéralisation d'albite a dû se former au cours ou juste après la dernière phase de déformation synschisteuse, accompagnée localement par la migmatitisation et l'anatexie des gneiss. Cette phase, qui est responsable de la foliation principale et du plissement synschisteux du massif, a dû effacer les traces des déformations précédentes.

Le minerai montre généralement une texture grano-blastique au sein du gisement et passe au minerai porphyroblastique et migmatitique vers les bords ([Fig. 2D](#) et [E](#)). Le contact entre le gneiss et le minerai se réa-

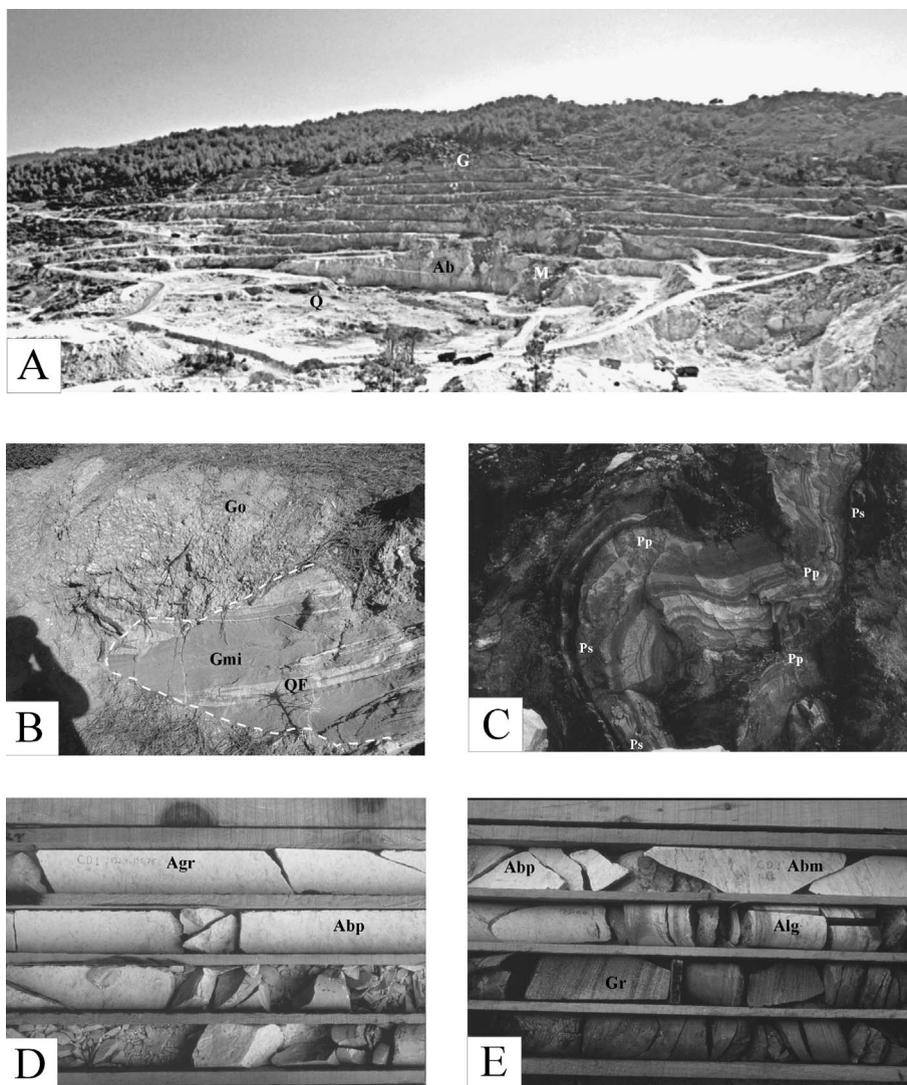


Fig. 2. Aspects macroscopiques du minerai et de la roche encaissante. (A) Vue générale de la Mine de Cevizdere. Ab : Minerai d'albite, Gn : Gneiss, Mi : Micaschiste, Q : Quartzite. Vue vers l'est. (B) Plis couchés syn-schisteux affectant les rubanements de gneiss feldspathiques oeilés et gneiss micacés migmatitiques. Le plan axial de plis est parallèle au plan de foliation (S_1), indiqué par l'orientation préférée de porphyroblastes et de bandes quartzo-feldspathique (QF) dans les gneiss oeilés (Go) et migmatitiques (Gmi) respectivement, et il est oblique par rapport au plan de rubanement (S_0). Ouest de la communauté du village d'Akçaova. Longueur de la photo : 1,5 m. (C) Plis par déformations superposées affectant les rubanements de quartzite et micaschiste. Plan de foliation (S_1) et microplis syn-schisteuses à charnières aiguës (Ps) sont remplissés pendant la deuxième phase de déformation, indiquée par de plis métriques à large angle d'ouverture (Pp). Micaschiste, quartzite titanifère et quartzite feldspathique sont distinguables sur la photo respectivement par leur couleur gris foncé, gris clair et blanche. Partie centrale de la mine de Cevizdere. (D) Aspect macroscopique du minerai d'albite sur la carotte de sondage. Le minerai à texture granoblastique (Abgr) passe vers l'éponte au minerai à texture porphyroblastique (Abp). Carottes de sondage CD1 dans la Mine de Cevizdere. (E) Passage progressif entre le minerai et les gneiss rubanés. Le minerai à texture porphyroblastique (Abp) passe d'abord au minerai migmatitique (Abm) et puis à l'alternance de minerai–gneiss rubané (Alg) et enfin au gneiss rubané, de plus en plus riche en mica. Carottes du sondage de CD1 dans la mine de Cevizdere.

lise progressivement par la diminution de quantité de quartz et de mica (Fig. 2E).

Au sein du minerai, la foliation est nettement moins développée, voire même non distinguable par rapport à celle des gneiss encaissants. Près du contact avec le quartzite, une zone riche en minéraux titanifères (sphène et rutile), de couleur rose et rouge brunâtre, épaisse de quelques décimètres à quelques mètres, est souvent observée.

Le minerai est formé par l'albite comme minéral essentiel et par du quartz en quantité variable. Biotite, muscovite, orthose, microcline, rutile, apatite, sphène et ilménite sont des minéraux qui peuvent apparaître en moindres quantités (Fig. 3).

Dans le minerai granoblastique, l'albite se présente en petits minéraux polygonaux non déformés, indiquant une recristallisation statique postérieure à la déformation pénétrative (Fig. 3A–C). Dans le minerai porphyroblastique, l'albite se présente, d'une part, en gros cristaux de taille allant de 2 à 15 mm, d'autre part, en petits minéraux granulés ou recristallisés d'une taille moyenne de 300 μm (Fig. 3D). Le quartz se présente, soit en porphyroblastes centimétriques, soit en petits cristaux granulés ou recristallisés.

Le minerai migmatitique est formé principalement par de petits minéraux d'albite et de quartz, indiquant

Fig. 2. Macroscopic aspects of the ore body and surrounding rocks. (A) General view of the Cevzidere Open Pit Mine. Ab: Albite ore, Gn: Gneiss, Mi: Micaschist, Q: Quartzite. View toward the east. (B) Recumbent synschistose folds affecting the bands of feldspathic augen gneiss and micaceous migmatitic gneiss. The axial plan of the fold is parallel to the foliation plane (S_1) indicated by the preferred orientation of the feldspar porphyroblasts and quartzo-feldspar bands in the augen (Go) and migmatitic (Gmi) gneiss respectively, and oblique to the ribboning plane (S_0). West of the Akçaova village. Width of view is 1.5 m. (C) Superposed folds affecting the bands of quartzite and micaschist. Foliation plans (S_1) and closed synschistose microfolds (Ps) were refolded during a second deformation phase, indicated by large metric open folds (Pp). Micaschist, titaniferous quartzite and feldspathic quartzite levels are distinguishable on the photo by their dark grey, light grey and white colours, respectively. Central part of the Cevzidere Open Pit Mine. (D) Macroscopic view of the albite ore on drill-hole core. The granoblastic ore (Abgr) passes to porphyroblastic ore (Abp) toward the bottom. Drill-hole core of CD1 at Cevzidere Open Pit Mine. (E) Progressive passage between the ore body and banded gneiss. The porphyroblastic ore (Abp) passes first to the migmatitic ore (Abm) and then to an alternation of ore-banded gneiss (Alg) and finally to the micaceous banded gneiss. Drill-hole core at Cevzidere Open Pit Mine.

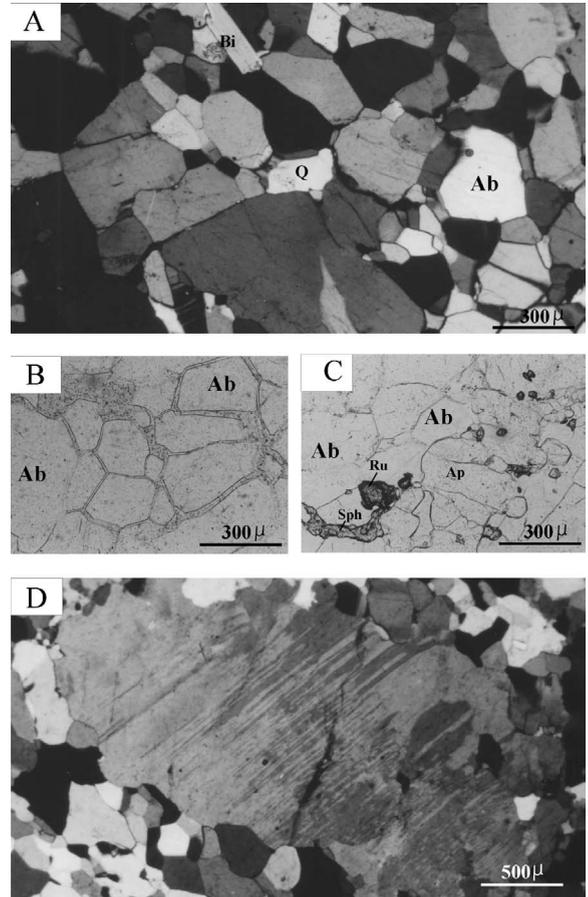


Fig. 3. Aspects microscopiques du minerai d'albite. (A) Aspect microscopique du minerai d'albite granoblastique. Le minerai est formé principalement par des albites polygonaux recristallisées postérieurement à la déformation pénétrative. Lame mince du minerai de Cevzidere. L.P., (4 \times 10). Ab : Albite, Q : quartz, Bi : biotite. (B) Aspect microscopique détaillé des minéraux d'albite recristallisés postérieurement à la déformation. Lame mince du minerai de Cevzidere. L.N. (10 \times 10). (C) Minéraux accessoires du minerai d'albite. Lame mince du minerai de Cevzidere. L.N. (25 \times 10). Ab : Albite, Ap : apatite, Sph : sphène, Ru : rutile. (D) Minerai à texture porphyroblastique. Lame mince du minerai de Cevzidere. L.P., (4 \times 10). Ab : Albite, Q : quartz, Bi : biotite.

Fig. 3. Microscopic aspects of the albite ore. (A) Microscopic view of the granoblastic ore. The ore is principally formed by polygonal albite minerals recrystallised posteriorly to the penetrative deformation. Thin section from Cevzidere ore. P.L. (4 \times 10). Ab: Albite, Q: quartz, Bi: biotite. (B) Detailed microscopic view of the recrystallised albite minerals. Thin section from the Cevzidere ore. L.N. (10 \times 10). (C) Accessory minerals of the albite ore. Thin section from Cevzidere open pit mine. L.N. (25 \times 10). Ab: Albite, Ap: apatite, Sph: sphene, Ru: rutile. (D) Porphyroblastic ore. Thin section from Cevzidere ore body. P.L. (4 \times 10). Ab: albite, Q: quartz, Bi: biotite.

un processus de granulation et recristallisation dynamique.

4. Conclusions

Les gisements d'albite de Turquie occidentale, qui constituent la source principale de l'industrie céramique européenne, se trouvent le long de la zone de minéralisation de Karadere, une zone de 15 km de longueur en forme d'anticlinorium, de direction N10–30E. L'étude géologique détaillée des gisements de Sarıkısık, Alipasa, Cevizdere et Meselighedik, qui forment la partie septentrionale de cette zone, a permis de mettre en évidence de grandes réserves à l'échelle mondiale. Les réserves prouvées exploitables de ces quatre gisements ont été évaluées à 100,65 Mt, dont 78% sont représentés par un minerai riche en sodium, de composition moyenne 10,27% Na₂O, 0,23% K₂O, 0,09% Fe₂O₃, 0,25% TiO₂. 14,4% sont représentés par un minerai pauvre en sodium, de composition 8,37% Na₂O, 1,07% K₂O, 0,37% Fe₂O₃, 0,29% TiO₂. Le reste, qui correspond donc à 8,18 millions de tonnes, est représenté par un minerai sodi-potassique de composition 4,61% Na₂O, 4,05% K₂O, 1,01% Fe₂O₃, 0,173% TiO₂.

Le minerai montre généralement une texture granoblastique au sein du gisement et passant au minerai porphyroblastique et migmatitique vers les épontes. Le contact entre le gneiss et le minerai se réalise généralement progressivement par la diminution de quantité de quartz et de mica. Au sein du minerai, la foliation est nettement moins développée, parfois même non distinguable par rapport à celle des gneiss encaissantes.

La minéralisation d'albite est probablement liée à la différenciation des liquides magmatiques formés par l'anatexie des gneiss, préférentiellement dans les parties centrales des plis de direction nord-sud. Elle a dû se former au cours du Miocène, pendant la dernière phase du métamorphisme.

Remerciements

Ce travail a été mené dans le cadre du projet minier signé entre l'université Hacettepe et la Société minière de Çine Akmaden. Je remercie le professeur İrfan Bayraktar pour l'amélioration du texte, Tarık Yörük, Tijen Üner et Ali Murat Ay pour leur aide dans la réalisation des figures, les professeurs Erkan Aydar et Atilla Çiner pour leur commentaire sur le texte, ainsi que le professeur R.D. Schuiling, pour ses remarques constructives sur une version préliminaire du manuscrit.

Références

- [1] R. Akkök, Metamorphic conditions of gneiss and schists in the Menderes Massif, Alaşehir–Manisa, *Bull. Geol. Soc. Turkey* 24 (1981) 11–20 (en turc, avec résumé en anglais).
- [2] I. Bayraktar, Ü. Çakır, Quality feldspar production at Çine Akmaden, *Ind. Miner.* 416 (2002) 56–59.
- [3] O.Ö. Dora, Petrology and feldspar investigation in Menderes Massif (Western Anatolia), *Bull. Earth Sci. Hacettepe University, Ankara* 7 (1981) 54–63 (en turc, avec résumé en anglais).
- [4] O.Ö. Dora, M.Y. Savaşçın, N. Kun, O. Candan, Postmetamorphic plutons in the Menderes Massif, *Bull. Earth Sci. Hacettepe University, Ankara* 14 (1987) 79–89 (en turc, avec résumé en anglais).
- [5] O.Ö. Dora, N. Kun, O. Candan, Geotectonic position and Metamorphic history of the Menderes Massif, *Geol. Bull. Turkey* 35 (1) (1992) 1–14 (en turc, avec résumé en anglais).
- [6] M. Satır, H. Friedrichsen, The origin and evolution of the Menderes Massif, W-Turkey: A rubidium/strontium and oxygen isotope study, *Geol. Rundsch.* 75 (3) (1986) 703–714.
- [7] R.D. Schuiling, Active role of continents in tectonic evolution, geothermal models, in: K.A. De Jong, R. Scholten (Eds.), *Gravity and Tectonics*, Wiley, New York, 1973, pp. 34–47.
- [8] A.M.C. Sengör, M. Satır, R. Akkök, Timing of tectonic events in the Menderes Massif, Western Turkey: Implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African Basement in Turkey, *Tectonics* 3 (7) (1984) 693–707.
- [9] A. Uygun, A. Gümtüşcü, Geology and Origin of the Albite deposits in the Çine Sub-massif (Southwest Anatolia), *MTA Bull. Turkey* 122 (2000) 25–32.