

CARACTÉRISATIONS DES FELDSPATHS DU MASSIF D'OUED EL-ANNAB ET LA POSSIBILITÉ DE LES EXPLOITER POUR L'INDUSTRIE

Hassni BELAIDI¹

Laboratoire de Géologie et Environnement, Université de Constantine 1,
Route Ain El Bey Zouaghi Slimane Constantine 25 000, Algeria. E-mail:
hassnibelaidi@gmail.com

Saida KITOUNI²

Département de génie des procédés, Faculté de génie des procédés. Université de Salah
Boubnider Constantine 3, Algeria. E-mail: souad0714@gmail.com

Smaine CHELLAT¹

Laboratoire de Géologie et Environnement, Université de Constantine 1, Route Ain
El Bey Zouaghi Slimane Constantine 25 000, Algeria. E-mail: smaine.chellat@gmail.com

Résumé

Les microgranites du massif d'Oued El-Annab font partie des roches magmatiques calciques riches en potassium (K) d'âge Miocène. L'étude pétrographique montre que le massif d'Oued El-Annab se compose principalement de groupe des feldspaths, de la biotite et du quartz. Les feldspaths surtout les plagioclases sont les plus abondants et représentent presque 50% du massif suivi par la biotite puis le quartz. La spectroscopie infrarouge confirme les résultats pétrographiques et montre que les trois minéraux apparaissent entre le pic 500 et 1500 cm^{-1} avec des minéraux argileux qui apparaissent après le pic 1000 cm^{-1} représenté par des pics faibles. Ce massif contient une quantité importante de feldspath qui peut être utilisée en industrie de céramique, de verre et de glaçures.

Mots clés : Oued El-Annab, Edough, pétrographie, feldspaths.

Abstract:

The microgranites of the massif of Oued El-Annab are part of the calcium magmatic rocks rich in potassium (K) aged Miocene. The petrographic study shows that the massif of Oued El-Annab consists mainly of a group of feldspar, biotite and quartz. Feldspar especially plagioclases are the most abundant and present almost 50% of the massif followed by biotite and quartz. The infrared spectroscopy confirms the petrographic results and shows that the three minerals appear between peaks 500 and 1500 cm^{-1} with clay minerals that appear after peak 1000 cm^{-1} represented by weak peaks. This massive contains a significant amount of feldspar that can be used in ceramics, glass and glazes industry.

Key words: Oued El-Annab, Edough, petrography, feldspar

Introduction :

Les feldspaths constituent un groupe minéral abondant et représentent environ 51 % de la croûte terrestre. Ils sont présents dans de nombreux dépôts sédimentaires et se trouvent dans presque toutes les roches ignées et métamorphiques. L'interaction croûte-manteau à la limite de la plaque lithosphérique et à l'intérieur de la plaque est la principale source de ces minéraux. Les feldspaths peuvent être extraits de plusieurs types de roches magmatiques comme pegmatites et aplites (Dill, 2015) ; les roches granitiques (Lee et Stitt, 1982 ; Taboada et al 2002), les roches effusives acides et les tufs associés (Van Der Plas, 1966). Les feldspaths sont utilisés dans de nombreuses industries, surtout dans l'industrie de céramiques et de verre. En verrerie, les feldspaths réduisent la température de la fusion de quartz et contrôlent la viscosité du mélange grâce à ses composants alcalins. Dans l'industrie de la céramique, les feldspaths réduisent aussi la température du mélange et mélangée avec les argiles pour fabriquer des céramiques solides (Lee et Iqbal, 2001 ; Kara et al, 2006 ; Martin-Marquez et al, 2010 ; Bernasconi et al, 2014). En Algérie, l'exploitation des feldspaths ne se faisait que dans le gisement de Ain Barbar. L'exploitation de ce gisement n'a duré que six ans entre 1984 et 1990 à cause des problèmes sécuritaires. Malgré l'existence de plusieurs types de affleurements qui peuvent représenter une source des feldspaths, le gisement de Ain Barbar reste le seul gisement de feldspath exploité en Algérie à ce jour. Le massif d'Oued El-Annab est l'un de ces affleurements qui font partie d'un ensemble des massifs exposés sur une superficie d'environ 150 km² dans le cap de fer et Edough sur le long de la côte méditerranéenne nord-est de l'Algérie (Abassene et al, 2019). Ce document est une tentative d'encourager l'exploration des ressources des feldspaths dans le Nord algérien en étudiant le massif d'Oued El-Annab, la délimitation de son type, la description de sa pétrographie et les caractéristiques minéralogiques et l'identification du type des feldspaths pour essayer de déterminer dans quelle mesure ce massif peut être exploité comme source de feldspaths à utiliser dans l'industrie.

Localisation du massif d'Oued El-Annab

Sur une superficie de 6 km², le massif d'Oued El-Annab est situé au nord-est de l'Algérie près de la côte méditerranéenne dans la wilaya de Annaba à 16km, côté Ouest, du chef-lieu. (Fig.1). Le massif de l'Oued El-Annab est l'un des massifs magmatiques d'Annaba. Tous ces massifs sont entourés par la forêt de tous les côtés et une grande partie de ces massifs est couverte de plantes (Fig.3a). La région d'Oued El-Annab est connue aussi par la présence d'autres massifs de même nature pétrographiques que celle du massif d'Oued El-Annab où le plus important est le massif de Kef El Fedjel. cet ensemble de ces massifs se trouve à plus de 5 km de la zone urbaine la plus proche et cette région n'est pas considérée comme une réserve naturelle (Fig.2b).

Contexte géologique

À l'échelle régionale, le massif d'Oued El-Annab fait partie d'un ensemble des massifs magmatiques de la chaîne des Maghrébides. Ces massifs magmatiques représentés par un linéament magmatique de ~ 1200 km de long EW-tendance qui s'étend de l'île de La Galite

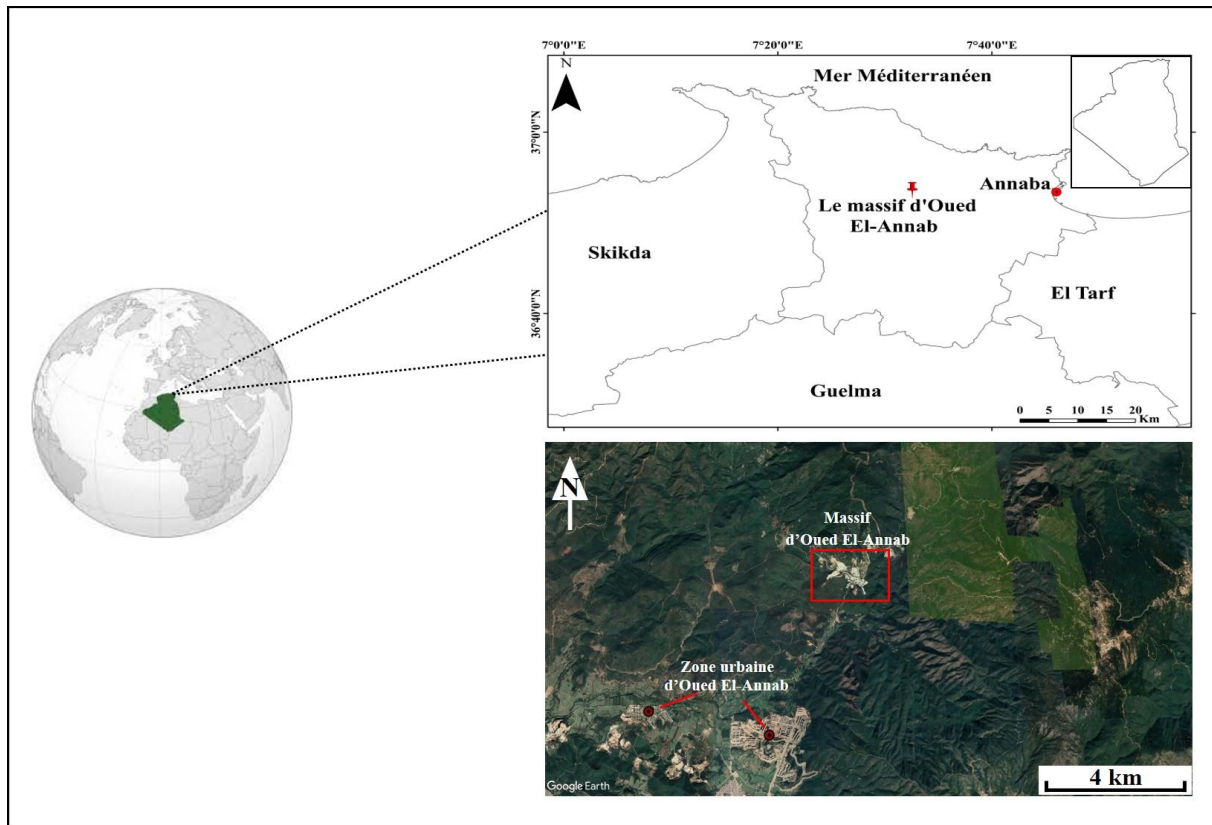


Fig1. Localisation du massif d'Oued El-Annab. **Source:** Auteurs

au large de la côte nord de la Tunisie à Ras Tarf au Maroc près de la cote méditerranéenne (Fig.2a). À l'échelle locale, le massif d'Oued El-Annab appartient à un ensemble des massifs constitué de roches magmatiques calciques riches en potassium (K) d'âge Miocène, ils sont exposés sur une superficie d'environ 150 km² dans le cap de fer et Edough dans le nord-est de l'Algérie. Le segment de L'Edough a fait l'objet d'études approfondies par plusieurs auteurs (Monié et al., 1992; Hammor and Lancelot, 1998; Caby et al., 2001, 2014; Laouar et al., 2002; Bruguier et al., 2009; Bosch et al., 2014; Fernandez, 2015; Fernandez et al., 2016; Mechat et al., 2018). Il définit comme cœur métamorphique d'âge miocène constitué de deux unités : une unité inférieure formée par des terrains gneissiques avec des niveaux de marbres et micaschistes et quelques corps de péridotites et granitoïdes en feuilles (Hilly, 1957 ; Bossière et al., 1976 ; Hadj Zobir et al., 2013). Une unité supérieure composée de marbres, de gneiss leucogranitique et de micaschistes alumineux (Caby et al., 2014). Les roches magmatiques de l'Edough et cap de fer regroupent les diorites, gabbros mineurs, microgranodiorites, microdiorites et andésites quiempiètent sur ou couvrent le sous-sol d'Edough, les flyschs numidiens et kabyliens, et les dépôts sédimentaires du Miocène (Hilly, 1957 ; Marignac and Zimmermann, 1983 ; Fougnot, 1990; Ahmed-Said et al., 1993; Laouar et al., 2002, 2005). Au niveau du massif d'Oued El Annab se trouve des terrains métamorphiques trop larges constitués principalement de gneiss en contact avec le massif dans le côté oriental. Les terrains se trouvent au Nord, à l'Ouest et au Sud du massif qui regroupent des grès et des argiles (Fig2.b).

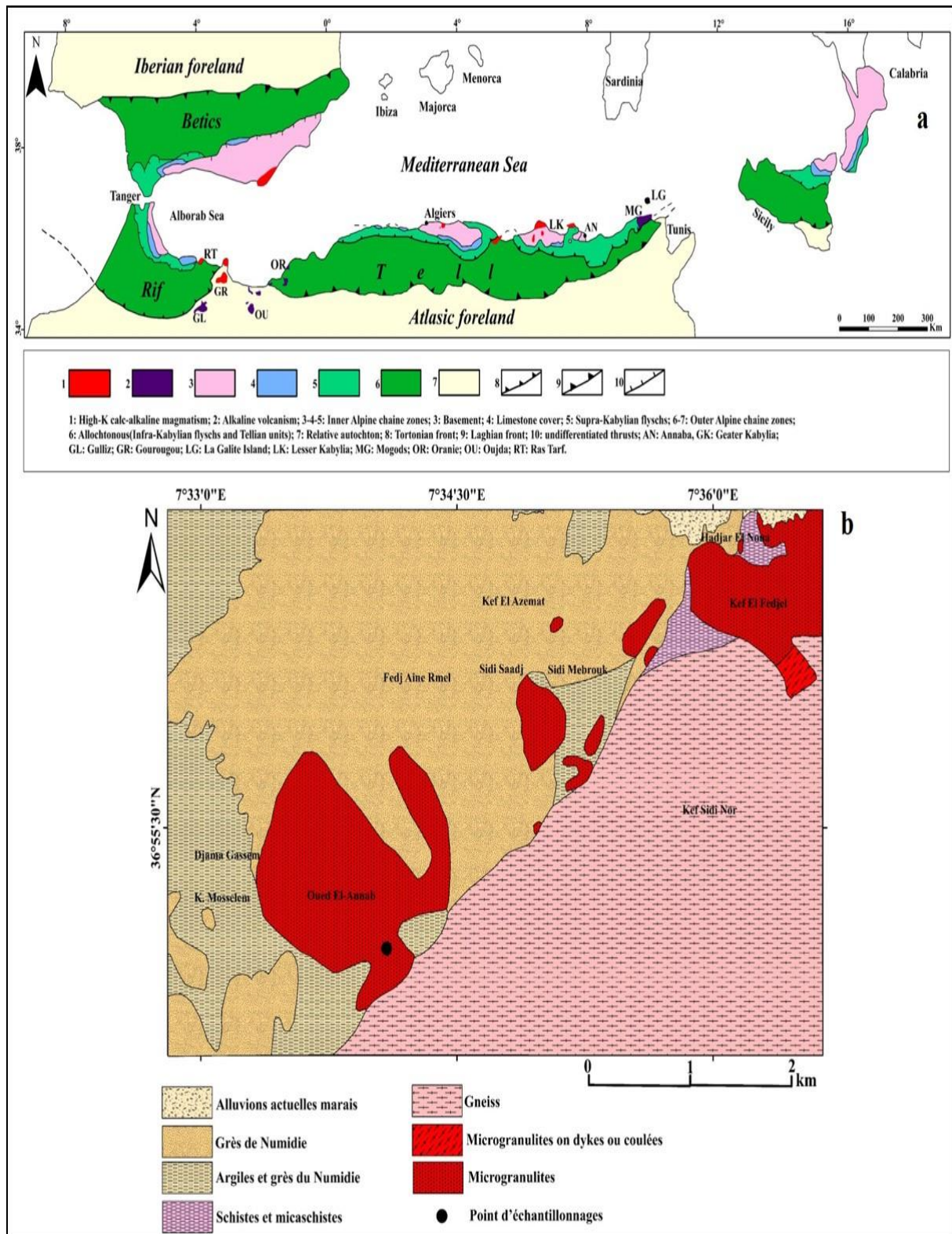


Fig2. (a) : Carte schématique générale des marges du sud-ouest de la Méditerranée montrant les principaux domaines paléogéographiques du sud de l'Espagne et d'Afrique du Nord et les principales nappes allochtones, modifiées de Vila (1980) et Mahdjoub et al. (1997). (b) Carte géologique d'Oued El-Annan (zone délimitée par le rectangle) montrant l'emplacement du massif magmatique d'Oued El-Annan (Jaob, 1905).

Materials et méthodes :

Trois (3) échantillons typiques ont été prélevés dans le massif de Oued El-Annab pour cette étude (Fig3.). Chaque échantillon pesait environ 2 kg. L'échantillonnage était aléatoire et les coordonnées du lieu d'échantillonnage ont été consignées sur un carnet de notes à l'aide d'un système de positionnement mondial (GPS) (fig2.b). Chaque échantillon a été étiqueté et numéroté et envoyé au laboratoire. Une partie des échantillons a été attribuée pour la préparation des lames. La première phase de la préparation des lames minces a été réalisée au niveau du laboratoire « de génie géologie (LGG) » de l'Université de Jijel. Cette phase comprenait simplement la découpe d'échantillons sous forme de sucres. La finalisation de la préparation de ces sections a été réalisée au niveau du laboratoire « Géoressources-Environnement et Risques Naturels » de l'Université d'Oran 2. Une autre partie des échantillons a été broyée au niveau de laboratoire de géologie et environnement de l'université de Constantine 1 par le broyeur type « HUMBOLDT WEDAG » pour les opérations d'analyse infrarouges. Les analyses infrarouges ont été réalisées au niveau du département de génie des procédés à l'université de Constantine 3 par l'appareil « JASCO FT/IR-4600 ». Cet appareil donne une vaste gamme d'accessoires et une excellente sensibilité et résolution avec un scan rapide en option.

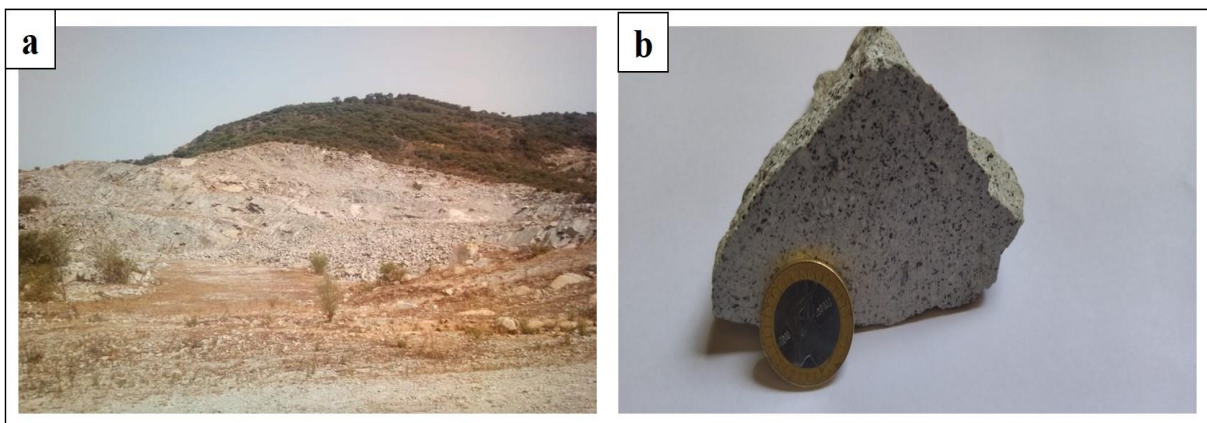


Fig3. Photographie du massif d'Oued El-Annab. (a) : Photo du massif ; (b) photo d'un échantillon

Source: Auteurs

Résultats et discussions :

1. Descriptions pétrographiques du massif d'Oued El-Annab

Le massif de l'Oued El-Annab est composé de roches microgranitiques à texture microlitique. La taille des minéraux est millimétrique. L'observation à l'œil nu montre que ce massif se compose principalement de trois minéraux : le quartz, le feldspath et la biotite. Pour confirmer cette observation et déterminer les caractéristiques des minéraux, une étude pétrographique a été réalisée à l'aide d'un microscope polarisé. On a constaté que ce massif se compose de ~50% de feldspath, ~30% de biotite et ~19% de quartz comme minéraux essentiels avec la calcite comme minéral secondaire et les oxydes de fer comme minéraux accessoires (Fig2). Ces minéraux sont liés ensemble par le ciment. Les feldspaths sont les plus dominants, ils sont représentés par l'orthoclase et les plagioclases. L'orthoclase se produit sous forme de cristaux tabulaires et prismatiques (Fig2a et b). La taille des cristaux est de 0,5 à 1,5 mm de longueur et 0,3 à 0,7 de largeur. L'orthoclase montre toujours une faible biréfringence du 1^{er} ordre où ils ont une teinte gris clair à blanc. Ils montrent également des

macles de Carlsbad, qui sont identifiées par l'éclat différent de deux minéraux associés. Les orthoclases sont généralement proches des biotites. Les plagioclases sont plus dominants que les orthoclases. Les plagioclases ont une forme tabulaire. La taille des cristaux de plagioclases est plus grande que la taille des cristaux de l'orthoclase et les cristaux des autres minéraux (Fig2b). Il varie de 1 à 4 mm de longueur et de 0,5 à 2 mm de largeur. Les plagioclases présentent toujours une faible biréfringence du 1er ordre où elles présentent une teinte gris clair. Les plagioclases sont identifiés par leurs macles polysynthétiques formées par des cristaux répétés et l'origine de l'aspect rayé typique. La biotite apparaît sous forme de cristaux prismatiques. Il mesure de 0,5 à 2,5 mm de longueur et de 0,2 à 0,5 mm de largeur. La biotite se caractérise par sa forte biréfringence avec une teinte brune et verte du 3^{ème} ordre. Le quartz est moins abondant que le feldspath et la biotite. Il a une forme xénomorphe (fig2a et d) ou arrondie très claire de 0,5 à 2 mm de longueur et de 0,5 à 1 mm de largeur. Il montre une biréfringence de 1er ordre faible avec une couleur gris claire à blanc. Il ne montre pas de macles ou de clivages. cristaux répétés et l'origine de l'aspect rayé typique.

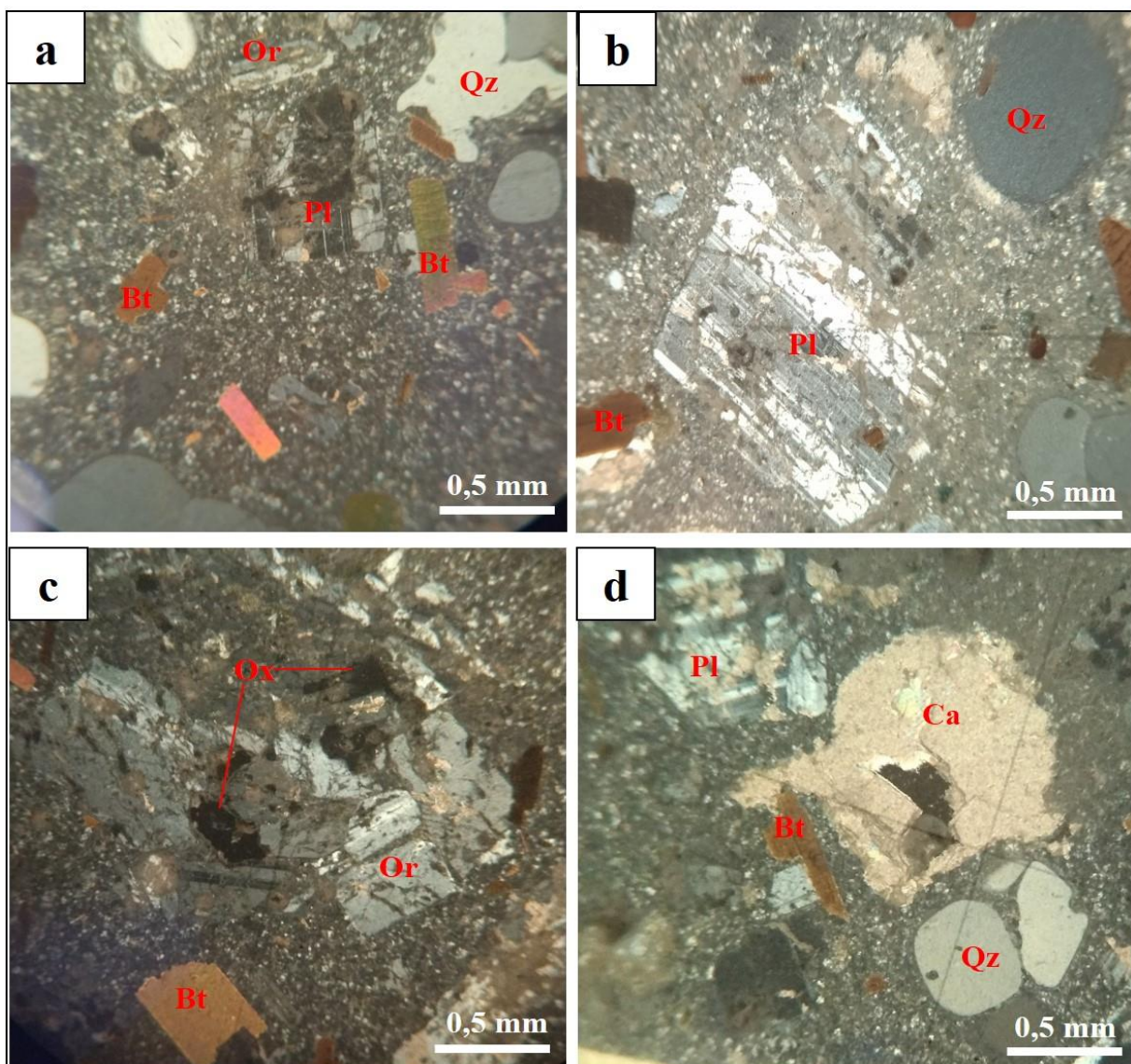


Fig4. Vue microscopique du massif magmatique d'Oued El-Annab montrant : (a) association des minéraux primaires, (b) cristaux développés des plagioclases ; (c) association des oxydes de fer avec les feldspaths ; (d) : association de la calcite avec les plagioclases. Bt : Biotite ; Ca : Calcite ; Ox : Oxydes de fer ; Pl : Plagioclases, Qz : Quartz. **Source:** Auteurs

Minéral	Caractérisation				
	La forme	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Teinte	Biréfringence
Plagioclases	Tabulaire	1 – 4	0.5 – 2	Grise claire	Faible (1 ^{er} order)
Orthoclase	Tabulaire au prismatique	0.5 – 1.5	0.3 – 0.7	Grise claire ou blanche	Faible (1 ^{er} order)
Biotite	Prismatique	0.5 – 2.5	0.2 – 0.5	Brune et verte	Forte (3 ^{ème} order)
Quartz	Xénomorph ou Arrondie	0.5 – 2	0.5 – 1	Gris claire	Faible (1 ^{er} order)

Tableau 1. Caractérisation optique des minéraux constitutifs du massif d'Oued El-Annab.

Source: Auteurs

2. Spectroscopie infrarouge

Pour confirmer davantage les différents minéraux dans les échantillons, des analyses infrarouges ont été effectuées. Les analyses infrarouges se font entre le pic 500 et 4000 cm^{-1} . Pour une bonne visualisation, on a séparé le spectre en deux régions 500-2000 cm^{-1} (fig3.a) et 2000-4000 cm^{-1} (Fig4b).

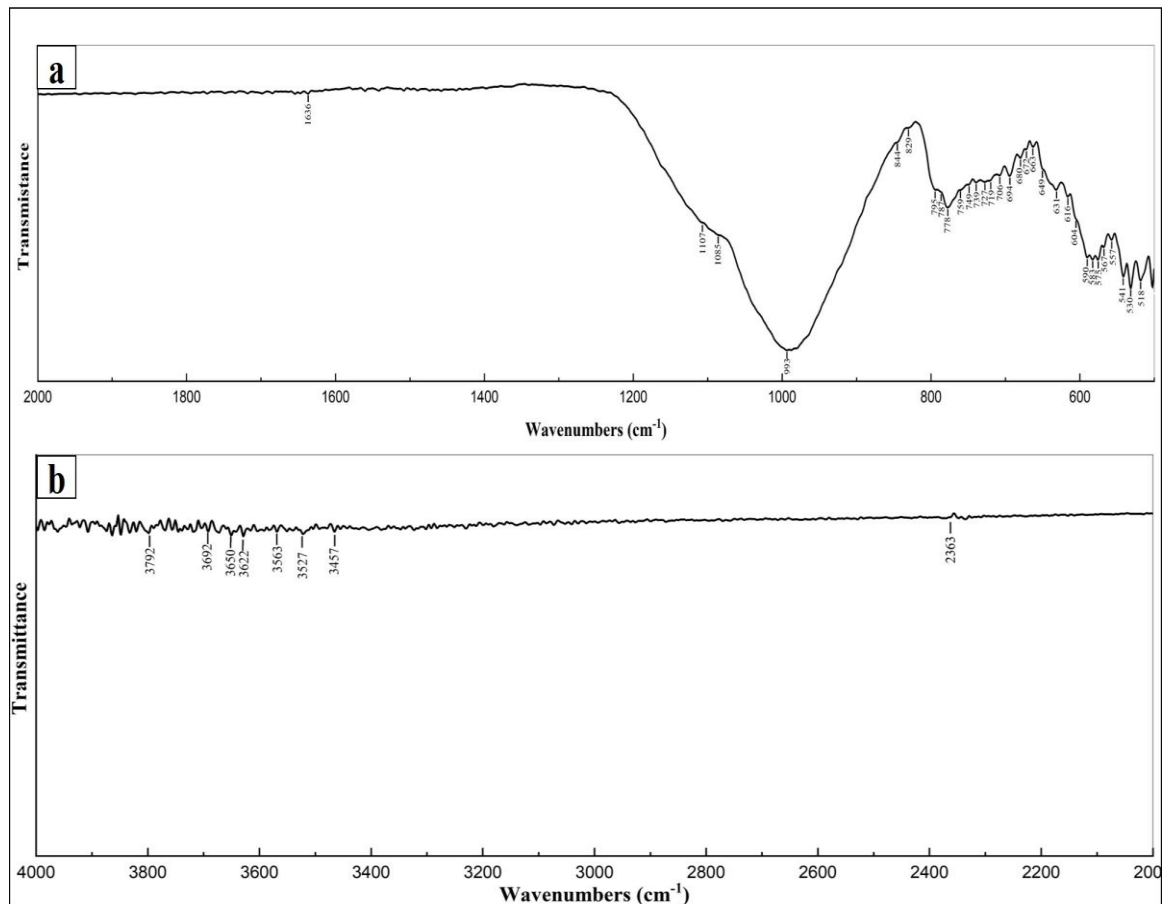


Fig5. La spectroscopie infrarouge du massif d'Oued El-Annab. **Source:** Auteurs

Les résultats montrent que le massif d'Oued El-Annab constitué principalement de groupes des feldspaths, micas (biotite) et quartz, calcite, hématite, anhydrite et les minéraux argileux (kaolinite, illite, montmorillonite, smectite, glauconite, halloysite et chlorite). Le massif d'Oued El-Annab a une grande abondance de feldspath. Les bandes de séparation dans la région de 1800 à 500 cm^{-1} y compris 530, 541, 583, 590, 672, 727, 749, 759 et 993 cm^{-1} pour les plagioclases et 567, 739 et 778 pour l'orthoclase (Iiishi, 1971 ; Hlavay et al, 1978 ; Matteson et Herron, 1993 ; Farmer 2000). Les spectres de transmission de la biotite appartiennent aux 518, 557, 616, 631, 680, 706, 795, 829 et 3792 cm^{-1} . Elle est moins abondante que les feldspaths. Le quartz est apparu seulement aux 993 et 1085 cm^{-1} . Les minéraux argileux sont également apparus avec de faibles pics où les pics 787, 604, 2363, 3457, 3622, 3650, 3663 et 3692 cm^{-1} représentent la kaolinite, l'illite et la smectite. Le pic 844 cm^{-1} attribué à la montmorillonite, 1636 cm^{-1} attribué à l'halloysite et 3527 cm^{-1} pour la glauconite. La calcite apparaît aussi avec de faibles pics 575 et 719 cm^{-1} . Le massif d'oued El-Annab contient aussi de l'anhydrite et l'hématite avec des pics 1111 et 1636 cm^{-1} successivement. Les résultats des analyses infrarouges correspondaient en grande partie à celles dans les littératures précédentes (Stubican et al, 1961 ; Vedder et al, 1963 ; Taylor et al, 1970 ; Iiishi et al, 1971 ; Zeller et al, 1975 ; Hlavay et al, 1978 ; Pickard et al, 1985 ; Wada et Kamitakahara, 1991 ; Matteson, et Herron, 1993 ; Repacholi 1994 ; McKeown et al, 1999 ; Farmer 2000 ; Madejova et Komadel 2001 ; Madejova, 2003; Vaculikova et Plevova, 2005; Changwen et al. 2007 ; Nayak et Singh 2007 ; Sontevska et al, 2008 ; Ji et al. 2009 ; Liu et al. 2009 ; Hamadi Nabih, 2012 ; Neupane et al, 2020 ; Papakosta et al. 2020 ; Pineau et al. 2020 ; Yousefi et al. 2020). Les résultats obtenus des analyses infrarouges montrent aussi un accord avec la description pétrographique.

Minéral	Wavenombres (cm^{-1})
Plagioclases	530, 541, 583, 590, 672, 727, 749, 759 et 993.
Orthoclase	567, 739, 778.
Biotite	518, 557, 616, 631, 680, 706, 795, 829, 3792.
Quartz	993, 1085.
Les minéraux argileux (kaolinite, illite, smectite, montmorillonite, halloysite, glauconite)	787, 604, 844, 1636, 2363, 3457, 3527, 3622, 3650, 3663, 3692.
Calcite	575, 719.
Anhydrite	1111.
Hématite	1636.

Tableau 2. Les spectres infrarouges observés du massif d'Oued El-Annab. **Source:** Auteurs

L'apparition des minéraux argileux est due à l'altération des feldspaths ainsi que la biotite. La kaolinite formée de feldspath dans des conditions acides (Kotoky et al, 2006) où cet acide a été fourni par les racines des plantes. La calcite formée par la combinaison de calcium (Ca) résultant de l'altération des plagioclases calcique avec la matière organique des micro-organismes, les feuilles et les bois des plants. Les plagioclases sont plus altérés que l'orthoclase. Figures 2 et 5 montrent que le massif d'Oued El-Annab plus riche par les plagioclases que l'orthoclase. Figure 5 montre aussi que les feldspaths très abondants dans la

région 500-1100 cm^{-1} où cette région représentée par les modes O-Al, Si-Al, Si-O-Al et Al-O (Iiishi, 1971 ; Hlavay et al, 1978 ; Matteson, et Herron, 1993) ce qu'indique la grande existence des Aluminiem. En général, le contenant et le verre plat doivent contenir de 1,5 à 2 % d' Al_2O_3 , tandis que certaines fibres de verre peuvent contenir jusqu'à 15 % d' Al_2O_3 . Figures 2 et 5 montrent que le massif d'Oued El-Annab plus riche par les plagioclases que l'orthoclase. Avec l'existence de l'orthoclase et la couleur blanche du massif, on peut dire qu'il y a une abondance des plagioclases sodique. Les feldspaths sodiques feldspath sodique est particulièrement utile en céramique, corps et glaçure (Zanelli et al, 2011, Bernasconi et 2014 ; Gougazeh et al, 2018). Malgré la texture microlitique du massif, il y a une grande possibilité de l'exploité surtout avec la couleur blanchâtre du massif comme où il y a des massifs similaires déjà exploités comme le cas des rhyolites de Sarre, de Sardaigne et du Mexique (Dondi, 2018 ; Demange et al, 1999 ; Gillet et Houotr, 1978 ; Eulry, 1987). Les résultats montrent qu'il y a une grande possibilité d'exploiter le massif d'Oued El-Annab comme source de feldspath qui trouvent une large utilisation dans les industries du verre, de la céramique et des glaçures.

Conclusion :

L'étude pétrographique et infrarouge menée sur le massif d'Oued El Annab est prometteuse à l'exploration du minerai de feldspath par des techniques plus subtiles. Les études pétrographiques et minéralogiques, le massif d'Oued El-Annab montre des roches microgranitiques. Ce massif a une grande abondance de feldspaths, surtout les plagioclases sodiques. Le massif d'Oued El-Annab a une composition minéralogique et une texture très similaire à celle des feldspaths exploités dans d'autres pays. Les résultats soutiennent fermement la proposition sur la possibilité d'exploiter le massif d'Oued El-Annab pour l'extraction des feldspaths en vue d'une utilisation dans l'industrie des céramiques, des verres et des glaçures.

References:

Abbassene. F, Chazot. G, Bellon. H, Maury R C, Courme-Rault. M D, Ouabadi, A et Coutelle. A – 2019: “New chronostratigraphic constraints on the emplacement of Miocene high-K calc-alkaline igneous rocks from West Edough-Cap de Fer, NE Algeria” Arab J Geosci 12, 22.

Ahmed-Said. Y, Leake. BE et Rogers G – 1993: “The petrology, geochemistry and petrogenesis of the Edough igneous rocks, Annaba, NE Algeria”. J Afr Earth Sci 17:111–12.

Bernasconi. A, Marinoni. N, Pavese. A, Francescon. F et Young. K – 2014: “Feldspar and firing cycle effects on the evolution of sanitary-ware vitreous body”. Ceram. Int. 40, 6389–6398.

Bosch. D, Hammor. D, Mechati. M, Fernandez. L, Bruguier. O, Caby. R et Verdoux. P – 2014: “Geochemical study (major, trace elements and Pb–Sr–Nd isotopes) of mantle material obducted onto the North African margin (Edough Massif, North Eastern Algeria): Tethys fragments or lost remnants of the Liguro–Provençal basin?” Tectonophysics 626:53–68.

Bossière. G, Collomb. P et Mahdjoub. Y – 1976 : “Sur un gisement de Péridotites découvert dans le massif cristallophyllien de l'Edough (Annaba, Algérie) ”. CR Acad Sci Paris 283 :885–888.

Bruguier. O, Hammor. D, Bosch. D et Caby. R – 2009: “Miocene incorporation of peridotite into the Hercynian basement of the Maghrebides (Edough massif, NE Algeria): implications for the geodynamic evolution of the Western Mediterranean”. *Chem Geol* 261:172–184.

Caby. R, Bruguier. O, Fernandez. L, Hammor. D, Bosch. D, Mechat. M, Laouar. R, Ouabadi. A, Abdallah. N et Douchet. C – 2014: “Metamorphic diamonds in a garnet megacryst from the Edough Massif (northeastern Algeria). Recognition and geodynamic consequences. *Tectonophysics* 637:341–353.

Caby. R, Hammor. D et Delor. C – 2001: “Metamorphic evolution, partial melting and Miocene exhumation of lower crust in the Edough metamorphic core complex, west Mediterranean orogen, eastern Algeria”. *Tectonophysics* 342:239–273.

Changwen. D, Linker. R et Shaviv A – 2007: “Characterization of soils using photoacoustic mid-infrared spectroscopy”. In: *applied spectroscopy*. pp 1063–1067.

Demange. M, Lia-Aragnouet. F, Pouliquen. M, Perrot. X et Sauvage. H – 1999: “Les syénites de Castillet (Pyrenees-Orientales), une roche exceptionnelle dans les Pyrenees”. *C.R. Academie des Sciences*, vol. 329,5 - Paris.

Dill. H G – 2015: “Pegmatites and aplites: Their genetic and applied ore geology. *Ore Geol. Rev.* 69, 417–561.

Dondi. M – 2018: “Feldspathic fluxes for ceramics: Sources, production trends and technological value. *Resources*”, *Conservation and Recycling*, 133, 191-205.

Eulry. M – 1987: “Les gisements de feldspaths et de syénite néphélinique en Languedoc- Roussillon”. *Rap. BRGM n° 87 S G N 666 L R O*.

Farmer. VC – 2000: “Transverse and longitudinal crystal modes associated with OH stretching vibrations in single crystals of kaolinite and dickite. In: *spectrochimica acta part A: molecular and biomolecular spectroscopy*”. pp 927–930.

Fernandez. L, Bosch. D, Bruguier. O, Hammor. D, Caby. R, Monié. P, Arnaud. N, Toubal. A, Galland. B et Douchet. C – 2016: “Permo- Carboniferous and early Miocene geological evolution of the internal zones of the Maghrebides-new insights on the Western Mediterranean evolution”. *J Geodyn* 96:146–173.

Fernandez. L. (2015), Etude géochimique et géochronologique d'un massif basique et ultrabasique des zones internes de la chaîne des Maghrébides (Edough, NE Algérie) -Contraintes sur l'évolution de la Méditerranée occidentale au Cénozoïque. Phd thesis, Univ. Montpellier, 356.

Fougnot. J. (1990), Le magmatisme miocène du littoral Nord Constantinois, Phd thesis, INPL Nancy, 358.

Gillet. G et Houotr. M – 1978: “Valorisation de syénites néphéliniques par procédés magnétiques”. *Industrie Minérale - minéralurgie* (octobre 1978).

Gougazeh. M, Bamousa. A et Hasan, A – 2018: “Evaluation of granitic rocks as feldspar source: Al Madinah, Western Part of Saudi Arabia”. *Journal of Taibah University for Science*, 12(1), 21-36.

Hadj Zobir. S et Oberhänsli. R – 2013: “The Sidi Mohamed peridotites (Edough massif, NE Algeria): evidence for an upper mantle origin”. *Journal of Earth System Science* 122:1455–1465.

Hamadi. A et Nabih. K – 2012: “Alkali activation of oil shale ash-based ceramics”. *J Chem* 9(3):1373–1388

Hammor. D et Lancelot. J – 1998 : “Métamorphisme miocène de granites panafricains dans le massif de l'Edough (Nord-Est de l'Algérie)”. *CR Acad. Sci. Paris* 327:391–396

Hilly. J. (1957), Etude géologique du massif de l'Edough et du Cap de Fer (Est-Constantinois). Phd thesis, Univ. Nancy, 408.

Hlavay. J, Jonas. K Elek. S et Inczedy. J – 1978: “Characterization of the particle size and the crystallinity of certain minerals by IR spectrophotometry and other instrumental methods-II. Investigations on quartz and feldspar”. *Clays Clay Miner* 26(2):139–143.

Iiishi. K, Tomisaka. T et Umagaki Y. – 1971: “Isomorphous substitution and infrared and farinfrared spectra of the feldspar group”. *Neues Jahrbuch flit Mineralogie, Abhandlungen*, v.115, p. 98-119.

Jaecob. M – 1905 : “carte géologique 1/50000 de BONE BUGEAUD”. Services géologiques de l'Algérie.

Ji. J, Ge. Y, Balsam. W, Damuth. JE et Chen. J – 2009: “Rapid identification of dolomite using a Fourier transform infrared spectrophotometer (FTIR): a fast method for identifying Heinrich events in IODP Site U1308”. *Mar Geol* 258(1–4):60–68

Kara. A, Özer. F, Kaçgan, K et Özer, P – 2006: “Development of a multipurpose tile body: Phase and microstructural development”. *J. Eur. Ceram. Soc.* **2006**, 26, 3769–3782.

Kotoky. P, Bezbaruah. D, Baruah. J, Borah. GC et Sarma JN -2006: Characterization of clay minerals in the Brahmaputra river sediments, Assam, India. *Current Science*, 1247-1250.

Kumar. RS et Rajkumar. P – 2014: “Characterization of minerals in air dust particles in the state of Tamilnadu, India through FTIR, XRD and SEM analyses”. *Infrared Phys Technol* 67:30–41

Laouar. R, Boyce. AJ, Ahmed-Said. Y, Ouabadi. A, Fallick. AE et Toubal. A – 2002: “Stable isotope study of the igneous, metamorphic and mineralized rocks of the Edough complex, Annaba, Northeast Algeria”. *J Afr Earth Sci* 35:271–283

Laouar. R, Boyce. AJ, Arafa. M, Ouabadi. A et Fallick. AE – 2005: “Petrological, geochemical, and stable isotope constraints on the genesis of the Miocene igneous rocks of Chetaibi and Cap de Fer (NE Algeria)”. *J Afr Earth Sci* 41:445–465.

Lee. GF et Stitt. PH – 1982: “The Oberon alaskite deposit a source of beneficiated feldspar”. *J. Aust. Ceram. Soc.* 18, 49–52.

Lee. WE et Iqbal. Y – 2001: “Influence of mixing on mullite formation in porcelain”. *J. Eur. Ceram. Soc.* 21, 2583–2586.

Madejova. J et Komadel. P – 2001: “Baseline studies of the clay minerals society source clays: infrared methods”. In: *clays and clay minerals*. pp 410–432.

Marignac. C et Zimmermann. JL – “1983. Ages K-Ar de l'événement hydrothermal et des intrusions associées dans le district minéralisé miocène d'Ain-Barbar (Est Constantinois, Algérie)”. *Mineral. Deposita* 18, 457e467.

Martin-Marquez. J, Rincon, JM et Romero. M – 2010: “Mullite development on firing in porcelain stoneware bodies”. *J. Eur. Ceram. Soc.* 30, 1599–1607.

- Matteson. A et Herron. MM – 1993: “End-member feldspar concentrations determined by FTIR spectral analysis”. *Journal of Sedimentary Research*, 63(6), 1144-1148.
- McKeown. DA, Bell. MI et Etz. ES – 1999: “Vibrational analysis of the dioctahedral mica: 2M1 muscovite”. *American Mineralogist*, 84(7-8), 1041-1048.
- Mechati. M, Caby. R, Hammor. D, Bosch. D, Bruguier. O et Fernandez. L – 2018: “Reworking of intra-oceanic rocks in a deep-sea basin: example from the Bou Maiza complex (Edough massif, Eastern Algeria)”. *Intern Geol Review* 60:464–478.
- Monié. P, Montigny. R et Maluski. H – 1992 : “Age burdigalien de la tectonique ductile extensive dans le massif de l’Edough (Kabylies, Algérie) ”. *Données radiométriques ³⁹Ar–⁴⁰Ar*. *Bull. Soc. géol. Fr.* 5:571–584.
- Nayak. PS et Singh. BK – 2007: “Instrumental characterization of clay by XRF, XRD and FTIR”. *Bull Mater Sci* 30:235–238
- Neupane BB, Sharma. A, Giri. B et Joshi. MK – 2020: “Characterization of airborne dust samples collected from core areas of Kathmandu Valley”. *Heliyon* 6(4): e03791
- Papakosta. V, Lopez-Costas. O et Isaksson. S – 2020: “Multi-method (FTIR, XRD, PXRF) analysis of Ertebolle pottery ceramics from Scania, southern Sweden”. *Archaeometry* 62(4):677–693
- Pickard. KJ, Walker. RF et West. NG – 1985: “A comparison of X-ray diffraction and infra-red spectrophotometric methods for the analysis of α -quartz in airborne dusts”. *Ann Occup Hyg* 29(2):149–167
- Pineau. M Baron. F, Mathian. M, Le Deit. L, Rondeau. B et Allard. T – 2020: “Estimating kaolinite crystallinity using near-infrared spectroscopy”. In: 51st Lunar and planetary science conference
- Repacholi. MH – 1994: “Clay mineralogy: spectroscopic and chemical determinative methods”. Springer Science et Business Media, Berlin.
- Šontevska. V, Jovanovski. G, Makreski. P, Raškavska A et Šoptrajanov. B – 2008: “Minerals from Macedonia. XXI. Vibrational spectroscopy as identificational tool for some phyllosilicate minerals”. *Acta Chimica Slovenica*, 55 (4), 757–766.
- Stubičan. V et Roy. R – 1961: “Isomorphous substitution and infra-red spectra of the layer lattice silicates”. *American Mineralogist: Journal of Earth and Planetary Materials*, 46(1-2), 32-51.
- Taboada. J, Vaamonde. A, Saavedra. A et Ordonez. C – 2002: “Geostatistical study of the feldspar content and quality of a granite deposit”. *Eng. Geol.* 65, 285–292.
- Taylor. Dg, Nenadic. CM et Crable. JV – 1970: “Infrared spectra for mineral identification”. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 31(1), 100-108.
- Vaculikova. L et Plevova. E – 2005: “Identification of clay minerals and micas in sedimentary rocks”. *Acta Geodynamica Et Geomaterialia* 2(2):67–175.
- Van Der Plas. L – 1966: “Chapter 2: The nature of feldspars. In *Developments in Sedimentology*”. Elsevier Publishing Company: Amsterdam, The Netherland, Volume 6, pp. 19–40.
- Vedder. W et McDonald. RS –1963: “Vibrations of the OH ions in muscovite”. *The Journal of Chemical Physics*, 38(7), 1583-1590.

Vila. J.M. (1980), La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins tunisiens (Thèse Doct.) Univ. Paris IV (665 pp.).

Wada. N et Kamitakahara. W A – 1991: “Inelastic neutron-and Raman-scattering studies of muscovite and vermiculite layered silicates”. *Physical Review B*, 43(3), 2391.

Yousefi. B, Castanedo. CI, Maldague. XP et Beaudoin. G – 2020: “Assessing the reliability of an automated system for mineral identification using LWIR hyperspectral infrared imagery”. *Minerals Eng.*155:106409

Zanelli. C, Raimondo. M, Guarini. G et Dondi. M – 2011: “The vitreous phase of porcelain stoneware: Composition, evolution during sintering and physical properties”. *J. Non Cryst. Solids*, 357, 3251–3260.

Zilles. J U – 2017: “Feldspar and syenites. In *Fillers for Polymer Applications. Polymers and Polymeric Composites: A Reference Series*”. Springer: Cham, Switzerland, pp. 231–244. Kouloumbi. N, Ghivalos. L G et Pantazopoulou. P – 2005: “Determination of the performance of epoxy coatings containing feldspars fillers”. *Pigm. Resin Technol.* 34, 148–153.