

Caractérisation et identification d'un minéral gemme de la famille de la jadéite de l'île de Madagascar

Honoré A. Ranoarivony *(1), Voahanginirina J. Ramasiarinoro (2) (3), Ainahenintsoa Ranoarivony (3),
Lala Andrianaivo (1) (3)

(1) Université d'Antananarivo, Ecole Supérieure Polytechnique, Département Ingénierie Pétrolière, Laboratoire de Géotechnologie, BP 1500 Antananarivo 101 Madagascar,

(2) Université d'Antananarivo, Laboratoire de Géotechnique, BP 906 Antananarivo 101 Madagascar

(3) Cabinet Masoandro SARLU, Lot AV 120 Loharanombato Antananarivo 102 Madagascar

*e-mail : ranoarivony954@yahoo.com

Résumé

Des échantillons de minéraux translucides à transparents de Madagascar ont été étudiés. En réalisant plusieurs méthodes de caractérisation, les paramètres physiques et chimiques obtenus ont permis de définir la nature minéralogique des échantillons de minéraux analysés.

La présente étude montre que ces minéraux gemmiformes relativement riches en manganèse appartiennent à la famille de la jadéite. Leur coloration généralement vert-bleue en lumière du jour vire en coloration rougeâtre en lumière jaune. Ce changement de couleur peut être attribué à la présence d'éléments de transition en faible quantité.

Mots-clés : Gemme, propriétés chimiques, dureté, densité, indice de réfraction, jadéite, Madagascar.

1. INTRODUCTION

L'île de Madagascar, qui se trouve dans le sud-ouest de l'Océan Indien, dispose d'une grande variété de pierres gemmes.

Cependant, pour cause de soucis et de contraintes de qualité dans la pratique commerciale, la recherche sur l'identification minéralogique et la caractérisation physique de ces minéraux constituent une nécessité. Un soin particulier doit être fait concernant la caractérisation chimique qui aboutit à l'identification des constituants chimiques.

Dans le présent travail, nous passons en revue les nombreuses facettes des caractérisations physique et chimique d'échantillons gemmiformes dans l'objectif de leur identification. Nous espérons ainsi mieux informer le lecteur sur ce volet de la gemmologie.

Toutes les analyses ont été effectuées à Madagascar, au sein de l'Ecole Supérieure Polytechnique de l'Université d'Antananarivo, dans le Laboratoire de Géotechnologie et dans le Laboratoire de Génie Chimique.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Moyens et appareillages

Les observations visuelles et les descriptions ont été effectuées minutieusement à la loupe.

Les méthodes de caractérisation physique et chimique ont été utilisées.

Les échantillons ont été pesés et broyés.

Nous avons pris vingt six pièces d'échantillons de masse totale 31,36 grammes (Figures 1, 2 et 3).



Figure 1 : Echantillons de couleur vert-bleue



Figure 2 : Echantillons de couleur vert-brunâtre à vert-rosâtre



Figure 3 : Pesage des échantillons

2.2. Caractérisation physique

Les travaux de caractérisations des gemmes sont nombreux. Nous avons utilisé les appareils et les techniques suivants :

- ✓ Spectrophotomètre UV/VIS Perkin Elmer Lambda 10
- ✓ Spectromètre à absorption atomique : Perkin Elmer Analyst-100
- ✓ Spectromètre infra-rouge : Spectrum-RFX.FT.IR System
- ✓ Densimètre
- ✓ Réfractomètre
- ✓ Presidium Duo Tester
- ✓ Jadéite Filter

Les détails de ces techniques peuvent être consultés sur internet [1] [2] [3] [4] ou dans d'autres ouvrages.

Pour la caractérisation physique et minéralogique, les méthodes optiques et les méthodes de détermination des paramètres physiques comme la dureté, la densité ainsi que les propriétés optiques et spectrales d'absorption ont été adoptées.

2.3. Caractérisation chimique

Plusieurs dosages d'éléments présents dans les échantillons ont été effectués et suivant des méthodes appropriées aux éléments considérés.

Pour la caractérisation chimique, le processus des travaux à effectuer est décrit dans la figure 4.

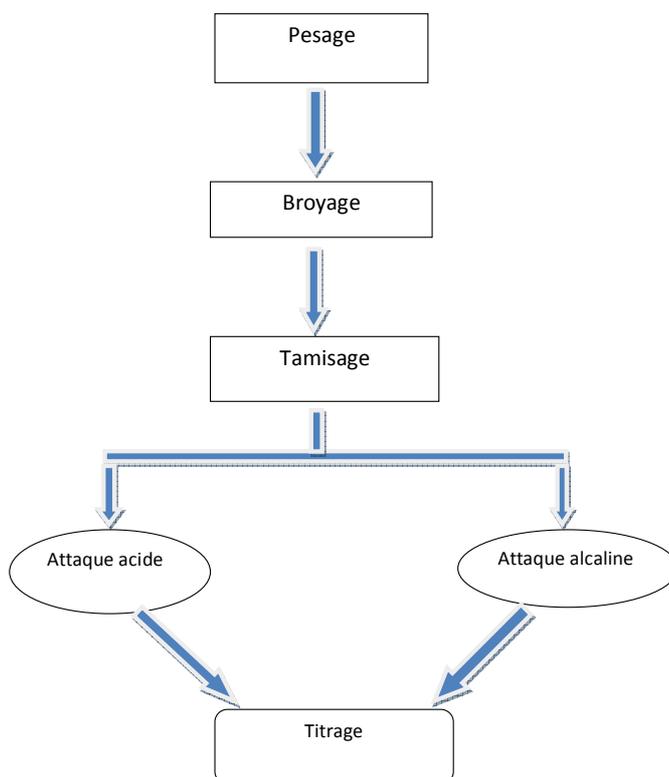


Figure 4 : Schéma des étapes de la caractérisation chimique

2.3.1. Détermination de Silice

- Peser le creuset en platine : soit m
- Mettre le papier et son contenu dans le creuset, sécher sur plaque
- Calciner à $1175 \pm 25^\circ \text{C}$ pendant 45 minutes
- Laisser refroidir dans un dessiccateur
- Peser et vérifier la constance de la masse : soit m'

L'expression de résultats se fait selon la formule

$$\% \text{SiO}_2 = (m' - m) \times 100$$

où m = masse vide de creuset

m' = masse creuset + après calcination

2.3.2. Détermination de Fe₂O₃

- Pipeter 100 ml du filtrat, ajouter 200 ml d'E.D
- Ajouter 0,5 grammes d'amino-acétique et 0,3 grammes d'indicateur sulfosalicylique
- Ajouter à pH $1,5 \pm 0,1$ pour ajout de NH₄OH 1+1 ou 1+10
- Chauffer à $47,5^\circ \text{C} \pm 25\%$ (ne jamais dépasser 50°C)
- Ajouter 2 ml d' H₂SO₄ 1+1 pour masquer l'oxyde de titane
- Titrer avec EDTA 0,03 mol/l jusqu'au virage jaune paille- noter Y
- La solution servira au dosage d'Al₂O₃

L'expression de résultats se fait selon la formule

$$\% \text{Fe}_2\text{O}_3 = V \times \text{facteur EDTA} / \text{Fe}_2\text{O}_3$$

avec V= volume en ml

2.3.3. Détermination de MgO-Al₂O₃

- Prendre la solution ayant servi au dosage de Fe₂O₃ – le refroidir
- Ajouter 5 ml d'acide acétique
- Ajouter le Ph à $3,05 \pm 0,05$ sans dépasser 3,1 sinon à refaire l'analyse
- Porter à l'ébullition
- Ajouter 3 gouttes de complexonate de cuivre et 10 (dix) gouttes de PAN
- Titrer avec EDTA 0,03 mol/l en maintenant à l'ébullition jusqu'au virage jaune persiste pendant 1 minute. Noter V.

L'expression de résultats se fait selon la formule

$$\% \text{Al}_2\text{O}_3 = V \times \text{facteur Al}_2\text{O}_3$$

2.3.4. Détermination des autres éléments

On procède de la même façon pour la détermination des autres éléments.

3. RESULTATS ET INTERPRETATION

Les expériences effectuées donnent des résultats bruts en général et feront, dans le cas des caractéristiques chimiques, l'objet d'une série d'interprétations.

3.1. Résultats de la description des échantillons

En général, les échantillons étudiés sont translucides à légèrement transparents, présentant des inclusions (probablement des feldspaths alcalins), de forme sub-arrondie, d'éclat vitreux.

La couleur peut être vert-bleutée, bleue-verdâtre à brunâtre, rosâtre, ou lavande en lumière naturelle.

On remarque que leur coloration généralement verdâtre (Figure 5) en lumière du jour vire en coloration rougeâtre en lumière jaune (Figure 6).

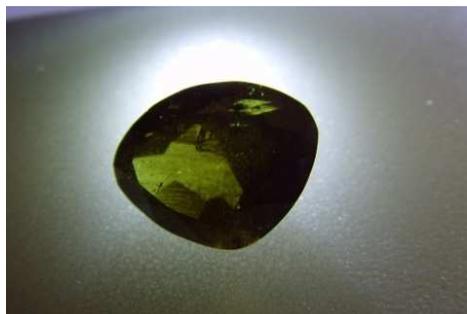


Figure 5 : Photographie en lumière du jour



Figure 6 : Photographie en lumière jaune

3.2. Caractéristiques physiques

Ténacité

Nous n'avons pas constaté de cassure lorsqu'on laisse tomber un échantillon d'une hauteur de 1,50m sur un sol carrelé.

Dureté

En essayant de rayer chaque échantillon avec la pointe d'un couteau, nous constatons que le minéral n'est pas rayable à ce métal. Sur l'échelle de Mohs la dureté semble se situer entre 6,5 et 7.

Indice de réfraction

Nous sommes confrontés à un problème d'inhomogénéité. L'indice de réfraction constaté sur le réfractomètre est variable mais tourne aux alentours de 1,665. Nous n'avons pas obtenu de données plus précises. Une contre-analyse effectuée par l'appareil Presidium DuoTester donne des valeurs autour de 110.

Densité

Nous sommes là aussi confrontés à un problème d'inhomogénéité. La densité constatée sur le densimètre varie de 3,32 à 3,5 suivant les échantillons.

3.3. Caractéristiques chimiques

Le tableau 1 résume les résultats des analyses chimiques. Les résultats exprimés en volume sont ramenés en pourcentage, puis on procède aux calculs classiques de la formule structurale.

Tableau 1 : Résultats des analyses chimiques

Oxide	Moles oxide	Wt	Grams oxide	Wt %	Moles oxide	Moles Cation	Moles Oxygen	Nb cation
SiO ₂	60,089		42,543	57,26	0,953	0,953	1,906	2,05
Al ₂ O ₃	101,96		9,8195	13,22	0,130	0,259	0,389	0,56
TiO ₂	79,899		0,4794	0,65	0,008	0,008	0,016	0,02
Fe ₂ O ₃	159,69		6,9923	9,41	0,059	0,118	0,177	0,25
FeO	71,85		1,5784	2,12	0,030	0,030	0,030	0,06
MgO	40,3		0,0000806	0,00	0,000	0,000	0,000	0,00
MnO	70,94		2,8375	3,82	0,054	0,054	0,054	0,12
CaO	56,08		0,00084	0,00	0,000	0,000	0,000	0,00
Na ₂ O	61,98		10,0431	13,52	0,218	0,436	0,218	0,94

K ₂ O	94,204	0,0000942	0,00	0,000	0,000	0,000	0,00
total		74,2942	100			2,789	4,00

Des analyses additionnelles montrent les teneurs en oxyde de chrome et en oxyde de cobalt suivantes :

Cr₂O₃=1,5959g/mol ; wt=1,05%

CoO=0,001498g/mol ; wt=0,0002%

Co₂O₃=0,003317g/mol; wt=0,0002%

Co₃O₄=0,004816g/mol; wt=0,0002%

Sur le tableau 1, il convient de signaler que les valeurs calculées ne sont pas précises, probablement pour cause d'imperfections d'analyses. On remarque que la somme des moles d'oxygène (colonne 7) de l'ordre de 2,789 est fautive pour ce minéral. Pour obtenir le nombre de cation (colonne 8), on apporte des corrections, il suffit de multiplier chaque valeur (de la colonne 6) par six (calcul sur la base de six oxygènes pour le pyroxène) et on la divise par la somme des oxygènes (colonne 7).

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

Les premiers résultats obtenus à partir des diverses caractérisations effectuées nous ont permis d'avancer une première conclusion.

Les échantillons analysés, généralement de couleur vert-bleue, sont sub-arrondis et gemmiformes. Les caractéristiques physiques (densité, dureté, indice de réfraction) sont similaires à celles des minéraux de la famille de la jadéite.

Du point de vue chimique, des traces de chrome, de titane, et de cobalt ont été également trouvées. En plus du fer et du manganèse en quantité notable, la présence des cations dérivés de certains métaux de transitions (Cr³⁺, Ti³⁺, Co³⁺, etc.) en faible quantité serait responsable des colorations allochromatiques de nos échantillons. Dans la littérature, on pense que le fer est responsable de la couleur verte, tandis que le manganèse donne la couleur rosâtre.

La formule structurale correspondante à l'analyse ci-dessus est : Na_{0,94-1}(Al_{0,56}Fe³⁺_{0,44}) Si_{2-2,05}O₆, avec des traces de chrome, de titane et de cobalt. Elle est compatible avec la formule chimique idéale des minéraux de la famille de la jadéite : Na(Al, Fe³⁺)Si₂O₆.

Il s'agit donc d'un pyroxène gemmiforme de la classe des inosilicates, vert-bleu, riche en Mn, de composition proche de la jadéite et qui est assimilé aux jades. Sa principale caractéristique est sa faculté de changer de couleur selon le type de lumière. On se demande si la présence notable de manganèse est responsable de ce changement de couleur lorsque le minéral est exposé d'une lumière à l'autre. En tout cas, il est universellement admis que la présence naturelle d'impuretés d'éléments de transition serait à l'origine de ce spectaculaire effet optique.

A notre avis, il s'agit donc d'un pyroxène de la famille de la jadéite non encore répertorié dans la littérature. Désormais, l'idée amusante de proposer le nom de "ranoarivonite" à ce type de jadéite manganésifère gemmiforme est suggérée.

WEBGRAPHIE

[1] Alexis Damour, « Notice et analyse sur le jade vert. Réunion de cette matière minérale à la famille des Wernerites », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, vol. 56, 1863, p. 861-865 (lire en ligne (<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3013s.image.r=damour.f861.langFR>))

[2] Alexis Damour, « Analyse du jade oriental, réunion de cette substance à la Trémolite », *Annales de chimie et de physique*, 3e série, vol. 16, 1846, p. 469-474 (lire en ligne (<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k34757f.image.langFR.f468.pagination>))

[3] Prewitt, C.T. et Burnham, C.W., « The crystal structure of jadeite, NaAlSi₂O₆ », *American Mineralogist*, Mineralogic Society of America, vol. 51, juillet 1966, p. 956-975 (available on line (http://www.minsocam.org/ammin/AM51/AM51_956.pdf))

[4] Masse molaire calculée d'après « Atomic weights of the elements 2007 ». (<http://www.chem.qmul.ac.uk/iupac/AtWt/AtWt07.html>), sur www.chem.qmul.ac.uk.