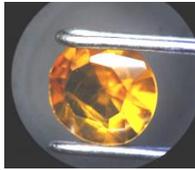
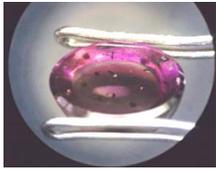


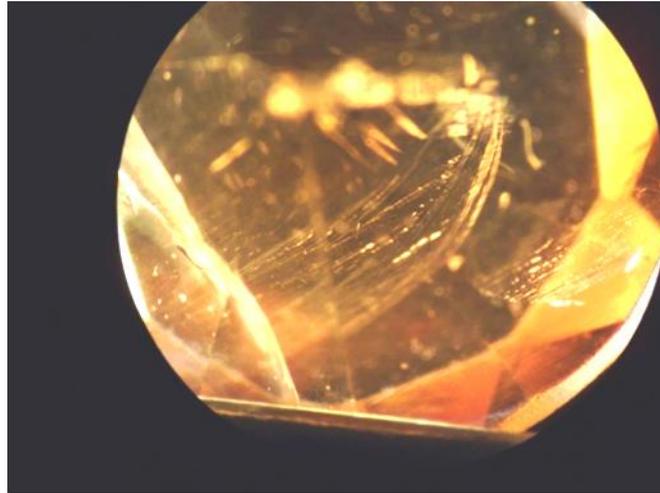
8.1.3 Quartz

a) Fiche d'analyses gemmologiques des échantillons de quartz étudiés

| | Quar_1 | Quar_17 |
|---|---|---|
| Echantillon |  |  |
| Nom | Citrine | Améthyste |
| Groupe, famille | Quartz macrocristallin | Quartz macrocristallin |
| Couleur | Jaune doré | Violet |
| Système cristallin | Quadratique | Quadratique |
| Forme brute | Prismatique | Baroque |
| Forme taillée | Ovale | Ronde |
| Dimension approx | 10.10mmX8.35mmX5.18mm | 8.85mmX6.85mm |
| Pureté | Transparente | Transparente |
| Eclat | Vitreux | Vitreux |
| Dispersion | Faible | Faible |
| Pléochroïsme | Dichroïsme faible | Fort dichroïsme |
| Caractère optique | Uniaxe positif | Uniaxe positif |
| Polariscope | Anisotrope. Rétablit tous les 90° | Anisotrope. Rétablit tous les 90° |
| Poids | 2.746carats | 2.644 carats |
| Densité | 2.66 | 2.68 |
| Dureté | 7 | 7 |
| IR | 1.550-1.547 | 1.553-1.544 |
| Biréfringence | +0.007 | +0.009 |
| Fluorescence UVC (254nm) UVL (365nm) | Néant | néant |
| Réaction Filtre Chelsea | Néant | néant |
| Spectre d'absorption | Néant | néant |

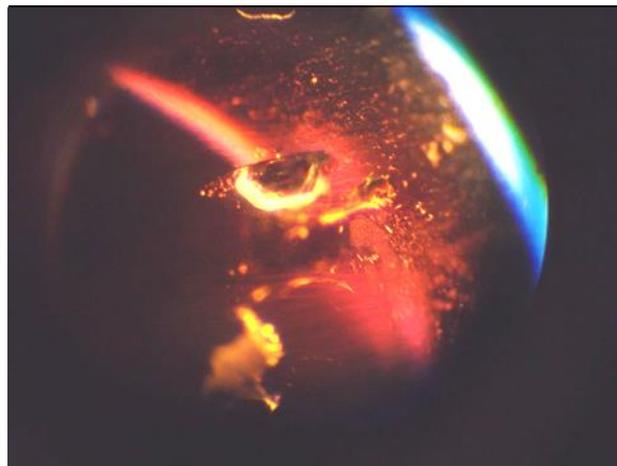
b) Etude microscopique des inclusions observées dans les échantillons de quartz analysés, qui sont spécifiques de la zone étudiée

Quar_1



Citrine présentant d'inclusion de type: 'probablement liquide', de nature: 'Croissance en spirale marquée par de probables inclusions fluides', à aspect: 'vis sans fin'. Transmis et Incident 45X

Quar_17



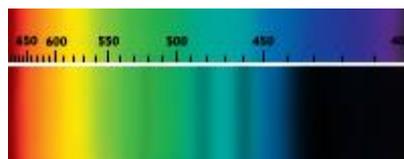
Améthyste présentant d'inclusion de type : 'Solide', de nature: 'lacune cristalline', à aspect: 'cristal arrondi ou cristal négatif', et d'inclusion de type: 'liquide', de nature: 'inclusions fluides suivant les faces majeures du rhomboèdre et nuage de points'. Darkfield illumination 45X

8.1.4 Grenat

a) : Fiche d'analyses gemmologiques des échantillons de grenats étudiés

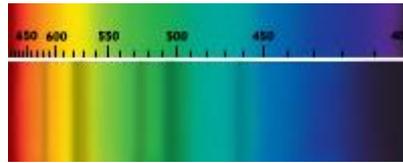
| | Gren_7 | Gren_15 |
|---|---|---|
| Echantillon |  |  |
| Nom | Spessartite | Rhodolite |
| Groupe, famille | Spessartite (pyralspite) | Almandin |
| Couleur | Orange | Rose-violet |
| Système cristallin | Rhombique | Rhombique |
| Forme brute | Baroque | Baroque |
| Forme taillée | Ronde | Ovale |
| Dimension approx | 9.60mmX6.65mm | 10.00mmX7.50mmX4.30mm |
| Pureté | Transparente | Transparente |
| Eclat | Subadamantin | Vitreux |
| Dispersion | Aucune | Aucune |
| Pléochroïsme | Aucun | Aucun |
| Caractère optique | Isotrope | Isotrope |
| Polariscope | Anomalies de polarisation | Tensions sous forme d'ombres noires |
| Poids | 4.422carats | 3.580carats |
| Densité | 4.10 | 3.99 |
| Dureté | 7.5 | 7.5 |
| IR | Non observable +1.780 | Non observable +1.780 |
| Biréfringence | - | - |
| Fluorescence UVC (254nm) UVL (365nm) | néant | néant |
| Réaction Filtre Chelsea | incolore | néant |
| Spectre d'absorption | * | * |

b) Spectre d'absorption de l'échantillon Gren_7 sur spectroscopie à main



Ce résultat montre des bandes d'absorption de 410, 421, 430 nm pouvant être réunie en un cut-off vers 435 nm; présence de lignes d'absorption vers 460, 480, 520. La coloration orange du spessartite est due au Manganèse sous forme Mn^{2+} en coordination cubique déformée.

c) Spectre d'absorption de l'échantillon Gren_15 sur spectroscopie à main



Ce spectre résulte de faibles bandes d'absorptions diagnostiques à 423, faible ligne à 460, 504, 520, 573 et 610 nm. La coloration du grenat Rhodolite qui est la variété de la série almandin, spécifique de cette zone est due au Fer sous forme Fe^{2+} en coordination cubique déformée.

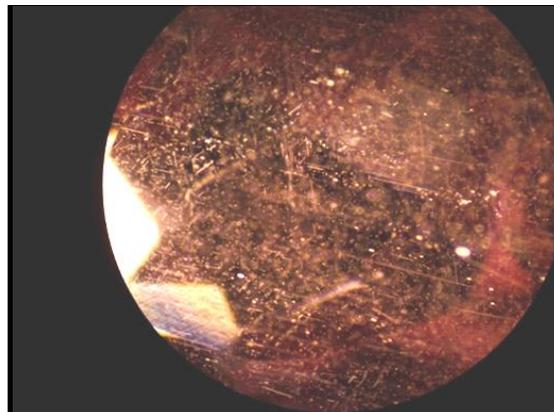
d) Etude microscopique des inclusions observées dans les échantillons de grenats analysés, qui sont spécifiques de la zone étudiée

Gren_7



Grenat spessartite présentant d'inclusion de type: 'liquide', de nature: 'givre de guérison et libelles', à aspect: 'emprunte de doigt', et d'inclusion de type: 'solide et liquide', de nature: 'probablement apatite et givre de guérison', à aspect: 'cristal arrondi et réseau de fluides résiduels'. Darkfield illumination 45X

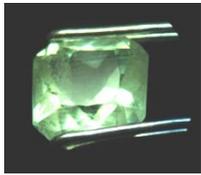
Gren_15



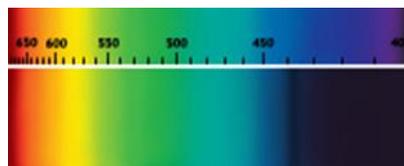
Grenat rhodolite présentant d'inclusion de type: 'solide', de nature: 'rutile', à aspect: 'courtes aiguilles dans le masse', et d'inclusion de type: 'solide', de nature: 'apatite ou zircon', à aspect: 'cristal automorphe'. Darkfield 45X

8.1.5 Spodumène (Kunzite et Hidénnite)

a) Fiche d'analyses gemmologiques des échantillons de spodumène étudiés

| | Spod_25 | Spod_30 |
|--------------------------------|---|---|
| Echantillon |  |  |
| Nom | Hidénnite | Kunzite |
| Groupe, famille | Spodumène | Spodumène |
| Couleur | Vert clair | Rose pâle |
| Système cristallin | Monoclinique | Monoclinique |
| Forme brute | Prismatique | Tabulaire |
| Forme taillée | Rectangle | Ronde |
| Dimension approx | 10.70mmX8.60mmX6.90mm | 9.30mmX13.50mm |
| Pureté | Tranparente | Transparente |
| Eclat | Vitreux | Vitreux |
| Dispersion | Forte | Forte |
| Pléochroïsme | Faible | Faible |
| Caractère optique | Biaxe positif | Biaxe positif |
| Polariscope | Anisotrope. Rétablit tous les 90° | Anisotrope. Rétablit tous les 90° |
| Poids | 3.756 carats | 3.247 carats |
| Densité | 3.18 | 3.16 |
| Dureté | 6.5 | 6.5 |
| IR | 1.662-1.678 | 1.664-1.682 |
| Biréfringence | +0.016 | +0.018 |
| Fluorescence | | |
| UVC (254nm) | Jaune-vert plus clair | Magenta à orange plus clair |
| UVL (365nm) | Jaune-vert | Magenta à orange |
| Réaction Filtre Chelsea | Néant | néant |
| Spectre d'absorption | * | néant |

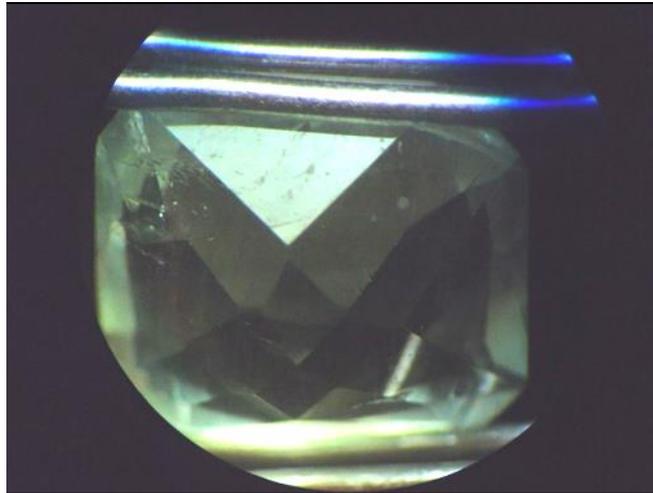
b) Spectre d'absorption de l'échantillon Spod_25 sur spectroscopie à main



Le spectre montre une bande du violet absorbé vers 437.5 nm, cet échantillon est coloré par de Manganèse instable sous forme Mn^{4+} en coordination octaédrique associé à un Transfert de charge du Fer sous forme $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$; également Fer sous forme Fe^{3+} en coordination octaédrique.

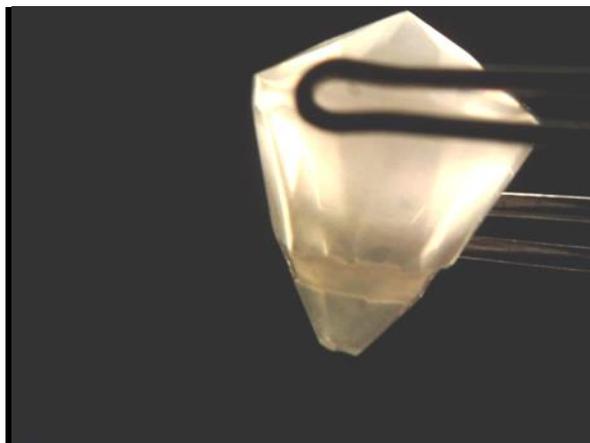
c) Etude microscopique des inclusions observées dans les échantillons de spodumènes analysés, qui sont spécifiques de la zone étudiée

Spod_25



Hidénite présentant d'inclusion de type : 'liquide', de nature: 'libelles', à aspect: 'givres étirées'. Transmis et incident 40X

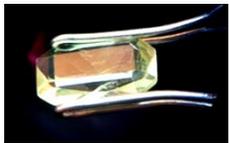
Spod_30



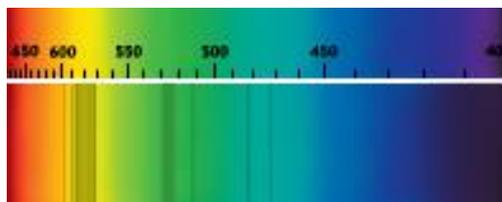
Kunzite présentant d'inclusion de type : 'liquide', de nature: 'libelles', à aspect: 'nuages'.
Transmis et incident 25X

8.1.6 Apatite

a) Fiche d'analyses gemmologiques de l'échantillon d'apatite étudiée

| | |
|--|--|
| | Apat_5 |
| Echantillon |  |
| Nom | Apatite |
| Groupe, famille | Apatite |
| Couleur | Jaune clair |
| Système cristallin | Hexagonal |
| Forme brute | Baroque |
| Forme taillée | Rectangle |
| Dimension approx | 11.40mmX7.30mmX5.10mm |
| Pureté | Transparente |
| Eclat | Vitreux |
| Dispersion | Faible |
| Pléochroïsme | Faible |
| Caractère optique | Uniaxe négatif |
| Polariscope | Anisotrope. Rétablit tous les 90° |
| Poids | 3.525carats |
| Densité | 3.22 |
| Dureté | 5 |
| IR | 1.628-1.631 |
| Biréfringence | -0.003 |
| Fluorescence UVC (254nm) UVL (365nm) | néant |
| Réaction Filtre Chelsea | Néant |
| Spectre d'absorption | * |

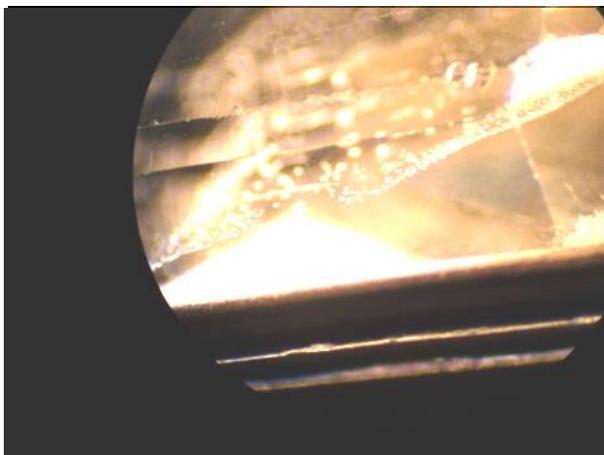
b) Spectre d'absorption de l'échantillon Apat_5 sur spectroscopie à main



Au spectroscope : observation de groupes de lignes fines vers 580 et 520 nm, cet échantillon est coloré par un complexe de Didymium (terres rares).

- c) Etude microscopique des inclusions observées dans l'échantillon d'apatite analysée, qui est spécifique de la zone étudiée

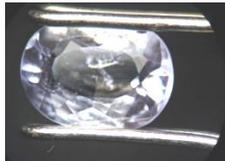
Apat_5



Apatite présentant d'inclusion de type : 'liquide', de nature : 'libelles', à aspect: 'empreintes digitales'. Transmis 40X

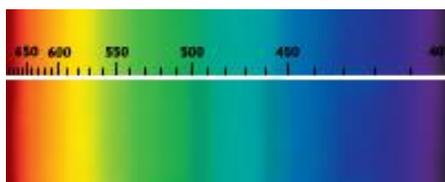
8.1.7 Iolite

- a) Fiche d'analyses gemmologiques de l'échantillon d'iolite étudiée

| | |
|---------------------------|--|
| | iol_18 |
| Echantillon |  |
| Nom | Iolite |
| Groupe, famille | Cordiérite-Dichroïte |
| Couleur | Violet bleuté |
| Système cristallin | Orthorhombique |
| Forme brute | Baroque |
| Forme taillée | Ovale |
| Dimension approx | 9.35mmX6.90mmX4.50mm |
| Pureté | Transparente |
| Eclat | Vitreux |
| Dispersion | Moyen |
| Pléochroïsme | Fort |
| Caractère optique | Biaxe positif |
| Polariscope | Anisotrope. Rétablit tous les 90° |

| | |
|---|-------------|
| Poids | 1.745carats |
| Densité | 2.59 |
| Dureté | 7 |
| IR | 1.530-1.540 |
| Biréfringence | +0.010 |
| Fluorescence UVC (254nm) UVL (365nm) | néant |
| Réaction Filtre Chelsea | Néant |
| Spectre d'absorption | * |

b) Spectre d'absorption de l'échantillon iol_18 sur spectroscopie à main



Ce spectre montre 2 bandes floues visibles vers 456 et 492 nm dans l'axe du violet, ce spectre est principalement, causé par la présence du fer ferreux.

c) Etude microscopique des inclusions observées dans l'échantillon d'iolite analysée, qui est spécifique de la zone étudiée

iol_18



Iolite présentant d'inclusion de type : 'solide', de nature: 'indéterminée', à aspect: 'halos blanchâtres et fêlures' ; d'inclusion de type: 'liquide', de nature: 'fines fibres parallèles blanchâtres', à aspect: 'canaux' ; d'inclusion de type: 'solide', de nature: 'probablement hématites', à aspect: 'petites plaquettes' Transmis 35X

8.2. Discussions et Comparaison de l'étude gemmologique des tourmalines et des minéraux associés de la Vallée de la Sahatany aux tourmalines et minéraux associés du Brésil

D'après les résultats de l'étude gemmologique et des inclusions des gemmes étudiées, nous pouvons déduire que:

- 1) Les tourmalines de la Vallée de la Sahatany, en particulier celles collectées sur les sites sélectionnés sont toutes de la série de l'elbaïte, où la rayure est blanche, l'éclat vitreux à résineux. Les cristaux sont transparents, translucides ou opaques, ou présentent une transparence variable selon l'axe de croissance. L'elbaïte est rose ou verte, parfois incolore, rouge, orange, jaune, bleue, violette, laiteuse ou noire, et surtout multicolore ou polychrome, qui peut être simple ou se répéter plusieurs fois : alternance noir - vert - noir - vert ou bleu gemme ; un coeur rose et un cortex vert produisant de tourmaline « melon d'eau ». Comparativement, les elbaïtes du Paraïba (Brésil) présentent les mêmes couleurs, bleu métallique, violet améthyste, mauve, citron. La couleur est homogène dans tout le cristal ou peut varier le long de son axe principal. Des tourmalines multicolores exhibent un ou plusieurs zonages réguliers de couleurs ou une dissémination irrégulière en taches de divers tons. Le zonage régulier peut être perpendiculaire à c, ou parallèle à c. Le long de l'axe c, le bleu ou le vert passent graduellement au rose ou au bleu foncé, ou une terminaison rose est séparée par une zone claire d'un prisme vert, par exemple.
- 2) Les tourmalines issues des deux gisements, de la Vallée de la Sahatany et de Paraïba, présentent généralement la même fracture reconnue comme conchoïdale à irrégulière, tous les spécimens étant cassants. Les fractures prédominantes sont grossièrement parallèles, irrégulières, plus ou moins perpendiculaires à l'axe c, mais différent selon les séries de la tourmaline.
- 3) Pour les deux cas de figure, suivant la couleur, la densité varie de 3,03 à 3,10 pour l'elbaïte. D'une façon générale, pour les cristaux roses à rougeâtres, 3,01 à 3,06, pour les vert et jaune pâle, 3,05, pour les vert foncé, 3,08 à 3,11 et pour les bleus, 3,05 à 3,11. La tourmaline est uniaxe négative. Les indices de réfraction de l'elbaïte sont n_p 1,603 à 1,634 et $n_g := 1,619$ à 1,655, soit une biréfringence de 0,013 à 0,024. La dispersion est de 0,017. Le dichroïsme est particulièrement marqué dans les cristaux verts.
- 4) Pour la tourmaline verte analysée, issue d'un des sites étudiés ; le spectre montre une large bande d'absorption de 400 à 420 nm une autre vers 670nm, due à sa coloration par le fer et le titane ; par ailleurs, dans les cristaux de tourmaline vert du Brésil, la zone rouge du

spectre est presque entièrement absorbée vers 640 nm et les zones jaunes et vertes sont librement transmises, sauf pour une faible bande d'absorption près de 560 nm. Il y a une forte et étroite bande d'absorption centrée à 497 - 498 nm (due au fer ferreux) qui est accompagnée par une bande plus faible à 468 nm.

Dans la tourmaline rose à rouge, dans notre cas c'est une tourmaline polychrome à dominante rouge (rouge, rose, jaune, vert) montre une ligne d'absorption vers 448nm, petites lignes entre 457 et 538nm avec une bande d'absorption centrée dans le vert entre 490 et 538nm dues au manganèse, pour celles du Brésil, il y a une légère similitude car, elles montrent une large bande d'absorption dans la région du vert, centrée sur 525 nm, accompagnée par une bande étroite à 537 nm et deux lignes à 458 et 450 nm dues au manganèse (Webster, 1970).

- 5) En ce qui concerne les inclusions, des résidus fluides syngénétiques secondaires se localisent dans les fissures et dans les fractures en aile de papillon, ont été observés dans la tourmaline polychrome rouge rosé, où ils forment des réseaux capillaires rappelant des fibres, baptisés « trichites » et sont extrêmement caractéristiques de toutes les tourmalines et particulièrement de la rubellite. À fort grossissement, ces trichites se révèlent comme étant des inclusions biphasiques, formées d'une phase aqueuse pourvue d'une bulle de vapeur. Au Minas Gerais (Brésil), il est commun d'observer, dans les tourmalines bicolores, une zone de transition floue, entre la partie verte paraissant fibreuse en raison de la présence de nombreux canaux, et la partie rose renfermant des trichites inégalement distribués. Des inclusions triphasiques s'observent dans quelques fractures cicatrisées aux formes compliquées, comme des libelles ou des givres, c'est le cas dans les deux tourmalines vertes et jaunes étudiées ; qui pourraient être rencontrées aussi dans des tourmalines verte et jaune du Brésil.



Tourmalines brutes du Brésil. (Photo by mineralatlas.com)

- 6) Quant aux minéraux accessoires, les caractéristiques gemmologiques des divers spécimens étudiés comparées aux mêmes spécimens venant du Brésil, sont similaires. Cette nette similitude est due à la proximité des types de gisements rencontrés tant à Madagascar qu'au Brésil. Sur le marché international, le Brésil est très connu pour ses géodes géantes

d'améthyste qui peuvent atteindre plus de 1m de hauteur et de 70 cm de large, et qui pèsent aux environs de 200 kg ; sur les gisements de pegmatites de la Vallée de la Sahatany, nous n'avons pas encore rencontrés de telles géodes mais plutôt de plus petites tailles. Pour les grenats, Madagascar est réputé pour ses grenats spessartites, qui sont de couleur orange vive, très recherchée par les collectionneurs ; le Brésil est beaucoup plus connu pour ses grenats rhodolites, où les pierres brutes sont de grosses pièces d'au minimum 12 gr.

8.3. Comparaison entre Madagascar et les deux grands producteurs de tourmalines en Afrique

Les pays historiquement producteurs de fantastiques tourmalines sont le Brésil et Madagascar, et aujourd'hui le Nigéria et le Mozambique produisent des tourmalines de belle qualité. Cette carte du monde permet de visualiser les gisements significatifs et en production de tourmalines (Réalisation A. Reys).



Figure 25 : Les gisements de tourmaline dans le monde (Shigley, J.&alli 2010)

D'après cette carte, il est intéressant de parler des deux pays africains, grands producteurs de tourmaline et leur place sur le marché mondial.