

## Livre 4 – Les Grenats en Joaillerie

### 1. GENERALITES

#### 1.1 Introduction

En pensant aux pierres gemmes de grenat, la plupart des gens pensent immédiatement au grenat rouge. De grands gisements de grenat rouge ont été découverts en Bohême (Europe centrale) vers le XVI<sup>e</sup> siècle, qui est devenu l'objet de l'industrie de la joaillerie dans la région, industrie qui se perpétue de nos jours.

Mais, le groupe des grenats est bien plus riches en variétés, et se limiter aux pierres de couleur rouge, revient à négliger les plus belles gemmes de grenats que la nature peut nous offrir. Parmi toutes les variétés de grenats ressencées ou non, six variétés principales sont utilisés comme gemmes : pyrope, almandin, spessartite, grossulaire (incolor, hessonite), andradite (topazolite et surtout démantoïde) et uvarovite.



Figure 40 : Présentation des grenats de joaillerie et de leurs couleurs (GEMDAT)

On notera l'absence du bleu

## 1.2 Histoire

Les grenats sont utilisés en joaillerie depuis plusieurs milliers d'années. En ces temps anciens, ils étaient connus comme escarboucle ou comme gemme rouge. Il y en avait dans le plastron du jugement d'Aaron, décrit dans la bible (Exodus: xxviii, 15-30). Le Coran prétend que le 4<sup>ème</sup> ciel est composé d'escarboucles. Dans l'astrologie védique, qui est de 1000 ans antérieure à l'astrologie occidentale, et toujours pratiquée par des millions d'adeptes, le grenat hessonite de couleur brun orangé à rouge est le talisman qui protège des influences démoniaque du corps céleste nommé Rahu.

Le grenat est également considéré comme pierre sacrée par nombre de tribus indiennes d'Amérique du nord, du centre et du sud.

En 1892, les Hunzas ont utilisé des projectiles faits de grenats contre les troupes britanniques au Kashmir, pensant que leur action meurtrière était supérieure aux balles de plomb.

Historiquement, les grenats sont censés protéger des blessures et du poison, arrêter les saignements et, symboliser la vérité et la fidélité, et apporter prospérité.

En tant que gemme, les grenats sont aujourd'hui plus populaires que jamais. D'ailleurs de nouvelles variétés ne trouvent un essor que depuis ces dernières années.

Certaines formes de grenats almandins renferment des inclusions minérales d'asbeste, typiquement de pyroxène ou d'amphibole, qui leur donne un effet chatoyant sous la forme d'une étoile à six branches (plus rarement quatre branches) dans la gemme taillée en cabochon.



**Figure 41 : Principaux pays extracteurs de grenats**

## 1.3 Propriétés métaphysiques

Le grenat est la pierre de naissance du mois de janvier (capricorne)

Il est la pierre des 18 ans de mariage.

Il est en accord avec les signes astrologiques du lion, de la vierge, du capricorne et du verseau.

Le grenat est dit accroître la créativité et l'intelligence et il aide au succès dans les affaires.

Il serait aussi capable d'apporter de l'énergie bénéfique et de renforcer l'estime personnelle et la popularité à ceux qui en porte.

De surcroît, on attribue d'autres bénéfices aux différentes variétés de grenat :

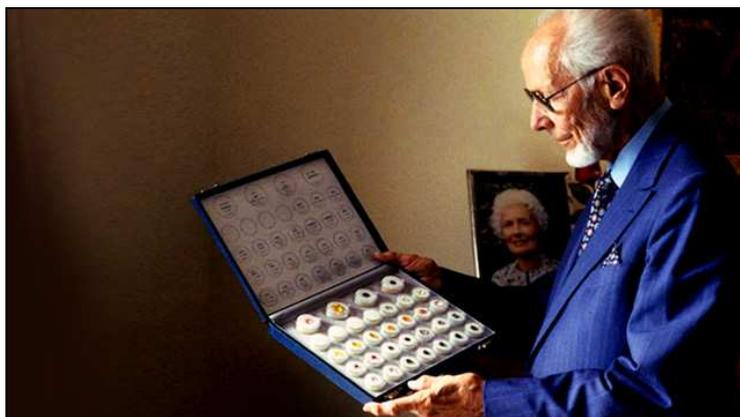
- L'almandin est utile pour renforcer le cœur, inspirer l'amour et aide à percevoir la vérité.
- L'andradite donne vitalité, aide à prévenir les craintes, l'insécurité et le sentiment de solitude.
- Le pyrope améliore l'intelligence et la sagesse.
- La rhodolite facilite la méditation, améliore l'intuition et inspire à l'amour.
- La tsavorite facilite la méditation, améliore la sensibilité spirituelle et les aptitudes télépathiques.

## **2. PROJET DES GRENATS GEMMES DU GIA**

<https://www.gia.edu/gia-gem-project-garnet>

### **2.1 Collection de gemmes du Dr. Edward J. Gübelin**

Le Dr Edward Gübelin a étudié les pierres précieuses et leurs inclusions sur une carrière professionnelle de plus de soixante ans. Son travail a révolutionné la science de la gemmologie. Bien que son laboratoire d'origine soit localisé à Lucerne, en Suisse, il s'est déplacé sur les cinq continents pour collecter des échantillons qu'il a ensuite méticuleusement répertoriés. Après sa mort en mars 2005, sa collection complète a été acquise par le GIA. La collection se compose d'environ 2 800 gemmes représentant 225 types de minéraux, qui font maintenant parties de la collection Gia GEM, et est utilisée pour la recherche, l'éducation et des expositions.



**Figure 42 : Edward J. Gübelin et une partie de sa collection**

### **2.2 La collection de gemmes du Dr. Edward J. Gübelin**

Depuis sa création, le GIA a acquis des échantillons de pierres précieuses pour soutenir ses missions éducatives et de recherche. La plupart de ces pierres étaient utiles à des fins d'identification, mais manquaient d'informations détaillées sur la localité, et certains n'étaient pas particulièrement attractifs.

Pour améliorer la qualité de ces références, le GIA a acquis en 2005 la collection d'Edward J. Gübelin. De nombreuses pierres précieuses sont des exemples extraordinaires en termes de couleur, de poids et de phénomènes, améliorant ainsi significativement le potentiel éducatif et de présentation de la collection de gemmes du GIA.



**Figure 43 : La collection de grenats de Edward J. Gübelin acquise en 2005 par le GIA  
Photo by Robert Weldon/GIA**

Depuis 2007, le GIA a entrepris un projet de caractérisation des pierres précieuses de la collection Edward J. Gübelin. Ce projet a deux objectifs principaux:

- la systématisation documentée de ces pierres précieuses en utilisant une gamme de techniques,
- la diffusion des résultats et analyses, disponibles sur le site du GIA comme une ressource précieuse pour les étudiants, gemmologues, chercheurs, et toute personne intéressée par les minéraux gemmes

Des procédures de collecte de données normalisées ont ainsi été créées, avec pour chaque pierre précieuse, la caractérisation de la gemme par une large gamme de techniques diverses. Cette base de données doit permettre aux chercheurs intéressés de voir, par exemple, les variations possibles des propriétés gemmologie d'une localité à l'autre au sein d'une espèce donnée.

La base de données du projet fournira les informations suivantes sur les pierres précieuses individuelles:

1. une photographie de la pierre précieuse.
2. le numéro de collection de gemmes du GIA
3. l'espèce de gemme, et le cas échéant, un groupe et un nom de variété.
4. des renseignements sur la localité géographique, signalés par pays, province ou État (district ou comté) et ville (nom de la mine), tel qu'il est décrit dans les dossiers de collecte obtenus par le Dr Gübelin.
5. les informations de base sur la pierre gemme, telles que la forme facettée (rapporté comme noms de forme normalisés); poids de carat à deux décimales (1 CT = 0,2 g); Dimensions en millimètres à trois décimales; diaphanéité (transparent, translucide ou opaque); et une description de la couleur selon la terminologie de Gia pour les pierres gemmes colorées.
6. des croquis montrant la forme et l'arrangement de facettes de la pierre précieuse avec des vues supérieures, latérales et inférieures. Ces schémas ont été créés à partir de données de mesure de la proportion obtenues par le système de diavis du sarin. Ils n'ont pas été fabriqués pour des pierres précieuses façonnées comme des cabochons ou d'autres formes non-facettes.
7. un résumé des propriétés gemmologie standards, y compris le caractère optique (uniaxial positif ou négatif), la (les) valeur (s) d'indice de réfraction (les valeurs maximales et minimales de RI obtenues à l'aide d'un réfractomètre sur chacune des facettes de la pierre gemme), la valeur calculée de biréfringence, la valeur calculée de la masse spécifique, les descriptions des éventuels pleochroïsme, lustre, réactions de fluorescence ultraviolette (et phosphorescence) sous ondes longues et ondes courtes, spectres d'absorption et phénomène optique (changement de couleur ou asterisme). Un diagramme est fourni qui illustre l'emplacement approximatif (s) de l'axe optique (axes) lorsque la ou les directions peuvent être déterminées à l'aide d'un microscope et d'une sphère en verre (qui agit comme une lentille de condensation) positionnée au-dessus de la pierre précieuse. Dans cette configuration, et en utilisant des filtres polarisants croisés, la pierre gemme est tournée jusqu'à ce qu'une figure d'interférence axe optique centrée soit vue avec la sphère. Dans certains cas, nous n'avons pas pu localiser visuellement l'axe optique d'une pierre précieuse à l'aide de cette méthode.
8. une brève description générale des caractéristiques internes ou externes que l'on peut voir avec un grossissement standard (10 x à ~ 100). Beaucoup de dispositifs internes ont été photographiés au microscope, et ces photomicrographies sont fournies avec des légendes. Les photomicrographies n'ont pas été prises pour des pierres précieuses manquant de caractéristiques internes importantes.
9. dans la plupart des cas, plusieurs spectres sont présentés pour une pierre précieuse, y compris les spectres infrarouge, visible, Raman et photoluminescence. Un spectre de fluorescence de rayon X est également fourni avec les éléments principaux et mineurs détectés.

### 2.3 La collection de grenats gemmes du Dr. Edward J. Gübelin

Souvent considéré comme une pierre gemme rouge profond, le grenat peut également être jaune, orange, vert ou brun - n'importe quelle couleur excepté le bleu. Il existe six minéraux grenat communs – almandin, andradite, grossulaire, pyrope, spessartine et uvarovite – et plusieurs espèces rares. Les variétés gemmes comprennent des dématoïdes et tsavorites verts, des hessonites oranges et des rhodolites roses. Outre la brillance et les couleurs attrayantes, les grenats montrent parfois des phénomènes optiques tels que l'asterisme (un modèle en forme d'étoile de réflexions), chatoyance (un «oeil de chat» vu dans la lumière réfléchi), ou un changement de couleur lorsqu'il est vu sous différents types d'éclairage.

<b>33197</b> <b>Almandin - Spessartine</b> République tchèque		Forme : oval Poids : ct 18,34 Dimensions : mm 18,69 x 14,15 x 7,28 Aspect : transparent Couleur : très sombre, force modérée, rouge orangé
<b>33222</b> <b>Almandin - Spessartine</b> Inde		Forme : emeraude Poids : ct 12,86 Dimensions : mm 15,56 x 10,40 x 6,90 Aspect : transparent Couleur : très sombre, force modérée, orange
<b>33308</b> <b>Andradite</b> Corée		Forme : oval Poids : ct 2,10 Dimensions : mm 8,38 x 7,17 x 4,78 Aspect : transparent Couleur : sombre, brun clair, jaune
<b>33282</b> <b>Andradite</b> Afriquedu sud		Forme : cabochon Poids : ct 16,02 Dimensions : mm 19,72 x 13,60 x 6,25 Aspect : opaque Couleur : iridescent
<b>35637</b> <b>Andradite (Demantoïde)</b> Iran		Forme : rond Poids : ct 1,67 Dimensions : mm 7,16 x 7,31 x 4,45 Aspect : transparent Couleur : moyen, intense, clairvert jaunâtre
<b>33307</b> <b>Andradite (Demantoïde)</b> Italie		Forme : emeraude Poids : ct 4,12 Dimensions : mm 9,86 x 7,49 x 5,54 Aspect : transparent Couleur : moyen sombre, clairement grisâtre,vert

<p><b>33303</b> <b>Andradite</b> (Demantoïde)</p>		<p>Forme : coussin Poids : ct 4,24 Dimensions : mm 10,63 x 7,06 x 6,05 Aspect : transparent Couleur : moyen sombre, intense, vert vif jaunâtre</p>
<p><b>33301</b> <b>Andradite</b> (Demantoïde)</p>		<p>Forme : coussin Poids : ct 4,31 Dimensions : mm 9,76 x 8,80 x 5,91 Aspect : transparent Couleur : clair, modérément intense, vert vif</p>
<p><b>33300</b> <b>Andradite</b> (Demantoïde)</p>		<p>Forme : oval Poids : ct 5,22 Dimensions : mm 11,48 x 9,28 x 5,46 Aspect : transparent Couleur : moyen, intense, vert vif jaunâtre</p>
<p><b>33223</b> <b>Grossulaire</b> Mali</p>		<p>Forme : poire Poids : ct 3,59 Dimensions : mm 9,25 x 9,72 x 6,31 Aspect : transparent Couleur : moyennement clair, vif, jaune grisâtre</p>
<p><b>33265</b> <b>Grossulaire</b> Tanzanie</p>		<p>Forme : coussin Poids : ct 6,57 Dimensions : mm 11,23 x 10,01 x 7,26 Aspect : transparent Couleur : moyennement clair, modérément intense,</p>
<p><b>33242</b> <b>Grossulaire</b> Tanzanie</p>		<p>Forme : coussin Poids : ct 11,04 Dimensions : mm 13,49 x 13,34 x 7,51 Aspect : transparent Couleur : clair, intense, vert jaunâtre</p>
<p><b>34991</b> <b>Grossulaire</b> Tanzanie</p>		<p>Forme : coussin Poids : ct 14,54 Dimensions : mm 14,56 x 13,67 x 8,33 Aspect : transparent Couleur : clair, modérément intense, vert jaunâtre</p>
<p><b>33239</b> <b>Grossulaire</b> Tanzanie</p>		<p>Forme : oval Poids : ct 16,95 Dimensions : mm 18,16 x 13,92 x 8,60 Aspect : transparent Couleur : moyennement clair, intense, jaune</p>

<p><b>33298</b>  <b>Grossulaire</b>  <b>(Hessonite)</b>  Sri Lanka</p>		<p>Forme : oval  Poids : ct 10,99  Dimensions : mm 14,72 x 11,49 x 7,26  Aspect : transparent  Couleur : clair, modérément intense, orange</p>
<p><b>33299</b>  <b>Grossulaire</b>  <b>(Hessonite)</b>  Sri Lanka</p>		<p>Forme : oval  Poids : ct 12,36  Dimensions : mm 14,47 x 13,17 x 8,60  Aspect : transparent  Couleur : moyennement clair, modérément intense, jaune orangé</p>
<p><b>33293</b>  <b>Grossulaire</b>  <b>(Hessonite)</b>  Sri Lanka</p>		<p>Forme : coussin  Poids : ct 14,18  Dimensions : mm 16,35 x 11,72 x 8,60  Aspect : transparent  Couleur : modérément sombre, modérément intense, rouge orangé</p>
<p><b>33292</b>  <b>Grossulaire</b>  <b>(Hessonite)</b>  Sri Lanka</p>		<p>Forme : coussin  Poids : ct 16,99  Dimensions : mm 16,75 x 12,81 x 9,51  Aspect : transparent  Couleur : modérément sombre, modérément intense, rouge orangé</p>
<p><b>33281</b>  <b>Grossulaire</b>  <b>(Hessonite)</b>  Sri Lanka</p>		<p>Forme : coussin  Poids : ct 23,86  Dimensions : mm 16,89 x 16,45 x 10,53  Aspect : transparent  Couleur ; moyen, intense, rouge orange</p>
<p><b>34842</b>  <b>Grossulaire</b>  <b>(Hessonite)</b>  Sri Lanka</p>		<p>Forme : oval  Poids : ct 25,65  Dimensions : mm 18,01 x 15,89 x 11,97  Aspect : transparent  Couleur : clair, modérément intense, rouge orange</p>
<p><b>35007</b>  <b>Grossulaire</b>  <b>(Hessonite)</b>  Tanzanie</p>		<p>Forme : coussin  Poids : ct 6,96  Dimensions : mm 11,56 x 10,55 x 6,98  Aspect : transparent  Couleur : moyennement sombre, intense, rouge</p>

<p><b>34358</b>  <b>Grossulaire (Tsavorite)</b>  Kenya</p>		<p>Forme : coussin  Poids : ct 1,75  Dimensions : mm 7,36 x 6,17 x 4,88  Aspect : transparent  Couleur : moyennement clair, vif, vert</p>
<p><b>35569</b>  <b>Grossulaire (Tsavorite)</b>  Tanzanie</p>		<p>Forme : rond  Poids : ct 3,65  Dimensions : mm 8,70 x 8,79 x 6,35  Aspect : transparent  Couleur : moyennement clair, intense, vert jaunâtre</p>
<p><b>33229</b>  <b>Pyrope</b>  Tanzanie</p>		<p>Forme : oval  Poids : ct 3,87  Dimensions : mm 9,59 x 8,63 x 6,22  Aspect : transparent  Couleur : clair, clairement brunâtre, clairement</p>
<p><b>33278</b>  <b>Pyrope</b>  Tanzanie</p>		<p>Forme : poire  Poids : ct 9,22  Dimensions : mm 12,99 x 12,41 x 8,19  Aspect : transparent  Couleur : clair, modérément intense, clairement</p>
<p><b>33313</b>  <b>Pyrope</b>  Tanzanie</p>		<p>Forme : coussin  Poids : ct 11,45  Dimensions : mm 14,51 x 11,74 x 7,35  Aspect : transparent  Couleur : sombre, clairement brunâtre, rouge</p>
<p><b>34395</b>  <b>Pyrope - Almandin</b>  Madagascar</p>		<p>Forme : oval  Poids : ct 12,22  Dimensions : mm 16,08 x 13,09 x 7,12  Aspect : transparent  Couleur : sombre, clairement brunâtre, rouge</p>
<p><b>34542</b>  <b>Pyrope - Almandin</b>  Myanmar</p>		<p>Forme : coussin  Poids : ct 10,24  Dimensions : mm 12,90 x 11,42 x 7,39  Aspect : transparent  Couleur : tres sombre, intense, rouge orangé</p>
<p><b>34841</b>  <b>Pyrope - Almandin</b>  Sri Lanka</p>		<p>Forme : oval  Poids : ct 8,14  Dimensions : mm 12,61 x 9,69 x 7,46  Aspect : transparent  Couleur : moyen, clairement brunâtre, clairement rouge pourpre</p>

<p><b>34769</b>  <b>Pyrope - Almandin</b>  Sri Lanka</p>		<p>Forme : oval  Poids : ct 19,12  Dimensions : mm 17,29 x 15,18 x 9,02  Aspect : transparent  Couleur : sombre, intense, rouge pourpre</p>
<p><b>34759</b>  <b>Pyrope - Almandin</b>  Sri Lanka</p>		<p>Forme : oval  Poids : ct 30,60  Dimensions : mm 22,52 x 18,03 x 9,19  Aspect : transparent  Couleur : tres sombre, modérément intense, rouge</p>
<p><b>33201</b>  <b>Pyrope - Almandin</b>  Tanzanie</p>		<p>Forme : coussin  Poids : ct 11,42  Dimensions : mm 12,45 x 10,99 x 9,29  Aspect : transparent  Couleur : moyen, modérément intense, rouge</p>
<p><b>35213</b>  <b>Pyrope - Almandin</b>  Etats Unis</p>		<p>Forme : oval  Poids : ct 14,55  Dimensions : mm 15,22 x 12,95 x 9,25  Aspect : transparent  Couleur : sombre, modérément intense, rouge</p>
<p><b>33459</b>  <b>Pyrope - Almandin</b>  <b>(Rhodolite)</b>  Tanzanie</p>		<p>Forme : oval  Poids : ct 1,92  Dimensions : mm 7,83 x 7,07 x 4,39  Aspect : transparent  Couleur : moyennement clair, modérément intense, intensément rouge pourpre</p>
<p><b>33461</b>  <b>Pyrope - Almandin</b>  <b>(Rhodolite)</b>  Tanzanie</p>		<p>Forme : coussin  Poids : ct 2,54  Dimensions : mm 9,21 x 6,94 x 4,46  Aspect : transparent  Couleur : moyennement sombre, modérément intense, rouge orange</p>
<p><b>33206</b>  <b>Pyrope - Almandin</b>  <b>(Rhodolite)</b>  Tanzanie</p>		<p>Forme : oval  Poids : ct 4,43  Dimensions : mm 12,89 x 8,54 x 4,90  Aspect : transparent  Couleur : moyennement clair, tres clairement grisâtre, intensément rouge pourpre</p>

<p><b>33199</b>  <b>Pyrope - Almandin</b>  <b>(Rhodolite)</b>  Sri Lanka</p>		<p>Forme : oval  Poids : ct 16,88  Dimensions : mm 16,52 x 13,93 x 9,60  Aspect : transparent  Couleur : sombre, intense, rouge pourpre</p>
<p><b>35021</b>  <b>Pyrope - Almandin</b>  <b>(Rhodolite)</b>  Tanzanie</p>		<p>Forme : oval  Poids : ct 14,38  Dimensions : mm 15,27 x 12,60 x 9,42  Aspect : transparent  Couleur : tres sombre, modérément intense, Intensément rouge pourpre</p>
<p><b>33198</b>  <b>Pyrope - Almandin</b>  <b>(Rhodolite)</b>  Tanzanie</p>		<p>Forme : coussin  Poids : ct 18,53  Dimensions : mm 16,25 x 13,71 x 9,22  Aspect : transparent  Couleur : sombre, intense, intensément rouge</p>
<p><b>34387</b>  <b>Pyrope - Spessartine</b>  Madagascar</p>		<p>Forme : rond  Poids : ct 44,28  Dimensions : mm 20,40 x 20,71 x 13,93  Aspect : transparent  Couleur : moyen, intense, clairement rouge pourpre</p>
<p><b>35068</b>  <b>Pyrope - Spessartine</b>  Tanzanie</p>		<p>Forme : coussin  Poids : ct 13,80  Dimensions : mm 14,19 x 12,67 x 8,60  Aspect : transparent  Couleur : moyen, tres clairement brunâtre, orange</p>
<p><b>34338</b>  <b>Spessartine</b>  Kenya</p>		<p>Forme : rond  Poids : ct 14,57  Dimensions : mm 13,20 x 13,51 x 10,47  Aspect : transparent  Couleur : tres sombre, modérément intense, rouge orange</p>
<p><b>34719</b>  <b>Spessartine</b>  Namibie</p>		<p>Forme : rond  Poids : ct 7,42  Dimensions : mm 11,36 x 11,56 x 7,06  Aspect : transparent  Couleur : moyennement clair, vif, orange jaunâtre</p>

<p><b>33251</b> <b>Spessartine</b> Nigeria</p>		<p>Forme : poire Poids : ct 11,29 Dimensions : mm 14,98 x 12,94 x 7,78 Aspect : transparent Couleur : moyennement clair, vif, orange jaunâtre</p>
<p><b>33249</b> <b>Spessartine</b> Sri Lanka</p>		<p>Forme : oval Poids : ct 5,13 Dimensions : mm 11,05 x 8,71 x 6,20 Aspect : transparent Couleur : moyennement sombre, intense, orange</p>
<p><b>34844</b> <b>Spessartine</b> Sri Lanka</p>		<p>Forme : coussin Poids : ct 9,81 Dimensions : mm 11,39 x 11,04 x 8,05 Aspect : transparent Couleur : moyennement sombre, modérément intense, orange</p>
<p><b>34899</b> <b>Spessartine</b> Sri Lanka</p>		<p>Forme : coussin Poids : ct 13,07 Dimensions : mm 14,12 x 10,94 x 7,78 Aspect : transparent Couleur : moyen, vif, orange</p>
<p><b>35227</b> <b>Spessartine</b> Etats Unis</p>		<p>Forme : rond Poids : ct 7,94 Dimensions : mm 10,55 x 10,64 x 8,40 Aspect : transparent Couleur : moyen, intense, orange rougeâtre</p>

### 3. GRENATS DE PERPIGNAN

#### 3.1 Une culture ancestrale

Dans le Roussillon, l'utilisation de grenats en joaillerie se perpétue depuis le XVIII<sup>e</sup> siècle. D'après la littérature, on apprend qu'à l'époque les pierres étaient extraites des reliefs pyrénéens (Estagel, Caladroi, Costabonne, Espira de l'Agly, Latour-de-France et plus vraisemblablement des alluvions de l'Agly et de ses affluents). D'ailleurs, une association d'artisans bijoutiers de la région, "Le grenat de Perpignan", revendique l'origine catalane de ces pierres, les premières à avoir été taillées très probablement dans le département (voir encadré). Comme on le voit, le Costabonne n'a pas été forcément le seul site à grenats et d'autres, plus à proximité de Perpignan, ont sûrement été plus productifs en matière de pierres gemmes dignes d'être travaillées (et connus plus tôt). Malheureusement, ces gisements ont été bien vite épuisés en pierres de bonne qualité pour la joaillerie. Difficile de dire d'où précisément et combien il en a été extrait dans la mesure où les archives, contrairement à l'or, ne conservent pas en mémoire ce genre d'informations.

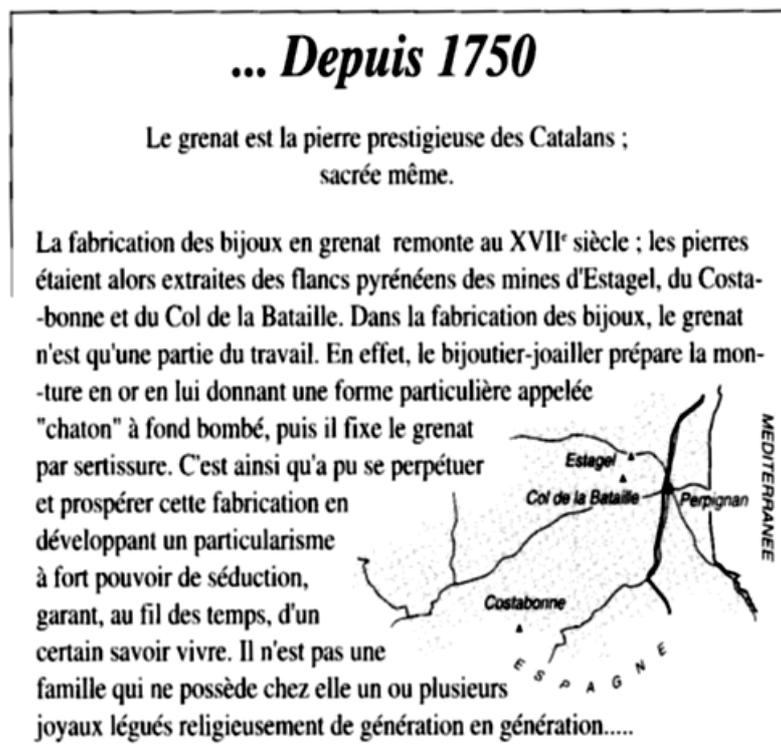


Figure 44 : Présentation de la plaquette « Le grenat de Perpignan » réalisée par les artisans bijoutiers-joailliers de Perpignan

Ce que l'on retrouve par contre est la trace d'une importante activité dans le domaine de la taille des pierres à Perpignan. On apprend également l'existence d'une entreprise spécialisée dans la taille de fausses pierres, pour palier peut être à la pénurie de grenats gemmes catalans (?) et avant de trouver la filière allemande.

Actuellement, les grenats proviennent très vraisemblablement du massif de bohême d'où elles transitent par Idar Oberstein (Allemagne) où elles sont taillées en forme "rose", c'est à dire sans culasse (la partie normalement bombée sous les pierres taillées). Les pierres sont ensuite montées en respectant une tradition bien ancrée en territoire catalan. Les grenats ont donc progressivement perdu leur origine d'extraction catalane pour ne garder, finalement, plus que la façon, catalane, d'être montés.

Néanmoins, il y a bien eu une vraie production catalane à une certaine époque et l'association "Le grenat de Perpignan" qui compte une douzaine de bijoutiers parmi ses membres tente de promouvoir et de pérenniser l'activité autour de l'utilisation du grenat en joaillerie.

De nos jours, cette tradition est maintenue sur la région de Perpignan, à travers deux institutions principalement :

### 3.2 La Manufacture du Grenat à Prades

Site internet : [manufacturedugrenat.com](http://manufacturedugrenat.com)

#### Visite Guidée

Entrez dans un Pole d'excellence Unique en France classé au Patrimoine Vivant. Découvrez un univers magique où sont regroupés et perpétués des savoir faire traditionnels.



#### Le Grenat

Symbole culturel en pays catalan, et pierre mythique, le grenat n'en finit pas de séduire. Ne lui prêtait-on pas en des temps anciens, bien des vertus ?



#### Notre Histoire

L'ouverture à Prades de la Manufacture du Grenat, fait de la petite cité conflentoise, la capitale d'un savoir-faire ancestral intimement lié à la tradition catalane.

#### 3.2.1. L'Institut du Grenat

L'officiel du bijou en Grenat de Perpignan et du costume roussillonnais

Site internet : [www.institutdugrenat.com](http://www.institutdugrenat.com)



En adhérant à l'Institut du Grenat, vous allez nous permettre de redonner à la bijouterie catalane une place à part entière dans l'identité culturelle, artistique et économique du Roussillon, département des Pyrénées-Orientales, vous aiderez ainsi à conserver un savoir-faire unique et permettrez d'œuvrer à sa transmission.

### 3.3 Au Grenat de Tautavel

Site internet : <https://www.legrenatdeperpignan.fr/carnet-d-adresses/au-grenat-de-tautavel/>

Découvrez toute une gamme de bijoux en argent et pierres précieuses, fantaisies et idées cadeaux. Une salle de projection avec mini musée est à votre disposition gratuitement, pouvant accueillir jusqu'à 12 personnes. Vous pourrez découvrir les gestes du bijoutier pendant la fabrication d'un bijou en grenat, de la fonte à l'étape finale (durée 20 minutes).

<http://www.worldgarnet.com/news/le-grenats-des-pyrenees-orientales/>

### 3.4 Les Grenats des Pyrénées-Orientales

Sur le site <http://www.worldgarnet.com>, j'ai pu trouver un article très intéressant à la fois sur l'historique des grenats de Perpignan, mais aussi sur la géologie de ces grenats. Je vous en fait donc part ci-dessous. Merci à Maurice Courtet.

Cet article présente sommairement les principaux sites de grenats, sites qui seront davantage précisés au cours de cet ouvrage.

#### Les Grenats des Pyrénées-Orientales !

*et quelques autres richesses minérales liées à l'histoire du département des Pyrénées-Orientales.*

#### Une rapide présentation...

Situé dans le département des Pyrénées-Orientales, à une vingtaine de kilomètres de la frontière espagnole et à deux pas de la méditerranée, Perpignan compte quelques 110.000 habitants. Autrefois dernière ville du nord-est de l'Espagne, elle fit partie de l'intégration du Roussillon à la France en 1659 lors de la signature du traité des Pyrénées qui devait mettre provisoirement un terme à de nombreuses années de conflit opposant les Habsbourg d'Espagne aux Bourbon. Du fait de sa localisation à l'extrême sud ou peut-être par manque de publicité sur la présence de minéraux « nobles », on a trop oublié que Perpignan et sa région ont livré des richesses minéralogiques intéressantes.

#### ...à un sujet plus coloré .

La preuve en est que l'argent, l'or et les grenats ont bien été exploités dans les Pyrénées-Orientales; ces minéraux constituent de fidèles alliés qui ont fait la réputation des argentiers (orfèvres) et des bijoutiers-joailliers de Perpignan. Aujourd'hui l'exploitation des deux métaux précieux et la fabrication des pièces d'orfèvrerie religieuse 1 ont cessé; il ne reste plus qu'une activité de bijouterie autour de la gemme bien qu'il ne fasse aucun doute que cette dernière soit issue de pays tels Madagascar, le Sri-Lanka ... Cependant, le grenat est resté au centre d'une tradition bien ancrée dans la bijouterie roussillonnaise. Ainsi le vingt-sept août 1965, lors du « *Voyage de Dali à Perpignan* », les bijoutiers Henri et Robert Ducommun offrirent une mouche en or ornée de grenats à Gala, épouse du célèbre peintre. La veille de l'événement, un journaliste, se laissant inspirer par le phrasé du maître, rapportait la préparation de la cérémonie dans les colonnes de l'Indépendant : « *Une jeune fille viendra offrir, sur un coussin aux couleurs catalanes, une bague que le divin Dali remettra immédiatement à Gala... au milieu d'une véritable petite fortune de grenats catalans, ces bijoutiers ont choisi les pierres les plus pures* ».

Au dix-neuvième siècle et jusqu'en 1920, la pierre écarlate connut un véritable engouement. A Perpignan elle faisait d'ailleurs l'objet d'une activité de bijouterie-joaillerie dynamique dont une partie de la production était même exportée vers l'Algérie et l'Espagne, la place de Barcelone était alors un client important des bijoutiers perpignanais. En 1920, une soixantaine d'ouvriers montaient encore le grenat; en 1919, 35 877 objets en or étaient présentés au Contrôle de la Garantie, et 39 300 en 1920.

Les années qui suivirent connurent, hélas, un net fléchissement des productions ; les hausses du prix des matières premières, de la main d'œuvre et des taxes appliquées aux objets de luxe conduisirent les fabricants à majorer de façon importante les prix de leurs productions. Les acheteurs devaient finalement se détourner progressivement de ce qu'ils considéraient auparavant, du fait de leur prix très raisonnable, comme des bijoux de fantaisie.

Il est probable que l'utilisation du grenat ait connu son essor à Perpignan dès le milieu du dix-huitième siècle, à la faveur de la découverte de gisements d'almandin aux environs d'Estagel. Il est en revanche plus difficile de dater précisément les premières apparitions du grenat sur les bijoux catalans, bien que quelques chefs-d'œuvre de la joaillerie locale attestent de leur ancienneté. Ainsi, parmi les exemples les plus significatifs, le médaillon reliquaire d'Elne fabriqué au quatorzième siècle et classé monument historique : expression d'un savoir-faire ancestral, il est composé d'une agate ciselée montée sur argent doré représentant le visage, de profil, d'un dignitaire de l'église et d'un entourage de 17 grenats (18 à l'origine, l'un d'eux s'est desserti) taillés en cabochons ronds, qui soulignent superbement les traits du personnage. La croix abbatiale de Saint-Michel-de-Cuxa, ornée de la pierre qui évoque la couleur du sang du Christ et dont la fabrication remonterait aux environs de 1600, contribue également à illustrer le rôle éminent tenu par les grenats dans l'art religieux et dans l'esthétique des pièces de joaillerie qui ont marqué l'histoire de la région.

### Des précisions sur l'origine des grenats catalans...

Il est peu fait état de l'exploitation des grenats dans les documents d'archives, celle-ci s'est exercée, semble-t-il, pour l'essentiel de façon aléatoire dans des petits gisements qui ont produit ponctuellement. Par ailleurs, ce type d'activité ne nécessitait pas de déclaration auprès de l'administration ; la loi sur les mines et les carrières du 21 avril 1810 précise : « *L'exploitation des carrières à ciel ouvert a lieu sans permission, sous la simple surveillance de la police* ». Ainsi, une carrière destinée à l'extraction de la dite pierre aurait été active aux alentours de 1750 à proximité de Caladroï, petit village du Fenouillèdes situé sur la commune de Bélesta. De même, un article paru dans « Terres catalanes » en 1998 cite les archives du B.R.G.M de Montpellier, dans lesquelles une ancienne exploitation de grenats alluvionnaires est signalée dans la rivière Agly, à proximité d'Estagel.

D'autres gisements auraient aussi été exploités de façon sporadique dans les massifs du Canigou et de Costabonne, mais encore une fois la documentation, lorsqu'elle existe, se révèle très imprécise. Dans un document des archives départementales, datant du dix-neuvième siècle, il est écrit : « *les grenats aux belles teintes coquelicot sont recherchés par les joailliers. Gisements : montagne de Costa Bona* ». Le gisement de Caladroï est également mentionné (sans qu'il soit toutefois précisé son éventuelle exploitation pour des gemmes) : « *On trouve des grenats trapézoïdaux à 24 facettes dans une roche composée de feldspath blanc, de quartz blanc et mica argentin à Caladroy* ».

En 1922, J. Charpentier fils, bijoutier à Perpignan se désolait déjà du fait que la gemme catalane n'était plus qu'un souvenir : « *Si le grenat est très répandu dans les montagnes des Pyrénées-Orientales, il y est en petite quantité. L'exploitation entreprise ne rapportant pas suffisamment, fut abandonnée* »... » Les bijoutiers durent se résoudre à faire venir de l'étranger ce que le sous-sol de leur pays leur donnait avec trop de parcimonie ».

Ce même bijoutier précisait peu après que les pierres brutes étaient alors importées de Siriam au Pégu (actuellement région du bas Irawady en Birmanie, située au nord-est de Rangoon) ; d'autres sources mentionnent les célèbres gisements de Bohême en république tchèque. Les pierres étaient ensuite envoyées dans le Jura pour être taillées. Depuis, le travail a été délocalisé vers l'Allemagne, à Idar-oberstein, petite ville de Rhénanie dont l'activité principale est la taille des pierres précieuses.

Pourtant, la spécificité de la taille de la pierre a été intégralement préservée, elle se nomme « taille Perpignan ». De même, l'appellation « Grenat de Perpignan » est devenue une marque déposée, un « Institut du grenat » a d'ailleurs été créé.

Qu'en est-il des grenats présents dans les gisements du département ?

Le grenat est omniprésent dans les Pyrénées-orientales, du Fenouillèdes au massif du Canigou en passant par les Albères. Quant à la présence de beaux exemplaires dudit minéral dans les collections locales, sous la forme de ses variétés grossulaire, almandin-pyrope ou encore andradite, elle n'emprunte en rien à la légende; les échantillons que l'on m'a aimablement présentés en sont la preuve.

D'emblée, précisons que l'article n'ambitionne aucunement dresser une liste exhaustive des gisements, que leurs localisations sont demeurées volontairement imprécises, ceci afin d'attester de la présence d'un minéral et non d'établir un itinéraire de prospection. Les fouilles et autres récoltes sur le terrain sont hélas désormais le plus souvent interdites, voire fortement réglementées.

### **Fenouillèdes :**

L'almandin est bien présent à Caladroï et s'il demeure très improbable de pouvoir encore y rencontrer des échantillons de qualité gemme, les cristaux sont en général bien formés et de dimension très honorable, dépassant parfois le cm. Leur couleur est souvent brune, mais le rouge tirant sur le violet est également signalé. La pureté laisse en revanche à désirer, les cristaux sont le plus fréquemment pierreux, exceptionnellement translucides. Lors d'une visite dans ce petit village, des grenats de belle dimension peuvent être observés à l'une des entrées du bâtiment de la propriété viticole, enchâssés dans les pierres ayant servi à la construction ; ils ont malheureusement été très dégradés par les intempéries.

Restons dans le Fenouillèdes près de Felluns où l'andradite s'exprime parfois en gros cristaux noirs, brillants et pouvant atteindre plusieurs cm de diamètre. La collection de Robert Boher, trésorier du Club Minéralogique Catalan, contient plusieurs exemplaires de cette provenance qui présentent des cristaux noirs de 5 à 8mm, très lumineux. L'un des échantillons est même composé d'une association de grenats, de cristaux centimétriques de magnétite et d'une bague de scapolite mesurant 4cm environ.

Dans les environs de Fenouillet le grossulaire peut également être rencontré. Cependant, il s'exprime en cristaux engagés dans une gangue de feldspath et ne présente que peu d'intérêt esthétique.

Enfin, à Latour-De-France, l'almandin est présent en cristaux centimétriques bien formés, de couleur brune à brun tirant sur le rouge. Les cristallisations sont le plus souvent opaques mais parfois aussi translucides.

Un collectionneur m'a confié avoir trouvé autrefois dans un ruisseau des environs de nombreux petits cristaux roulés, de qualité gemme, dont les plus importants mesuraient entre 4 et 6 mm dans leur plus grande dimension.

### **Dans le Vallespir :**

Le gisement le plus connu est certainement celui du Pic de Costabonne où le grossulaire et l'andradite sont représentés. Les cristaux de grossulaire que j'ai pu admirer dans les collections sont certes de taille modeste, souvent très bien formés, brillants, mais opaques. Des cristaux de tailles plus importantes, pouvant atteindre 2 à 3 cm ont été signalés ; ceux de petites dimensions sont parfois jaunes à rouge-orangé et partiellement transparents. Concernant l'andradite, soulignons que les échantillons de Costabonne sont cités dans la littérature comme étant les meilleurs de France.

L'ancienne mine de fer de Batère, dont l'exploitation s'est arrêtée en 1994, a également permis la découverte d'échantillons d'almandin de taille parfois importante (certains cristaux dépassaient les 3cm). Ces derniers n'auraient cependant constitué que rarement des échantillons esthétiques.

A Montbolo, proche du Mas Carbonell, des petits grenats grossulaires spessartites de couleur rouge sont signalés, engagés dans leur gangue de pyrrhotite et sans intérêt esthétique. Toutefois, des découvertes anciennes mentionnent des cristaux bien formés et mesurant plusieurs centimètres de diamètre.

Sur la commune de Reynes, une variété de composition chimique située entre le grossulaire et l'andradite est présente aux environs de Roca Gelera. Elle s'y exprime en petits cristaux qui peuvent rarement devenir centimétriques, de couleur rouge et parfois associés à la calcite.

Dans le secteur de Py, notamment au ravin de Tonnet, des grenats grossulaires de taille centimétrique, légèrement rosés à orange, ont été récoltés. La collection de Robert Boher contient quelques exemplaires intéressants de cette provenance.

### **Massif du Canigou :**

Des grossulaires y sont signalés, le plus fréquemment en petits cristaux, mais aussi parfois de dimension dépassant le cm, de couleur rouge et bien formés. La collection Guitard, offerte au musée de Tautavel au début des années 1990, comprend plusieurs exemplaires remarquables de grenats des Pyrénées-Orientales et notamment du Canigou.

Cette collection, dont un catalogue est disponible depuis la fin du mois d'avril 2010, n'est hélas pas accessible au public.

Au début du vingtième siècle, M. Octave Mengel (1863- 1944), directeur de l'observatoire de Perpignan et auteur d'écrits sur la géologie des Pyrénées-Orientales, fait don à M. le Professeur Lacroix d'un échantillon de « *grenats grossulaires rouge-hyacinthe situés dans une géode* », récolté par le donateur au Pic du

Canigou. En 1922, M. J. Charpentier fils signale l'échantillon dans les collections du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris.

Les environs de la célèbre abbaye de Saint-Martin du Canigou se distinguent également par la présence du grossulaire où il a été rencontré en cristaux d'un rouge sombre, avec les sommets des arêtes parfois transparents, et dont le diamètre peut atteindre plusieurs centimètres.

Le pic Barbet est connu pour ses belles cristallisations, parfois translucides, de grossulaire rouge-orangé ; la taille des cristaux peut parfois dépasser le centimètre. Certaines anciennes prospections auraient même révélé des échantillons présentant des cristaux pluricentimétriques.

### **Massif des Albères :**

Les environs de Collioure sont cités pour le grossulaire-spessartine présent dans les skarns, au lieu-dit « le Ravaner ». Il s'y est développé le plus fréquemment en cristaux de taille modeste, parfois transparents, mais on peut aussi le rencontrer en cristaux opaques de taille supérieure au cm. Ainsi, la collection de Robert Boher contient plusieurs échantillons sur lesquels on peut observer des cristallisations aux arêtes bien définies et de dimension dépassant largement le cm.

Quelques autres pierres qui furent citées autrefois...

En 1717, l'intendant du Roussillon mentionne des pierres fines, aux couleurs variées, découvertes sur le territoire de Reynes, près de la chapelle de Saint-Vincent; il ajoute peu après que sur le même territoire a été découvert « *Une veine de pierre cristalline tirant sur la couleur de la topaze* ». Les moyens dont disposaient alors les scientifiques locaux ne permettant pas de déterminer la nature exacte du minéral, l'auteur du rapport précise que des échantillons ont été envoyés à Paris pour examen.

Dans le « Voyage pittoresque de la France », publié en 1787 et consacré pour partie au Roussillon, le docteur Joseph Carrère (1740- 1802), professeur d'anatomie et de chirurgie à la faculté de médecine de Perpignan, écrit: « *On trouve des topazes au bas du Pic-de-Bugarach, et à Massanet au lieu appelé Sainte Colombe* ». De même, il est dit plus loin : « *On trouve des pierres très dures, noires, brillantes sans même avoir été polies, à notre Dame-du-Coral, en Vallespir; on en forme des grains dont on fait des colliers et des chapelets* ».

Un aperçu de l'activité minière dans le département. De nombreux gisements de fer, cuivre, or, argent et autres minéraux, qui furent exploités avec plus ou moins de réussite, sont signalés dans les Pyrénées-Orientales. Ils déclenchèrent parfois des conflits d'intérêts : « *Le Sieur Coste découvrit des mines depuis 1709 jusqu'à 1731 en Roussillon, mais la compagnie Royale de Galabin, qui existoit alors, avoit pour directeur le Sieur Ferrier qui prétendit que toutes ces mines devoient lui appartenir* » (Le Monnier. 1739).

Le premier document d'archives recensé remonte à 1146; il mentionne l'attribution d'une concession pour l'exploitation de l'argent à Coume de Boxéda que se disputaient alors l'abbé de Sainte-Marie d'Arles et le Vicomte de Castelnuou.

Le litige devait d'ailleurs nécessiter l'intervention de Monseigneur Udalgar, évêque d'Elne; finalement un compromis attribua la propriété de la mine à parts égales aux deux rivaux.

En fait, les récits et autres descriptifs se rapportant au métal blanc sont nombreux dans la littérature ancienne. Ainsi, en 1196, alors que le Roussillon était sous la domination des Rois d'Aragon, une autorisation est accordée par le Roi Pierre II au monastère d'Arles pour l'exploitation de l'argent situé au lieu-dit Pugalduc. En 1425, par une ordonnance, le Roi Alphonse V, dit « Le magnifique », mandate le procureur royal du Roussillon pour l'exécution de toutes les démarches se rapportant à l'exploitation d'un gisement d'argent récemment découvert sur le territoire de Montbolo.

Dans un document déposé aux archives départementales, daté de 1723, l'abbé Raguet, venu de Paris avec pour mission l'inventaire des richesses du sous-sol de la région, mentionne une mine d'argent à Montferrer, à la Serra de Bassaguda, située à quatre heures de marche de Saint-Laurent de Cerdans, où il assure avoir vu « *quarante quintaux de matière tirée* » ; cette mine avait d'ailleurs été citée en 1717 par Villaroja alors chargé par l'intendant du Roussillon du suivi des recherches des minerais. L'abbé Raguet localise ensuite un autre filon d'argent près du ruisseau de *Monells* qui descend de *l'Estagnol* à Montferrer; il précise la proximité d'une maison nommée *de Fargas*. Une mine d'argent est également recensée dans le massif du Canigou, dans le secteur de Baillestavy, dans laquelle on pénètre « *comme dans un puits* ».

Le Monnier, membre de l'Académie Royale des Sciences, médecin du Roi, est à l'origine d'un rapport rédigé en 1739 et consacré aux ressources minières du Roussillon.

L'auteur y énumère les divers gisements d'argent qu'il a visités dans le département : « *Un filon de quatre pieds, dans la viguerie de Conflans, terroir de Ballestin, col de la Galline* » puis, « *Au village de Mezous près Perpignan, un filon riche en argent* », de même à proximité de Sorède : « *Près de Lavaill, mine de cuivre tenant argent en deux filons voisins* », il signale aussi une mine « *Au terroir de San Colgat* » avec un filon d'une puissance « *D'un demi travers de doigt dans une roche bleuâtre* ». A la fin du dix-huitième siècle, le Docteur Carrère cite également ce dernier gisement, mais avec une puissance de « *deux travers de doigts* ».

Enfin, un arrêté ministériel en date du 29 novembre 1894, prononce la déchéance des propriétaires pour une concession de mine d'argent et de plomb à Lamanère.

On peut noter qu'au dix-huitième siècle, les témoignages qui signalent la présence de divers minerais deviennent plus nombreux (bien évidemment ils ne sont pas tous cités dans cet article) notamment suite à l'intervention, en 1717, du Duc d'Orléans qui avait demandé aux intendants des provinces d'établir un inventaire des ressources minérales de chaque département. Les richesses présumées du sous-sol semblent alors avoir été l'objet de spéculations des plus audacieuses. Bien que la présence de minerais métalliques dans le département soit avérée, qu'ils soient précieux ou d'un usage plus courant, son rapport a certainement subi l'influence du Régent, puis du jeune Roi Louis xv qui, en 1722, assurait que : « *Les mines et minières seront un des plus riches objets que nous puissions avoir dans notre Royaume, si nous pouvons parvenir à le mettre en valeur ; ce qui procurerait l'abondance à nos sujets en leur donnant en même temps de l'occupation, et rendrait le commerce de notre Etat plus florissant en multipliant les matières précieuses qui en font tout le mobile* ».

Cet emballement a dû sans aucun doute contribuer à la constitution, en 1731, d'une « Compagnie Royale » dont le siège se situait à la Preste (village proche de Prats-de-Mollo) et qui avait pour mission l'exploitation des mines du Roussillon.

Cependant, la réalité devait se révéler plus contrastée. Dans un courrier du Duc de Noailles adressé à l'intendant du Roussillon, l'histoire de la dite compagnie est ainsi résumée : « *Cette entreprise a eu jusqu'à présent le même sort que la plupart de celles de cette espèce, c'est-à-dire que tout s'en est allé en fumée* ». En effet, la compagnie avait dû cesser son activité dès 1737, soit six ans après sa création.

Autre métal précieux, l'or est présent dans de nombreux torrents et rivières du département; il semble y avoir été exploité jusqu'au dix-huitième par des orpailleurs ou « orenguers » qui pratiquaient cette activité en complément de revenu. En 1603, le procureur Royal du Roussillon accorde à un habitant de Fourques le droit de chercher l'or dans le sable des rivières et des torrents du Roussillon. En 1613, un droit pour le même type de recherche est accordé par le procureur Royal dans les rivières Têt et Tech ; ce même droit est renouvelé en 1622.

A partir du dix-huitième siècle, la recherche du métal se poursuit également dans le sous-sol grâce au creusement de galeries. En 1787, le docteur Joseph Carrère mentionne une mine d'or située à la « Jasse des Anyels ». Une autre mine comprenant six galeries a été exploitée à partir du début du vingtième siècle et jusqu'en 1922 à proximité de Serrabona.

Enfin, la dernière exploitation du métal eu lieu à la mine de Glorianes, localisée à proximité du petit village éponyme distant de quelques kilomètres de Vinça. Le gisement aurait été découvert par des bergers en 1902, mais l'essentiel de son exploitation s'est déroulé entre 1922 (date d'attribution de la concession sur 1080 hectares) et 1924, pour se poursuivre finalement de 1938 à 1939. Le minerai pouvait présenter une teneur allant jusqu'à 24g d'or et 300g d'argent par tonne ; l'extraction s'est faite en tranchées, par décapage, mais aussi en galeries dont le réseau s'étend sur environ 1700m. La guerre devait entraîner un arrêt définitif de l'activité et la concession était abandonnée en 1967, malgré une nouvelle demande de recherche déposée en 1968.

Des sondages du B.R.G.M, effectués en 1987, devaient évaluer les réserves à 25 000 tonnes de minerai, avec une teneur moyenne pour l'or de 18g /tonne et 25g/tonne pour l'argent. Ces résultats n'ont, pour l'instant, pas suscité de réel enthousiasme de la part d'éventuels investisseurs. Le site est actuellement propriété de la COGEMA.

Apparemment dans le département l'or ne représente plus, pour l'instant, un intérêt économique suffisant pour justifier son exploitation. On peut néanmoins le rencontrer en paillettes ou plus rarement en petites pépites dans nombre de rivières et torrents. Ainsi en 2005, un prospecteur chanceux a découvert une pépité

de 4,87grammes dans un ruisseau des pyrénées-Orientales. Notons qu'en 1750 dans l'Ariège, département voisin, une pépite de 15 grammes avait été déposée auprès du changeur du Roi à Pamiers. Pas de quoi déclencher la ruée vers un nouvel eldorado me direz-vous!...

Bien qu'il n'ait pas le prestige de ses deux illustres prédécesseurs, le minerai de fer est à ce point présent dans les Pyrénées-Orientales qu'il serait bien injuste de ne pas lui accorder un paragraphe, d'autant qu'il a été l'objet d'une intense activité d'extraction et de traitement.

Les gisements du massif du Canigou sont même connus depuis l'époque gallo-romaine. Dans le département, la métallurgie était une industrie encore prospère à la fin du dix-huitième siècle; cependant elle devait connaître un ralentissement progressif dès le siècle suivant.

En 1787, le Docteur Carrère écrit : « *Le fer est fabriqué dans vingt-deux forges du Conflent et du Vallespir* » ; un article paru dans l'Abeille Roussillonnaise le 11 avril 1885 mentionne : « *Les fondeurs sont au nombre de six, dont deux pour le cuivre ; notre département, dont les forges Catalanes étaient en si grand renom autrefois, ne possède guère aujourd'hui que quelques établissements* ».

L'exploitation du fer devait toutefois continuer encore plus d'un siècle, jusqu'en 1994, à Batère, sur le versant sud du Canigou. Le minerai extrait, constitué d'hématite dans les couches oxydées proches de la surface et de sidérite dans les couches profondes, semble y avoir été exploité sérieusement à partir du milieu du dix-huitième siècle. Une concession fut accordée au Marquis de Vogué le premier avril 1830, puis reprise ensuite en 1897 par M. Monin, maître de forges à Arles-sur-Tech, et c'est un an plus tard que naquit la Société Anonyme des mines de fer de Batère.

L'histoire de la mine fut émaillée de drames tels les terribles inondations de 1940, dont l'une des origines fut probablement la déforestation exagérée du massif pour l'emploi du bois dans le traitement du minerai, empêchant ainsi au couvert végétal de limiter le ruissellement des eaux, ou encore l'incendie qui détruisit une partie des installations en 1948. Le travail devait perdre progressivement en intensité, seules 55 personnes étaient encore employées par la société en 1980 ; la production journalière se situait alors aux alentours de 500 tonnes de minerai (sidérite). Ce dernier était transporté par des camions de la mine jusqu'aux broyeurs, puis un convoyeur à bande l'acheminait vers des wagonnets qui le transportaient ensuite sur 9km par voie aérienne (téléphérique) jusqu'à Arles-Sur-Tech où il subissait un traitement d'enrichissement par grillage. Le produit obtenu était enfin dirigé vers les hauts-fourneaux de Decazeville, de Fos-sur-Mer ou encore vers les aciéries du Creuzot.

Remerciements : J'ai pris un très grand plaisir à rencontrer des gens passionnés, dont la gentillesse et la grande disponibilité ont été pour moi des éléments déterminants dans la poursuite de ma quête d'informations. Je remercie tout particulièrement C. Berbain dont les conseils m'ont été précieux. Je n'oublie pas les collectionneurs, tels R. Boher, B. Delory, qui, par leurs récits de prospections et la mise à disposition d'échantillons pour la prise de photos, m'ont permis d'affiner mes écrits et de les illustrer. Mes remerciements vont également au personnel et au conservateur du M.H.N de Perpignan.

Je salue enfin la patience dont m'a témoigné le personnel des archives de la ville de Perpignan et celui des archives départementales lors de mes recherches qui n'ont, hélas, pas toujours été aussi fructueuses qu'attendues.

### Références :

Abade. E: L'Indépendant février 1991 pages 9 et 10 « Grenat, petite histoire d'une grande tradition ».

Ausseil. L: « L'orfèvrerie religieuse en Roussillon ». Perpignan, éditions du Conseil Général, Direction des Archives départementales. 1994.

Berbain. C, Aymar. J, Favreau. G: » Mines et minéraux des Pyrénées-Orientales et des Corbières ». 2005.

Charpentier.J: « Les grenats »- l'industrie dans les Pyrénées-Orientales- (enquête du journal L'indépendant). 1923.

Fonquernie. Laurent: » Grenats de Perpignan- Bijoux du Roussillon ». Société Agricole, Scientifique et Littéraire des Pyrénées-Orientales. 2006

Fontelle .M et Guitard. G: « Sur les conditions de formation du grenat almandin et de la staurotide dans les métapélites mésozonales hercyniennes des Pyrénées-Orientales

Gobert. Nicolas: « Les anciens minéralogistes du Royaume de France ». 1779. pp 249 à 257: « Des mines du Roussillon » par Le Monnier.

Goujou. J.C, Guitard .G, Berbain. C : « Le massif de Costabonne, 2464m (Pyrénées-Orientales) ». Le Règne Minéral n°34.

Guitard. Gérard: « Mise en évidence de la réaction grenat + muscovite: andalousite + biotite + quartz dans les micaschistes mésozonaux des massifs du Canigou et du Roc de France ». 1969.

Guitard. G: « Mode de formation des skarns à grossulaire et diopside dans la mésozone du massif du Canigou ». 1969.

Guitard. G et Raguin. Eugène: « Sur la présence de gneiss à grenat et hypersthène dans le massif de l'Agly ». 1958.

Helson. Charles: « Richesses minérales des Pyrénées-Orientales » Le Roussillon 1876, l'Indépendant des Pyrénées-Orientales 1903.

Mayen. G: « Le grenat reste un combat »- Métier d'Art- spécial Languedoc-Roussillon, pages 18 à 25, avril 1991.

Palassou (Abbé Pierre ): « Essai sur la minéralogie des monts Pyrénées ». Paris, Didot, 1781. ( Roussillon: pp 271-296 ).

Poirot. Fernand: » Artisanat catalan ». Midi Livre, Toulouse. 1973.

Réaumur (de). Antoine: « Des rivières et ruisseaux du Royaume qui roulent des paillettes d'or ». p 78 de « Histoire de l'Académie Royale des sciences ».1718.

#### 4. **SPESSARTINE DU NIGERIA**

Cf <http://www.nigeria.gov.ng/index.php/2016-04-06-08-38-30/nigeria-natural-resources>

Le Nigeria est l'un des pays d'Afrique qui dispose d'importantes variétés de ressources naturelles. On y trouve métaux précieux, gemmes, ainsi que nombre de minéraux industriels tels que barite, gypse, kaolin et marbre. La plupart de ces derniers sont encore à exploiter. Statistiquement, le niveau d'exploitation de ces minéraux est très faible par rapport à l'étendue des gisements répertoriés dans le pays. L'un des objectifs de la nouvelle politique nationale sur les minéraux solides est d'assurer le développement ordonné des ressources minérales du pays.

En ce qui concerne les grenats, l'état de l'Oyo produit des gemmes issus de pegmatites. Ce sont des spessartines de couleur jaune vif et de qualité gemme.

L'extraction des pierres précieuses s'est fortement développée dans diverses parties des États du plateau, Kaduna et Bauch. Parmi ces pierres précieuses, nous pouvons citer le saphir, le rubis, l'aigue-marine, l'émeraude, la tourmaline, la topaze, le grenat, l'améthyste; le zircon, etdu spath qui sont parmi les plus belles du monde. De bonnes perspectives existent dans ce domaine pour des investissements viables.

	13 x 8 x 8 mm 7,90 cts		8 x 5 x 5 mm 1,70 cts
	14 x 11 x 10 mm 11 cts		8 x 8 x 8 mm 3,10 cts
	11 x 10 x 8 mm 6,65cts		9 x 8 x 7 mm 3,10 cts
	0,65 cts 6,2 x 4,2 mm		0,58 cts 6 x 4 mm

Figure 45 : Nigeria : Spessartines



Figure 46 : Nigeria : Spessartines, Collec. perso

## 5. DEMANTOÏDE D'IRAN

### 5.1 Cristaux

Depuis la mi-2001, des cristaux attrayants de démantôïde ont été extraits de la province de Kerman, dans le sud-est de l'Iran. Les mines sont situées à proximité de la ville de Soghan et surtout dans les montagnes proches du village de Bagh Borj, à près de 1500 m d'altitude.

On a produit des cristaux simples vert jaunâtre à vert, brun-vert à brun et des groupes de cristaux de 2 à 3 cm, alors que la plupart varient de 2 à 10 mm de diamètre. Les groupes forment des agrégats translucides arrondis, tandis que les monocristaux de plus petites tailles (2 à 3 mm) sont transparents, et ceux de plus grandes tailles, translucides

Moins de 0,1% des pièces récoltées, présentent un effet d'œil de chat. Cet effet optique d'œil de chat dans le démantôïde iranien serait apparemment causé par de longues inclusions fibreuses parallèles (peut-être du chrysotile ou du byssolite). Lorsque ce matériel a été comparé à des matériaux démantôïde oeil de chat de la mine Klodovka, dans les montagnes de l'Oural en Russie, leurs formes cristallines, la distribution des couleurs et les types et l'orientation des inclusions sont apparus différents...

Les inclusions de queue de cheval sont une caractéristique fascinante que seul un petit nombre de grenats démantôïde possèdent, ce qui contribue à leur rareté. Les inclusions de queue de cheval ont reçu son nom inhabituel parce que leur aspect ressemble à un faisceau de fils dorés qui semblent exploser à partir d'un certain point et peuvent former une forme semblable à celle d'un cavalier. Ils ajoutent un effet spécial à la pierre précieuse, la bénissant avec une lueur unique. Les grenats démantôïde qui ont l'inclusion de la queue de cheval subissent de fortes demandes et donc des pierres avec de telles inclusions sont de grande valeur. Le dispositif d'inclusion de queue de cheval se trouve exclusivement dans les pierres gemmes Perse et russe.

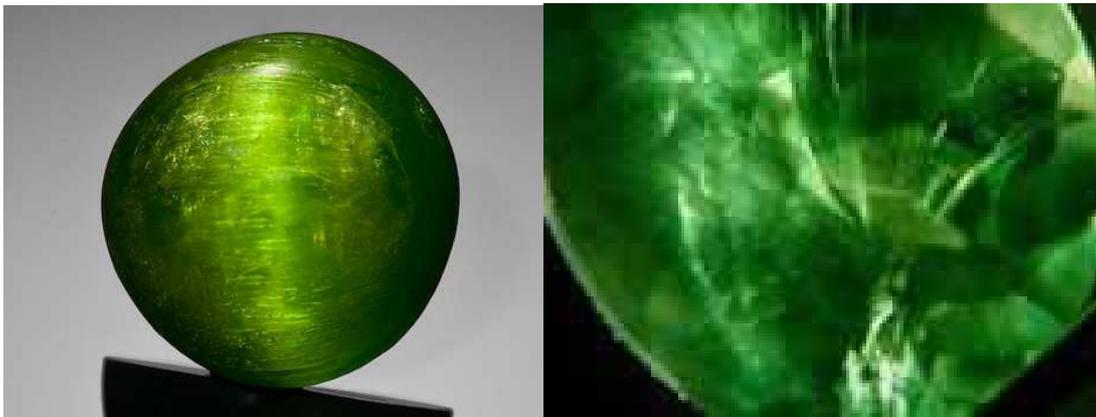


Figure 47 : Iran : Démantôïde d'Iran présentant un œil de chat - Prix 24 000 USD

Figure 48 : Iran : démantôïde (origine inconnue) présentant une inclusion en queue de cheval

### 5.2 Historique

Le grenat démantôïde est l'une des pierres précieuses les plus rares et les plus précieuses au monde. Il a d'abord été découvert en 1849 par Nils Gustaf Nordenskiöld dans les montagnes de l'Oural en Russie. Il ne fallut pas longtemps avant que la pierre gemme devienne célèbre pour son éclat fascinant et son lustre. Il a donc été convenablement nommé «démantôïde» qui signifie « semblable au diamant ». La famille tsarine russe s'est éprise de cette pierre précieuse unique et qui donc a été régulièrement utilisée par son célèbre designer de bijoux Carl Fabergé dans ses créations renversantes.

Après 1996, d'autres gisements de produits de qualité gemme ont été découverts en Namibie et à Madagascar. Cependant, comme les couleurs de ces produits se composaient d'un vert pâle et jaune, ils étaient de moindre qualité et donc de valeur par rapport à la beauté du démantôïde russe.

Le démantôïde a été trouvé pour la première fois en Iran (perse) autour de l'année 2000. Il était peu connu comme gemme reconnue à l'époque, et il a été considéré comme un trésor ancien inconnu, en raison de sa belle forme hexagonale naturelle.

A la bourse Tucson Show de 2002, des pièces brutes et taillées ont été montrées à l'éditeur du RNB Brendan Laurions par Syed (Syed Trading Co., Peshawar, Pakistan) et Dudley Blauwet (Dudley Blauwet GEMS, Louisville, Colorado). Selon les deux concessionnaires, le gisement est situé dans la province de Kerman, près de Jiroft; M. Blauwet a précisé qu'il est situé près du village de Soghan.

M. Hussain avait extrait environ 150 kg de pierres brutes de plusieurs parcelles, mais seulement 5 kg était approprié pour des pierres taillées et seulement 2 à 3 kg de grenat répondaient au haut de gamme. Il a estimé qu'environ 2 000 carats ont été facetés, dans des tailles allant de 1 à 8 mm de diamètre. Les pierres à facettes supérieures à 0,70 ct sont rares, et ont tendance à devenir trop sombres.

### 5.3 Exemples de demantoïdes d'Iran

#### 5.3.1. Pierres de M. Hussain

<http://www.jazzanjewels.com/gem-info/demantoid-iran.html>

Les pierres ci-après ont été facetées à partir de grenats demantoïdes d'Iran. La beauté de ces pierres provient de leur qualité à présenter des variances bicolores uniques, du vert de chaux au vert chasseur. La plupart des pierres ont un coeur à la couleur très prononcée et une surface plus claire, qui donne à la pierre des effets fantastiques.



Figure 49 : Iran : Démantoïdes facetées

Les grenats demantoïde peuvent être taillés en cabochon. Les pierres qui présentent un modèle de croissance bicolore, sont particulièrement bien adaptée à cette taille. Certains des cabochons ci-dessous présentent une succession de couches alternées de grenat topazolite (brun) et de grenat demantoïde (vert) (deux nuances de couleur des andradites).

Ces pierres sont présentées avec rétro-éclairage pour faire ressortir au mieux leur couleurs.



Figure 50 : Iran : Démantoïdes en cabochon avec alternance demantoïde-topazolite

#### 5.3.2. Propriétés

M. Hussain et M. Blauwet ont fourni plusieurs échantillons de pierres brutes et taillées au RNB pour analyse.

Les propriétés ont été obtenues par la GIA Elizabeth Quinn, sur six pierres facetées (0,12 – 1.13 ct):

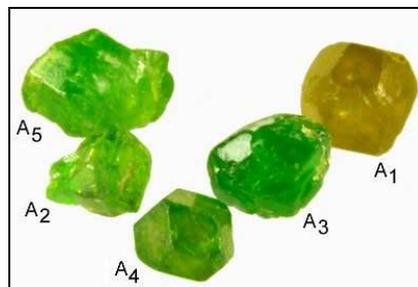
- couleur : jaunâtre-vert à vert, moyen à foncé;
- R.I. — supérieur à 1,810; — 3.86 – 3.89;

- caractère optique — réfraction - avec une double réfraction anormale modérée à forte;
- rayonnement UV inerte à long et à ondes courtes;
- réaction rose au filtre Chelsea;
- doublet CR (620 et 640 nm) observé avec un spectroscope de bureau.

L'examen microscopique a révélé des « empreintes digitales » sur tous les échantillons, ainsi que des plumes et aiguilles. Des lignes subparallèles incolores ou des fibres courbes ont été observées dans trois des échantillons. Cependant ces fibres n'ont pas été observées dans des arrangements radiaux ou associés avec des grains de chromite, comme c'est typique des « queues de cheval » des demantoïdes de Russie. De plus, deux échantillons présentent un zonage entre une couleur orange brunâtre et des angles saillants vert jaunâtre.

#### 5.4 Autres pierres

Soient les pierres suivantes :



**Figure 51 : Iran : Trois cristaux (A1, A3, A4) et deux cristaux cassés (A2, A5) - 3-5 mm du village de Bagh Borj, district de Soghan, province de Kerman, Iran**

##### 5.4.1. Spectroscopie UV-VIS-NIR Ultra-violet – visible – proche infra-rouge

Parmi les cinq échantillons ci-dessus trois ont été sélectionnés pour leur couleur spécifique afin d'être étudiés en spectroscopie UV-VIS-NIR : A1 topazolite de couleur vert brunâtre, A2 de couleur vert légèrement jaunâtre et A3 de couleur verte prononcée.

Puisque les grenats ont une structure cubique holomorphe, ils sont donc isotropes. Il n'est donc pas nécessaire de se préoccuper de l'orientation du faisceau incident, n'importe quelle direction du parcours de lumière fournira le même spectre.

De plus, il y a corrélation entre les niveaux d'absorption ne peuvent pas être comparés comme étant puisque les longueurs de chemin de lumière diffèrent entre les échantillons. Il n'est alors pas erroné de comparer les absorptions et de supposer que la saturation de la couleur du grenat augmente avec la « puissance » d'absorption. Ceci est particulièrement vrai pour les spectres A2 et A3, où la couleur du matériau varie d'un vert légèrement jaunâtre à un vert fort.

Le spectre du topazolite A1 (spectre brun) montre une absorption croissante du rouge vers l'UV qui est due au transfert de charge  $Fe^{2+}-O-Ti^{4+}$ . Trois autres bandes distinctes liées au  $Fe^{3+}$  sont observées à 571, 623, et 863 nm. La bande dans la région du proche infra-rouge à 863 nm est assez large. L'absorption continue du rouge vers l'UV produit la couleur brun-vert à brun de ce grenat andradite variété topazolite.

Le spectre du demantoïde A2 (spectre vert clair) présente le doublet de  $Fe^{3+}$  à 438 et 444 nm mais avec des intensités très faibles, par rapport aux autres grenats. La bande correspondante est de plus étonnamment large et il semble y avoir un épaulement autour de 475 nm. Cette bande est habituellement étroite avec une pente très raide. Cette particularité sur ce demantoïde A2 pourrait s'expliquer par le transfert de charge  $Fe^{2+}-O-Ti^{4+}$  qui se traduit habituellement par une absorption fortement croissante de 450 nm à 500 nm. La bande  $Fe^{3+}$  à 571 nm n'est pas observée comme une bande distincte bien que la bande de 623 nm soit devenue plus large et qu'elle soit accompagnée d'une autre bande à 644 nm. La bande de 623 nm est liée à  $Fe^{3+}$ , et celle de 644 nm est due à  $Cr^{3+}$ . Une bande moins intense vient s'ajouter autour de 700 nm, elle est également corrélée à  $Cr^{3+}$ .

La large bande de  $\text{Fe}^{3+}$  est bien présente dans la région du proche IR autour de 863 nm.  
La fenêtre de transmission assez grande entre 500 et 600 nm donne sa couleur vert légèrement jaunâtre à ce grenat andradite variété démantôïde.

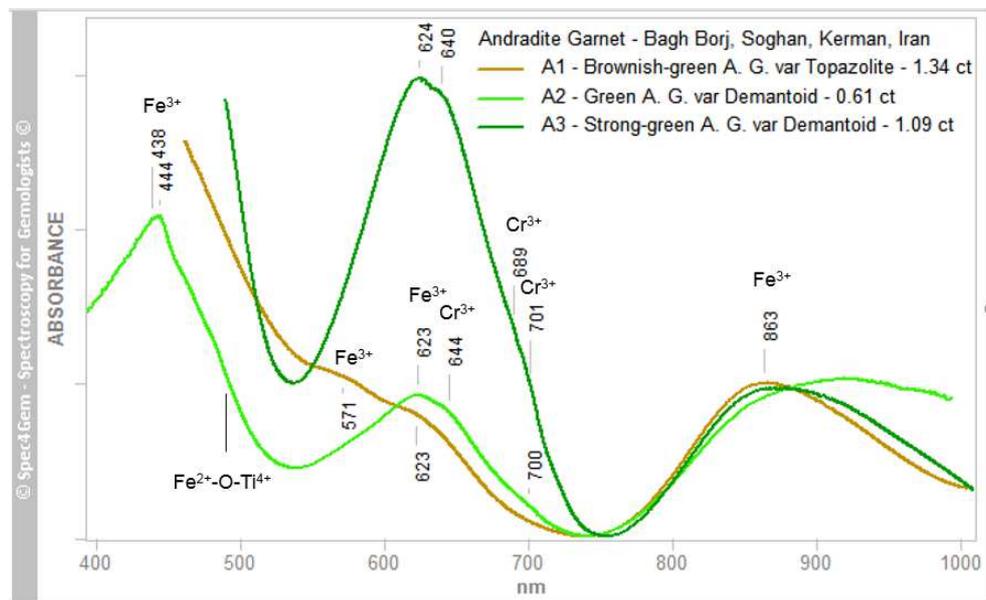


Figure 52 : Iran : Spectres UV-VIS-NIR d'échantillons d'andratites d'Iran

**A1 (spectre brun), A2 (spectre vert clair) et A3 (spectre vert foncé). A1 le spectre de la topazolite présente clairement la présence de fer, le spectre du démantôïde A2 présente un spectre dû à la présence simultanée de fer et de chrome et le spectre de démantôïde A3 montre le spectre dû à la prédominance du chrome**

Le spectre du démantôïde A3 (spectre vert foncé) présente la même allure de spectre que celui du démantôïde A2. En raison des limites de la source lumineuse et de l'absorption «intense» au-dessous de 500 nm, le spectre n'est pas disponible pour la région de 380-500 nm. Le doublet à 624 et 640 nm est beaucoup plus fort que pour l'échantillon A2. Deux bandes d'absorption secondaires, à 689 et 701 nm, sont également discernables (cf l'épaulement), elles sont elles aussi corrélées à  $\text{Cr}^{3+}$ . La bande large liée à  $\text{Fe}^{3+}$  dans la région du proche IR autour de 863 nm, est également présente.

La fenêtre de transmission étroite autour de 530 nm est responsable de l'intense coloration verte de ce grenat andradite variété démantôïde. La différence entre les niveaux d'absorption explique la différence de couleur entre les échantillons A2 et A3.

#### 5.4.2. Spectroscopie en photoluminescence

Même si le matériau grenat andradite ne montre pas de photoluminescence intrinsèque, il est toujours intéressant de le vérifier. Les cinq échantillons ont été soumis à une lumière laser à la longueur d'onde de 405 nm.

Tous ont présenté une photoluminescence significative détectée par le spectromètre, mais cette luminescence a pu être identifiée comme provenant de la très fine couche de la matrice qui restait en surface. Cela montre combien il est important de travailler avec des matériaux propres ou de les couper pour enlever les matières étrangères externes!

Il n'y a pas de luminescence propre aux démantôïdes iraniens.

#### 5.4.3. Conclusion

Le grenat andradite de Bagh Borj est disponible en deux variétés, la première, verte, connue sous le nom de variété démantôïde et la seconde, brune, connue sous le nom de variété topazolite. Le matériau est coloré par le fer et le chrome en valence +III, et selon l'importance du ratio  $\text{Cr}^{3+} / \text{Fe}^{3+}$  dans la composition, le grenat est de couleur brune si le fer est prédominant et de couleur verte lorsque la teneur en chrome augmente.

Ce matériau ne présente pas de caractéristiques distinctives avec d'autres sources dans le domaine spectroscopique.



Figure 53 : Iran : Démantoïde d'Iran Ste Marie aux Mines 2018





## **6. TSAVORITE DE L'EST AFRICAIN**

### **6.1 Introduction**

Si la plupart des grenats peuvent avoir une qualité gemme et être utilisés en tant que pierre semi-précieuse, le grossulaire tsavorite occupe néanmoins une place à part. D'un vert clair éclatant, grâce aux actions conjuguées du chrome et du vanadium, d'une pureté excellente, de surcroît bien plus rare que le diamant et plus abordable que l'émeraude, la tsavorite est, en ces années 2010, en train de se faire une place de choix en joaillerie.

Mais si ses caractéristiques gemmologiques ont d'ores et déjà été décrites et sont désormais bien connues des experts, sa genèse et ses propriétés minéralogiques et géochimiques, permettant de déterminer son origine géologique et géographique, n'ont pas jusqu'ici été mises en lumière. Une équipe de l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement) et ses partenaires dressent pour la première fois la carte d'identité des grenats verts en fonction du gisement dont ils proviennent. Un premier pas vers la certification de la nouvelle gemme, une grande plus-value sur le marché de la bijouterie.



**Figure 54 : Afrique de l'est : Grossulaire tsavorite.**  
**taille: pierre taillée - 7.59 carats. Localité: mine Lualenyi, Kenya Collection: Pala International.**  
**Photo: Harold et Erica Van Pelt**

### **6.2 Joaillerie**

Les bijoutiers new-yorkais Tiffany & C°, qui finançaient les recherches, baptisèrent ce grossulaire « tsavorite », et bien que la Société allemande de minéralogie eût préféré « tsavolite », le premier nom s'est imposé. D'autres gîtes exploités en Tanzanie, dans la région de Komolo, ont fourni des pierres de 10 à 15 carats qui sont apparues à la bourse de Tucson en 1988.

C. R. Bridges avait trouvé une pierre de 7 carats, qui, taillée, mesurait encore 2,17 carats ; un collectionneur américain lui en offrit 20000 \$. Mais ce prix n'est valable que pour des pièces exceptionnelles, de 2 ou 3 carats, les autres étant moins appréciées.

En 1990, la production fut d'environ 1500 carats de pierres brutes, soit 375 carats de pierres travaillées.

### **6.3 Découverte**

Un géologue écossais, Campbell R. Bridges, prospectait, en 1967, les montagnes de Leiatema, près de Komolo, au nord-ouest de la Tanzanie, quand il mit à jour, dans des gneiss graphiteux, à proximité de calcaires cristallins, des sortes de grumeaux au centre desquels scintillaient de magnifiques grains verts entourés d'une pellicule d'altération, mélange d'épidote et de scapolite ; il venait de découvrir les premiers grossulaires d'une couleur verte très soutenue, de qualité gemme.

## 6.4 Prospection

Suite aux recherches intensives entreprises, le Kilimandjaro (5 895 m) devient une nouvelle fois source de pierres fines (on y avait découvert la tanzanite). À la fin de 1971, cinq riches gisements sont mis à jour au Kenya, près des limites du parc de Tsavo, le plus gros échantillon dégagé accusant 32 carats. En août 1973, c'est le gisement de Lualenyi, dans les monts Mgama, toujours au Kenya, qui est reconnu dans une zone métamorphisée de silicates calciques avec graphite ; ces terrains sont datés du Précambrien.

En 2011, la tsavorite n'a quasiment été répertoriée qu'en tanzanie, au Kenya, à Madagascar, au Pakistan et en Antarctique

Notons qu'en Australie occidentale, la « tsavorite » a été signalée dans les Eastern Goldfields, mais en cristaux peu colorés et trop petits pour être taillés. Sa couleur, très vive, va du vert clair, presque incolore, au vert émeraude intense, la plus recherchée. Ne contenant que peu d'inclusions elle est taillable sans avoir à être retouchée.

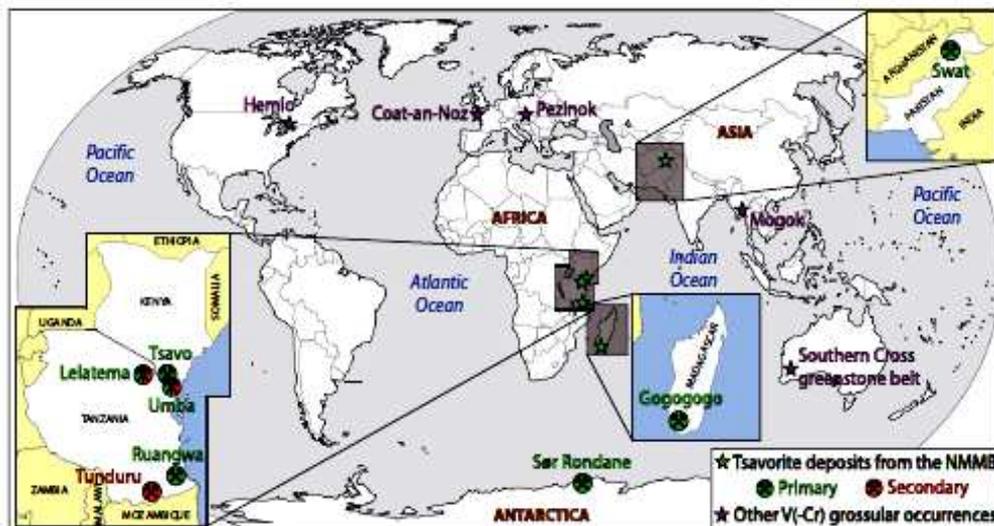


Figure 55 : Afrique de l'est : Localisation des sites de tsavorites à travers le monde

**NMMB : sites connus de la Ceinture métamorphique Néoprotérozoïque Mozambicaine**  
**Autre occurrences**

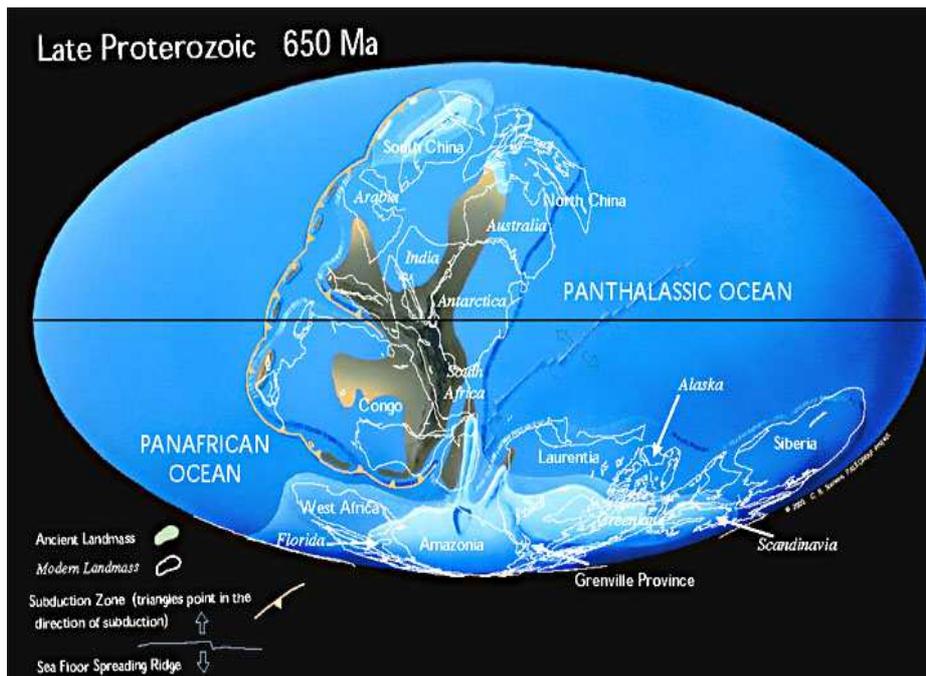
L'une des études principales ayant pour sujet à la fois, la pétrologie des sites de tsavorite et l'identification chimique des tsavorites de ces différents sites a été réalisée par Julien FENEYROL, au cours de sa thèse au Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques (CRPG), intitulée Pétrologie, géochimie et genèse des gisements de tsavorite associés aux gneiss et roches calco-silicatées graphiteux de Lemshuku et Namalulu (Tanzanie).

## 6.5 Gîtologie

Les gisements de tsavorite ont pour origine, la convergence des deux supercontinents appelés «Gondwana de l'Est » et les cratons du Kalahari et du Congo, il y a quelques 600 millions d'années. Avant que l'actuelle Afrique de l'Est ne se soulève sous l'action de la tectonique des plaques, une mer séparait ces derniers : l'océan du Mozambique. Sur le fond de cet océan s'étaient accumulés des sédiments argileux et organiques, riches notamment en vanadium et en chrome.

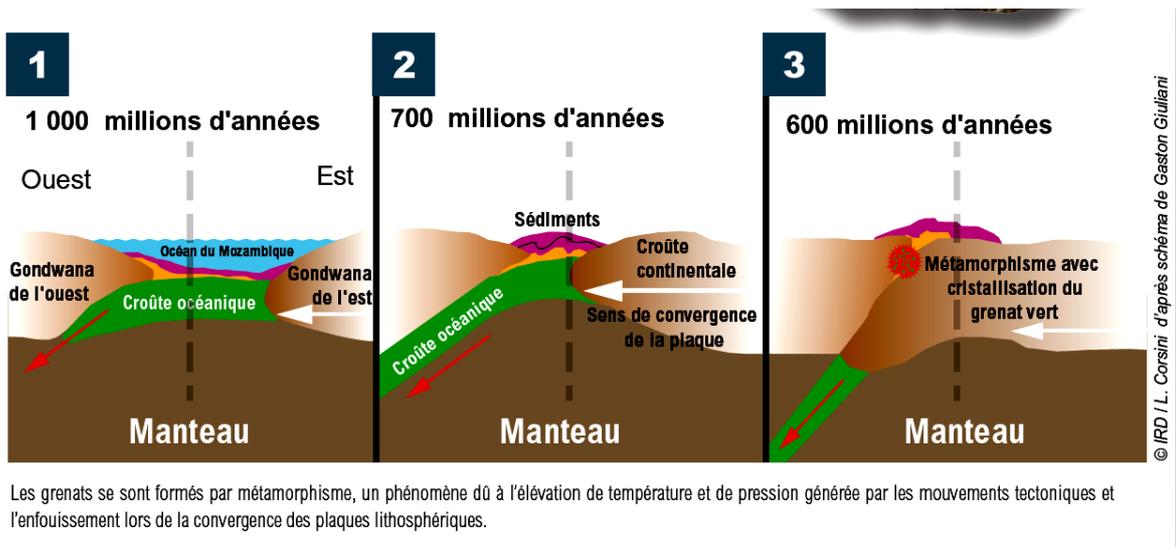
Lors de la convergence entraînant la fermeture de cet océan, la plaque du Gondwana de l'Est plongeant sous celle des cratons de l'ouest a entraîné avec elle ces sédiments en profondeur. Les hautes pressions et températures, entre 600 et 750° C, générées par les mouvements tectoniques et l'enfouissement ont alors permis de créer des conditions de métamorphisme, propices à la cristallisation des grenats et à la transformation des roches sédimentaires en gneiss graphiteux. C'est ainsi que l'on retrouve aujourd'hui la tsavorite exclusivement dans ces gneiss, sous forme de nodules de 5 à 20 cm de diamètre, autour de la ceinture métamorphique néoprotérozoïque.

La tsavorite est exploitée dans des gisements primaires soit sous la forme de nodules, soit au sein de veines de quartz, ou dans des gisements secondaires de type placer issus du démantèlement des formations minéralisées



**Figure 56 : Afrique de l'est : carte de la terre il y a 650 Ma, lors de la fermeture de l'océan mozambicain et de la collision continentale du Gondwana de l'est et les cratons du Kalahari et du Congo (C. Scotese)**

L'étude pétrographique des gisements de tsavorite de Lemshuku et de Namalulu dans le nord-est de la Tanzanie a montré que les gneiss graphiteux et les roches calco-silicatées graphiteuses à tsavorite sont associés à des intercalations de méta-évaaporites, et sont surmontés par des marbres dolomitiques. La colonne lithostratigraphique relevée sur les deux gisements résulte du métamorphisme d'une formation sédimentaire enrichie en matière organique dans le faciès amphibolite supérieur à  $P = 7,0 \pm 0,4$  kbar et  $T = 677 \pm 14^\circ\text{C}$ . Cet évènement a été daté à  $634 \pm 22$  Ma par la méthode U-Th-Pb sur monazites. Le bâti métamorphique s'est refroidi entre 512 et 500 Ma d'après les datations  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  sur muscovites.



**Figure 57 : Afrique de l'est : Schéma représentant dans le temps l'assemblage du Gondwana de l'est (IRD 2011)**

En conclusion, les gisements de tsavorite se sont formés au cours du métamorphisme et de la métagénèse de séries sédimentaires silico-calcaires, enrichies en matière organique et à intercalations d'évaaporites, et déposées au sein d'une plate-forme carbonatée associée à la formation d'une sabkha de côte marine sur la marge est des cratons du Congo et du Kalahari au Néoprotérozoïque.

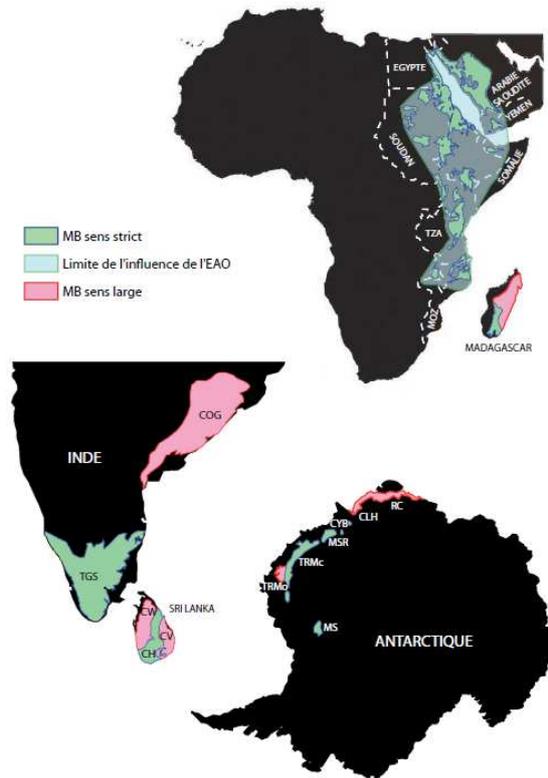


Figure 58 : Afrique de l'est : Proposition de localisation géographique actuelle de la ceinture métamorphique néoprotérozoïque mozambicaine

Le gondwana de l'ouest est constitué des cratons du Congo et du Kalahari, le gondwana de l'est ou SLAMIN est constitué de la Somalie, des Seychelles, du Sri Lanka, de l'antarctique de l'est, de Madagascar et de l'Inde.

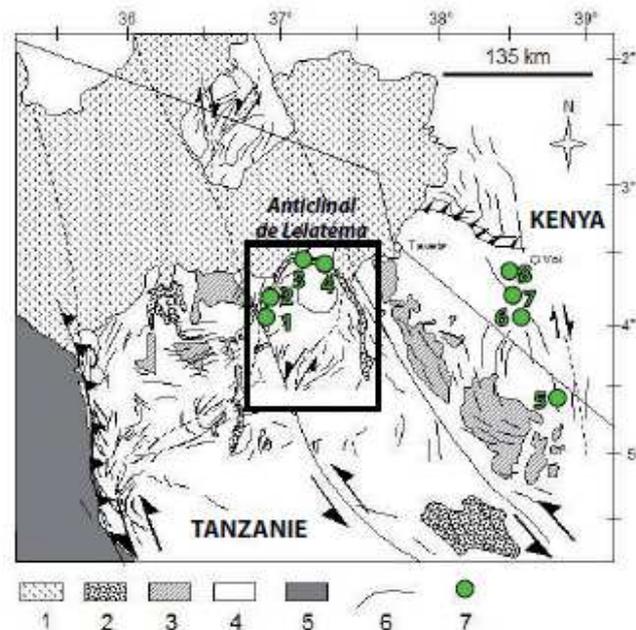
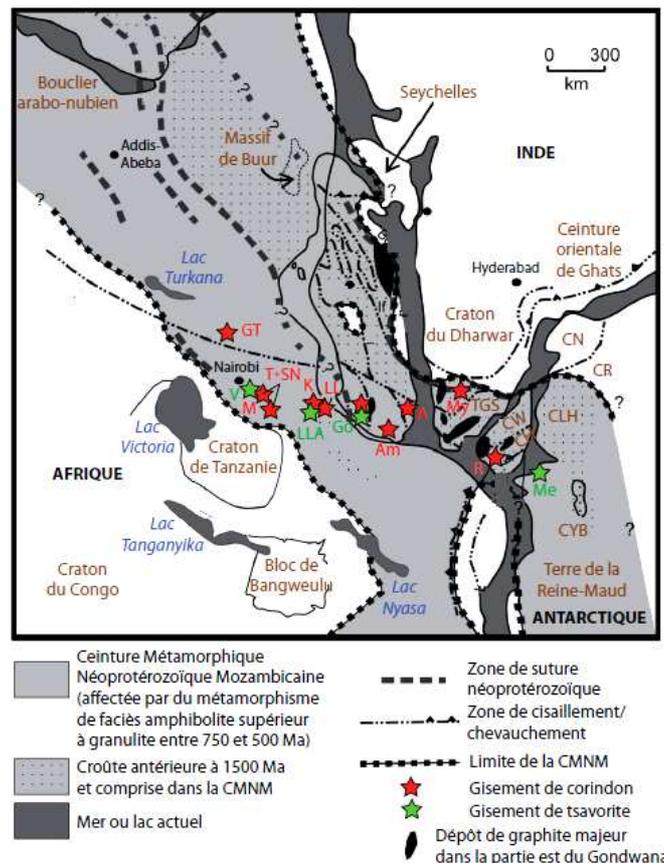


Figure 59 : Afrique de l'est : Carte géologique simplifiée du nord-est de la Tanzanie et du sud du Kenya

avec la localisation des principaux gisements de tsavorite (modifiée d'après Le Goff et al., 2010)

1 : formations volcaniques néogènes et quaternaires; 2 : roches métasédimentaires néoprotérozoïques; 3 : granulites; 4 : gneiss; 5 : gneiss archéens; 6 : foliation; 7 : gisements de tsavorite (1. Namalulu; 2. Lemshuku; 3. Merelani; 4. Moshi; 5. Uмба; 6. district minier de Kuranze; 7. mines de Baraka; 8. district minier de Mwatate).



**Figure 60 : Afrique de l'est : Juxtaposition du Sri Lanka, du sud de l'Inde, de Madagascar, de l'Antarctique et de l'Afrique dans le supercontinent Gondwana et localisation des gisements de corindons et de tsavorite**

(modifiée d'après Service Géologique de Madagascar, 1977; Collins et Windley, 2002; Dissayanake et Chandrajith, 1999; Mercier et al., 1999)

CH : complexe de Highland; CLH : complexe de Lützow-Holm; CN : complexe de Napier; CR : complexe de Rayner; CW : complexe de Wann; CYB : complexe de Yamato-Belgique; TGS : terrain granulitique du sud.  
 A : Andranondambo; Am : Ambosoary; GT : Garba Tula; Go : Gogogogo; K : Kalalani; LL : Longido-Lossogonoï; LLA : Lelatema; M : Mangari; Me : Menipa; My : Mysore; R : Ratnapura; T+SN : Twiga-Si Ndoto.

## 6.6 Différentiation des tsavorites

L'étude minéralogique de la tsavorite a permis de proposer un protocole pour certifier l'origine géographique des tsavorites, à partir des rapports V/Cr, de la teneur en manganèse et de la composition isotopique en oxygène.

Deux stades de métasomatose ont permis la formation de la tsavorite :

- (i) les nodules de tsavorite se sont formés au cours du métamorphisme prograde à  $P = 5,0-7,4$  kbar et  $T = 580-691^{\circ}\text{C}$  suite à une métasomatose de diffusion;
- (ii) la tsavorite des veines de quartz a précipité au cours du métamorphisme rétrograde, pendant une métasomatose calcique d'infiltration, à  $P = 3,6-4,9$  kbar et  $T = 505-587^{\circ}\text{C}$ . Les tsavorites des veines de quartz sont datées in situ par Sm-Nd à  $606 \pm 36$  Ma. L'ensemble des éléments nécessaires à la formation de la tsavorite se trouve dans les roches graphiteuses à évaporites.

L'implication des évaporites, de nature continentale, est importante : elles sont directement transformées en tsavorite en fournissant le calcium dans le cas des nodules, et les sels fondus forment des fluides qui mobilisent l'ensemble des éléments nécessaires à la cristallisation de la tsavorite dans les veines de quartz. Les minéralisations sont également contrôlées par la lithostratigraphie (gneiss graphiteux et roches calco-silicatées graphiteuses à évaporites) et la tectonique (structure de type 'saddle-reef').

### L'origine de chaque grenat retracée

Compte tenu de l'origine commune des tsavorites, il n'est pas commode de définir la provenance de telle ou telle pierre. Cependant, la nature même de la pierre provient de la roche mère à partir de laquelle la gemme a pu puiser ces constituants.

L'étude de J. Feneyrolle a porté sur la chimie, et plus particulièrement sur les rapports entre vanadium et chrome, quant à l'IRD, ils se sont focalisés sur les rapports isotopiques entre l'oxygène 18 et l'oxygène 16.

#### 6.6.1. Rapport isotopique O16/O18

Etudier cette propriété a d'ores et déjà prouvé son efficacité pour retracer l'origine des émeraudes, des rubis et des saphirs.

C'est aujourd'hui au tour du grenat vert de dévoiler ses secrets. Forts de leurs découvertes antérieures sur les autres gemmes, les chercheurs ont donc appliqué cette méthode d'analyse isotopique au grenat vert. Pour ce faire, ils ont collecté des échantillons dans 24 gisements, situés dans chacun des cinq pays où le minéral est exploité, et ont analysé le rapport des deux isotopes de l'oxygène, appelés « oxygène 18 » et « oxygène 16 ». À chaque gisement a ainsi pu être attribuée une valeur caractéristique de ce rapport, exprimé en pour mille (‰). Par exemple, les tsavorites provenant du nord de la Tanzanie affichent les valeurs les plus élevées, comprises entre 15 et 21 ‰, tandis que celles venant du sud du pays présentent des valeurs faibles, de 9 à 11 ‰ seulement.

Les grenats kenyans, malgaches, pakistanais ou antarctiques présentent un rapport isotopique intermédiaire, compris entre 11 et 15 ‰.

#### 6.6.2. Analyse chimique V/Cr

C'est ensuite leur couleur, avec leur teneur en vanadium, chrome et manganèse, qui permet d'affiner la distinction des grenats de chacun de ces pays.

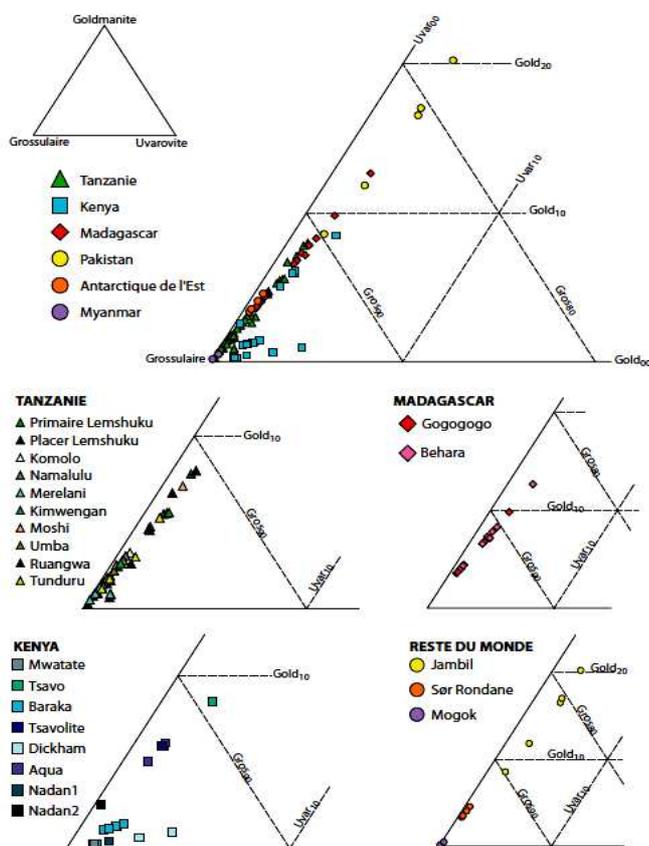


Figure 61 : Afrique de l'est : Diagrammes ternaires Grossulaire-Goldmanite-Uvarovite montrant la composition des tsavorites en fonction de leur provenance (3)

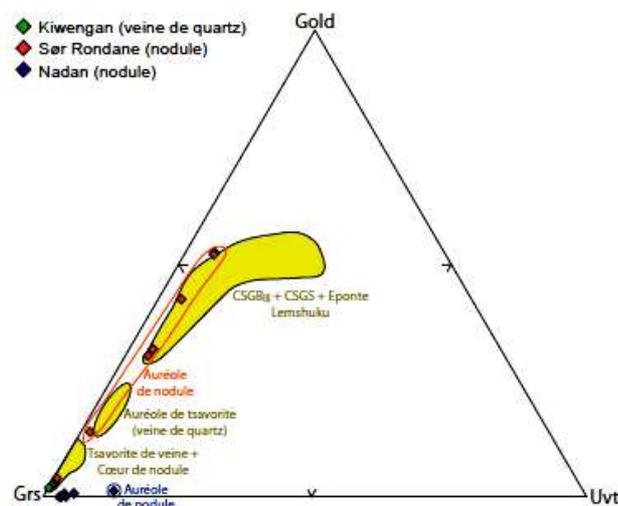


Figure 62 : Afrique de l'est : Composition des tsavorites issues des différents gisements de tsavorite étudiés (3)

### 6.6.3. Conclusion

Ces deux études, avec des approches très différentes se sont avérées complémentaires et ont permis de distinguer les sites d'exploitation des tsavorites.

Les géologues ont alors établi une nouvelle base de données, sorte de registre identitaire permettant de retrouver sa provenance en fonction de la composition de chaque grenat.

### 6.7 Conclusion

Nouvel arrivant sur le marché de la bijouterie, la couleur émeraude, la brillance et la dureté du grenat vert en font un rival de taille pour les autres pierres précieuses. Mais pour accroître son potentiel commercial international, la gemme doit obtenir sa certification : autrement dit, on doit pouvoir tracer avec précision l'origine géographique de chaque pierre. C'est ce que vient de réaliser une équipe de recherche de l'IRD et ses partenaires.

Pour les pays est-africains qui exploitent les gisements de tsavorite, cette étude offre la possibilité d'établir des guides de prospection pour la recherche de nouveaux gisements. Permettant la localisation de l'origine géographique de chaque pierre, les résultats de ces travaux constituent en outre un premier pas vers la certification des grenats verts.

Cette démarche s'avère essentielle pour préciser la valeur marchande des pierres et leur apporte une grande plus-value sur le marché de la bijouterie.

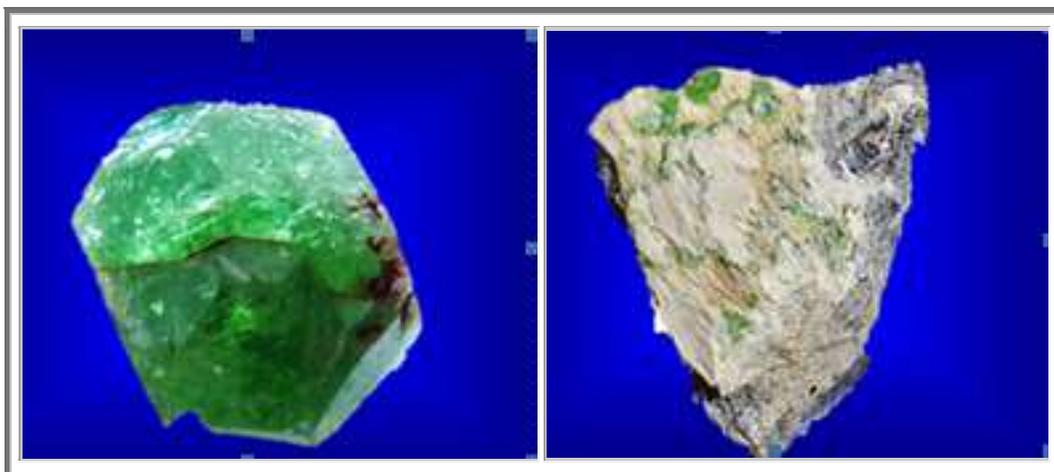


Photo 45 : Afrique de l'est : tsavorites : Tsavo, Kenya – Afghanistan

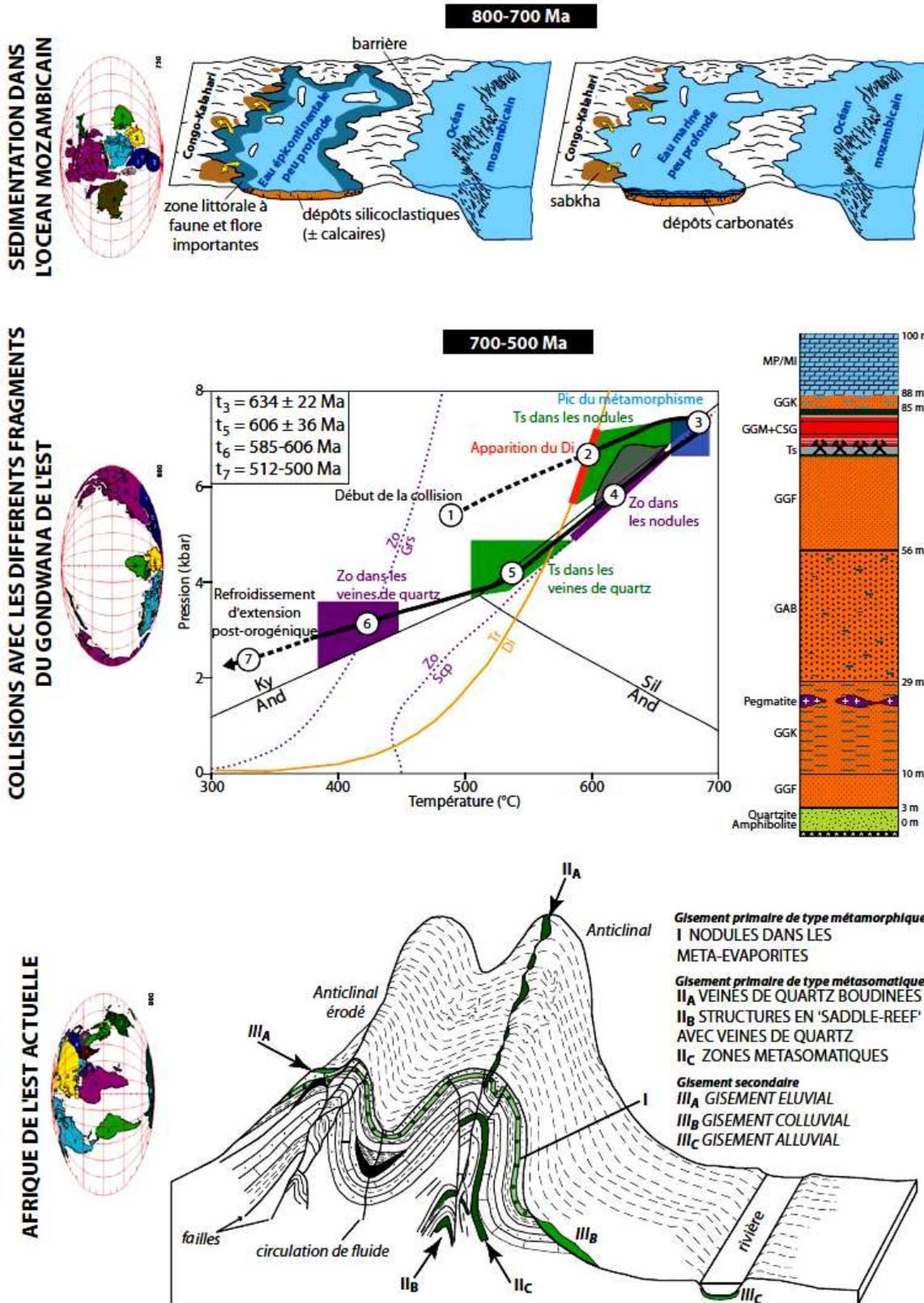


Figure 63 : Afrique de l'est : Modèle génétique de genèse des gisements de tsavorite associés aux gneiss graphiteux (3)





**Tsavorite à âme**  
**Mine de D-BLOCK, Merelani, TANZANIE**  
**35 mm x 9 mm**  
**Collection : Grenadof, Geoforum**



**Tsavorite à âme**  
**Tanzanie**  
**22 mm x 11 mm x 9 mm**  
**Collection : ebay**

**Figure 65 : Afrique de l'est : Tsavorites à âmes**

## 7. PHONOLITES A GRENAT DES ILES MARQUISES

### 7.1 Site de Ua Pou



**Figure 66 : Ua Pou : Port de l'île de Ua Pou avec vue sur les sucs**  
**Vue sur les principales protusions phonolitiques au nord de Ua POU**  
**Avec de gauche à droite : les aiguilles de Oave (1203 m), Matahuena (1028m), en arrière plan Poumaka (979 m), et Poutetainui (966m)**

### 7.2 L'archipel des Marquises et l'île de Ua Pou [3-4]

L'archipel des Marquises repose sur une croûte océanique formée à l'axe de la dorsale Pacifique-Farallon entre 53 et 49 Ma et fortement épaissie sous la partie centrale de l'archipel où le Moho atteint des profondeurs de 15 à 20 km.

L'île de Ua Pou est connue de longue date pour l'abondance exceptionnelle de ses phonolites. Sa première cartographie systématique permet une estimation du volume de sa partie émergée (27,5 km<sup>3</sup>) incluant 18 km<sup>3</sup> de phonolites (65 %) mises en place en deux étapes distinctes, 2 km<sup>3</sup> d'autres laves intermédiaires et évoluées (8 %) et 7,5 km<sup>3</sup> de laves mafiques (27 %).

L'activité aérienne de Ua Pou débute vers 4 Ma par la mise en place de tholéiites à olivine dérivant d'une source mantellique de signature HIMU jeune. Elle reprend vers 2,9 Ma avec la fusion partielle d'une source hétérogène à signature dominante EM II + HIMU jeune qui produit des liquides basanitiques primaires. Ces liquides se mettent en place à la fois en profondeur et en surface et évoluent par cristallisation fractionnée pour former les téphrites. En même temps, la refusion en profondeur de ce matériel basanitique produit des magmas téphriphonolitiques en laissant un résidu riche en amphibole. Ces magmas évoluent alors par cristallisation fractionnée pour former des liquides phonolitiques, lesquels peuvent subir une contamination par l'eau de mer. Alors que la production de ces deux types de phonolites continue de façon relativement synchrone avec la mise en place des basanites, de nouveaux processus fonctionnant en système ouvert apparaissent entre environ 2,6 et 2,4 Ma. Ils permettent la formation de téphriphonolites et de phonolites ayant assimilé du matériel de type plagiogranitique à signature HIMU et la genèse de phonolites extrêmement différenciées ayant incorporé du matériel de la croûte océanique à signature DMM. Ainsi, l'île de Ua Pou peut être considérée comme un exemple typique de série intraocéanique dans laquelle la prédominance des laves évoluées reflète leur origine par fusion partielle de précurseurs mafiques suivie de la contamination crustale plutôt que par cristallisation fractionnée et met en évidence l'existence de fortes interactions entre le panache marquisien et la lithosphère océanique Pacifique.

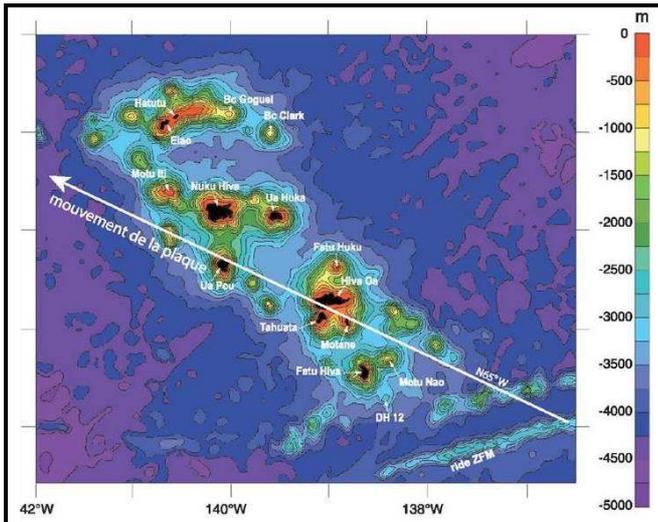


Figure 67 : Ua Pou : Carte bathymétrique des Marquises,

établie d'après les données altimétriques de Smith et Sandwell (1997). L'orientation globale de l'archipel est N40°W. La ligne N65°W, qui correspond à la migration de la plaque Pacifique à la vitesse de 10,5 cm/an, sépare les deux groupes isotopiques d'îles identifiées (groupe de Ua Huka au NE, groupe de Fatu Hiva au SE). ZFM : Zone de Fracture des Marquises.

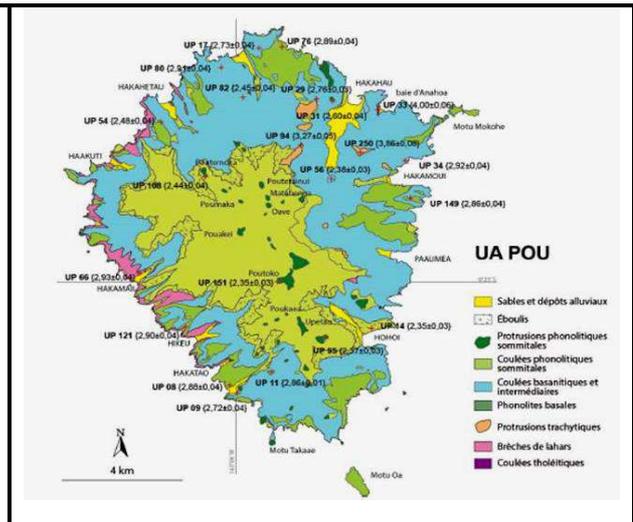


Figure 68 : Ua Pou : Carte géologique simplifiée de l'île de Ua Pou, d'après Guille et al.

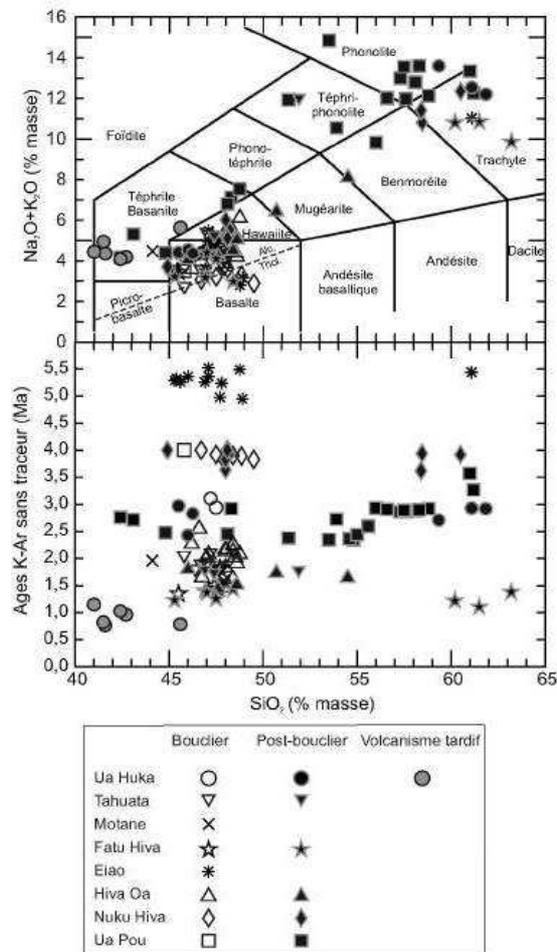


Figure 69 : Ua Pou : Diagrammes  $(Na_2O + K_2O)/SiO_2$  (TAS) d'après Le Bas et al. (1986) et âges- $SiO_2$  pour les laves datées des îles marquisiennes.

### 7.3 Présentation des phonolites à grenats

De tout l'archipel marquisien, l'île de Ua Pou est le seul endroit où l'on trouve une pierre considérée comme «magique» par les habitants eux-mêmes dont certains sont devenus maître dans sa taille. Différente d'une pierre normale, elle a la particularité de faire ressortir de minuscules «pétales» d'où son nom de «pierre fleurie».

Les habitants de l'île d'Ua Pou la connaissent depuis des siècles, depuis-même le premier peuplement de ces îles lointaines. Le site Tahiti Héritage nous en dit un peu plus : « Le véritable nom de cette roche volcanique est Phonolite à grenats (les fleurs sont des grenats dégradés). On n'en trouve que dans deux endroits au monde : au Brésil et dans l'île de Ua Pou aux Marquises, et plus précisément dans deux vallées de cette île, la vallée de Hohoi et celle de Hakatao. » Selon les estimations, elle daterait de 2,9 millions d'années.

Il existe trois sortes de pierres fleuries. La première est composée de fleurs noires, la seconde ressemble à du silex dans lequel des formations jaunes auraient bourgeonnées, puis la dernière étant la pierre fleurie rouge. Cette dernière est très difficile à trouver. Les rares chanceux la trouvent parfois sous forme de petits galets. Elle est très difficile à travailler car sa couleur est due à un composant minéral volcanique qui produit beaucoup de poussière (comme de la cendre) ; elle est très cassante mais donne un résultat très étonnant lorsqu'elle est polie.

Leur travail nécessite beaucoup de patience comme le précise Nodarref sur géoforum : «Effectivement, elle est dure à travailler mais avec de la patience, ce n'est pas si difficile. Je dégrossis d'abord ma pierre avec la meule sur la photo en lui donnant la forme désirée en prenant soin de la refroidir régulièrement dans l'eau. Ensuite, avec une pièce à main, j'émerise ma pierre avec du papier émeri du plus gros au plus fin : 120-180-220-240-360-400-500-600-800 et 1000 ensuite polissage à la poudre ponce 3/0 et ensuite je termine le polissage avec une pâte à polir bleue de bijoutier . ».



Figure 70 : Ua Pou : Phonolite à grenat fleurs jaunes gros plan sur les structures en pétales



Figure 71 : Ua Pou : sciages de phonolites verte et jaune , Nodarref



Figure 72 : Ua Pou : Phonolite à grenat fleurs jaunes gros plan sur les structures en pétales

#### 7.4 Autres sites

Ces grenats si particuliers, sont extrêmement rares. Depuis Menet, J. VARET a également trouvé des grenats fumaroliens à Fantale en Éthiopie et publié la dessus "new discovery of fumarolitic garnets". De même, il existe un autre site de phonolite à grenats au Brés

## 8. IDENTIFICATION : FILTRE DE CHELSEA

L'identification entre grenats est quasiment impossible sans des technologies avancées telles que microsonde électronique pour déterminer la composition d'une pierre et la référencer entre les pôles limites des grenats.

Mais l'identification d'une pierre afin de déterminer s'il s'agit ou non d'un grenat pose aussi des problèmes. Sans rentrer dans des frais pour s'offrir un réfractomètre, ou un polariscope, un équipement des quelques dizaines d'euros peut fournir des renseignements intéressants : le filtre de Chelsea, émeraude ou jadéite.

### 8.1 Principe

Le filtre de Chelsea est un filtre dichromatique développé en 1934, mais qui n'était pas initialement destiné à une application en gemmologie.

La spécificité de ce filtre est de ne transmettre la lumière que dans deux régions limitées du spectre : le rouge foncé (690nm) et près du jaune-vert (570nm).

Par conséquent, une pierre ne peut apparaître à travers ce filtre que dans ses tons, c'est-à-dire rouge, verte ou dans un ton brunâtre, combinaison de rouge et de vert.

En 1934, on a découvert que par l'utilisation de ce filtre, il était possible de différencier certaines émeraudes naturelles d'imitations et autres gemmes vertes. En effet, bon nombre d'émeraudes colombiennes et sibériennes absorbent la majeure partie de la lumière jaune-vert du spectre, mais pas sa composante rouge. Ainsi, observée à travers un appareil qui n'autorise que la transmission du rouge ou du jaune-vert tel que le filtre de Chelsea, elles apparaissent en rouge.

Le filtre de Chelsea est particulièrement efficace pour les pierres qui contiennent du chrome ou du cobalt. Leur couleur essentiellement vert olive est alors modifiée et peut ainsi permettre certaines identifications.

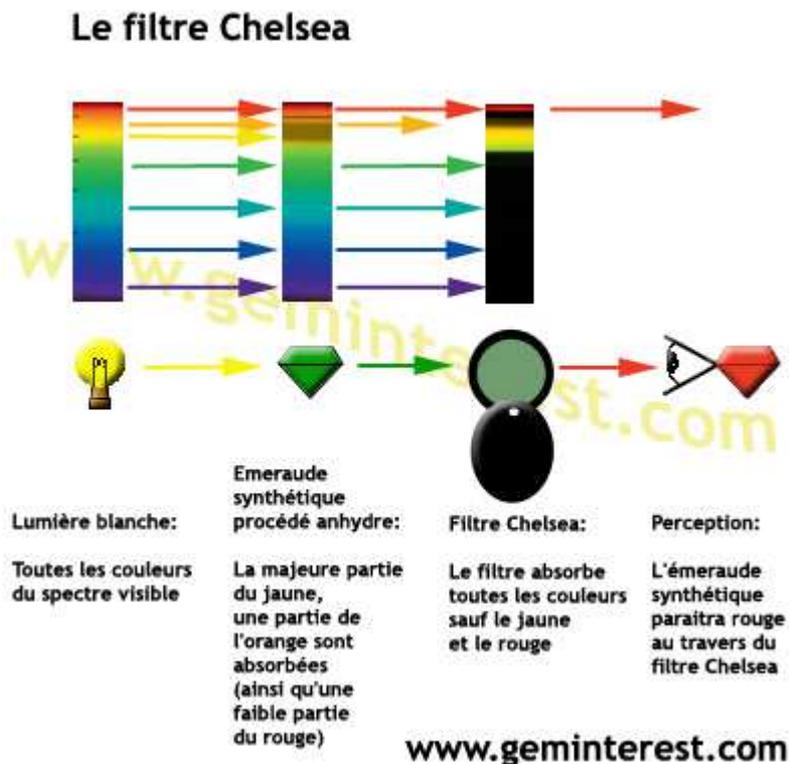


Figure 73 : Identification : Principe du filtre Chelsea

## 8.2 Fonctionnement

Placez la pierre sur une feuille blanche. Utilisez une lumière incandescente pour l'éclairer. Tenez le filtre près devant votre oeil. La couleur réelle de la pierre peut être modifiée. Dans ce cas, le tableau ci-après peut vous permettre de différencier un grenat d'un autre minéral.

Pierres à tester Couleur naturelle		Vue à travers le filtre de chelsea Couleur fractionnée	
<b>Pierres vertes</b>			
Général		Vert olive	
Jadéite vert		Vert foncé terne	
Jadéite - quelques variétés teintées		Peut présenter une teinte rouge ou rose	
Verre vert		Souvent vert foncé terne; rarement un teint rougeâtre	
Agate verte teintée		Rougeâtre à rose ou vert	
Grenats demantoïde et tsavorite		Rose à rouge intense	
Emeraude - naturelle ou artificielle avec chrome		Rouge intense ou rose à verdâtre	
Emeraude - naturelle avec vanadium		Vert foncé terne	
Tourmaline dont couleur due au chrome		Rouge intense	
<b>Pierres bleues</b>			
Aigue-marine		Bleu verdâtre	
Verre bleu dû au cobalt		Rouge intense à rose	
Saphir bleu - naturel et artificiel		Souvent vert foncé	
Spinelles bleu - artificiel avec cobalt		Rouge, orange-rose ou rose	
Topaze bleu		Jaunâtre ou presque incolore	
Topaze bleu		Couleur de peau pale ou apparemment incolore	
Spinelles imitation de lapis		Rouge intense	
<b>Pierres rouges et roses</b>			
Grenat - pyrope- almandin		Gris foncé à rouge foncé	
Verre rouge		Rouge foncé ou inchangé	
Spinelles rouge		Rouge	
Rubis - naturel ou artificiel		Rouge à rouge intense	
Saphir rose		Foncé	

Table 8 : Identification : Couleur des pierres avec filtre Chelsea

## 9. GEMMES ET MAGNETISME

### 9.1 Test visuel sur l'attraction magnétique des matières gemmes

D'après Thierry Pradat, FGA - Jean-Pierre Gauthier, (article paru en Mars 2011 dans la Revue de Gemmologie AFG, No. 175, pp. 14-18)

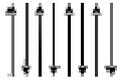
#### 9.1.1. Introduction

Les propriétés magnétiques de certains minéraux sont connues depuis des millénaires. Dans l'antiquité, Pline l'ancien parlait déjà des "pouvoirs magiques" de la magnétite alors qu'un ouvrage chinois publié entre 70 et 80 après J.-C. mentionnait l'attraction d'une aiguille par un "aimant", ce que l'on connaît aujourd'hui sous le nom de boussole (Li Shu-hua, 1954). En 1839, J.J. Berzelius évoquait l'état de polarité du minerai de fer magnétique et en 1943, P.W. Selwood décrivit les différentes méthodes de mesure de la susceptibilité magnétique des molécules dans leur ensemble. C'est en 1958 que le gemmologue B.W. Anderson a cherché à mesurer les différences d'attraction des matières gemmes sous l'action d'une même excitation magnétique. Les moyens et les tests furent améliorés à partir des années '90, avec l'apparition d'une nouvelle génération d'aimants plus stables et plus puissants.

L'origine du magnétisme dans un matériau se situe à un niveau ultramicroscopique : il provient de la rotation de l'électron autour de lui-même, créant un dipôle magnétique, un minuscule aimant, caractérisé par son "spin". En l'absence de champ magnétique extérieur, les spins des électrons attachés aux atomes présents dans la structure d'un matériau peuvent s'orienter de manière totalement désordonnée, conduisant à une aimantation globale nulle ou très faible. Ils peuvent dans d'autres cas s'organiser de façon plus ou moins structurée, conférant au matériau une aimantation permanente.

Un champ magnétique appliqué pourra modifier la répartition des spins et tendre à leur donner une direction privilégiée, c'est à dire conférer une aimantation à des matériaux qui n'en possédaient pas (Néel, 1948). Ce champ magnétique sera, dans le contexte expérimental décrit ici, créé par un aimant permanent. On caractérise alors l'aimantation du matériau par un coefficient reliant le champ magnétique (la cause excitatrice) à l'induction magnétique (l'effet induit). Ce coefficient, appelé *susceptibilité magnétique*, est caractéristique du matériau.

Ceci dit, il est possible de classer les matières gemmes en cinq catégories :

- **Diamagnétique** : le matériau ne possède pas d'aimantation spontanée mais, en présence d'un champ magnétique extérieur, il peut acquérir une aimantation très faible dirigée en sens contraire du champ d'excitation. Le matériau est théoriquement repoussé par un aimant (susceptibilité magnétique négative), ce qui est impossible à constater dans le cadre du test proposé dans le présent article. Toutes les matières gemmes ont une composante diamagnétique. Les plus représentatifs sont les feldspaths, les quartz, le diamant ou la calcite.
- **Paramagnétique** : le matériau ne possède pas d'aimantation spontanée mais, en présence d'un champ magnétique extérieur, il acquiert une aimantation dirigée dans le même sens que ce champ d'excitation. La susceptibilité magnétique est positive et en général assez faible. Le matériau peut être attiré par un aimant de manière très faible à sensible. La plupart des gaz, certains métaux, dont les matériaux alcalins, et quelques sels sont paramagnétiques, ainsi que les grenats, amphiboles, pyroxènes, olivines ou tourmalines.
- **Ferromagnétique** : Les spins s'alignent dans des régions appelées domaines magnétiques et confèrent au matériau une aimantation, même en l'absence de champ externe. Si les domaines sont trop petits, avec des orientations aléatoires d'un domaine à l'autre, l'aimantation résultante est faible. L'aimantation augmente par application d'un champ externe qui tend à aligner tous les domaines, mais l'aimantation chute brusquement à une certaine température dite de Curie, en raison de la forte agitation thermique qui détruit cet alignement. 
- **Antiferromagnétique** : Les spins sont alternativement opposés, ce qui conduit à une aimantation résultante nulle ou presque. Ex: oxydes de chrome, de manganèse, de nickel, certains oxydes de fer dont l'hématite ou sulfures de fer dont la pyrite, etc. Mais 

au-dessus d'une certaine température dite de Néel, l'agitation partielle détruit cette alternance et le matériau retrouve une aimantation, qui va de nouveau s'atténuer si la température monte encore en raison de l'augmentation de l'agitation thermique. Notons que ces minéraux peuvent devenir faiblement paramagnétiques par modification de leur structure moléculaire ou en raison de l'existence d'impuretés.

- **Ferrimagnétique** : C'est le cas typique de la magnétite  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , comportant deux ions  $\text{Fe}^{3+}$  et un ion  $\text{Fe}^{2+}$ . Les deux types d'ions  $\text{Fe}^{3+}$ , l'un dans une lacune octaédrique et l'autre dans une lacune tétraédrique de la structure, ont leurs spins opposés, et donc leur effet s'annulent, tandis que les ions  $\text{Fe}^{2+}$ , situés dans des lacunes octaédriques, ont leurs spins parallèles et sont donc responsables de l'aimantation. La structure atomique spécifique de ce type de matériau (les ferrites) lui confère un très grand pouvoir magnétique. A titre de comparaison, la susceptibilité magnétique de la magnétite est un million de fois plus grande que celle des matières diamagnétiques. Au-dessus de leur température de Curie, ces matériaux redeviennent paramagnétiques.



Notons que le diamant, naturel ou synthétique, en principe diamagnétique, peut se comporter comme une matière paramagnétique ou ferromagnétique s'il contient suffisamment d'inclusions classées comme telles.

- Les ions paramagnétiques les plus magnétogènes sont, dans l'ordre (Hoover *et al.*, 2007 & 2008)  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  et  $\text{Fe}^{2+}$
- Puis viennent, ce qui est déjà impossible à constater dans le cadre de ce test :  $\text{Mn}^{3+}$  et  $\text{Cr}^{2+}$
- Ensuite dans une moindre mesure :  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{V}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{V}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ti}^{3+}$ ,  $\text{V}^{4+}$
- Certains ions des terres rares (ETR), tous trivalents, sont magnétogènes, parfois dans de fortes proportions. Dans l'ordre :  $\text{Dy}^{3+}$ ,  $\text{Ho}^{3+}$ ,  $\text{Er}^{3+}$ ,  $\text{Tb}^{3+}$ ,  $\text{Gd}^{3+}$ ,  $\text{Tm}^{3+}$ ,  $\text{Yb}^{3+}$ ,  $\text{Nd}^{3+}$ ,  $\text{Pr}^{3+}$ ,  $\text{Eu}^{3+}$ ,  $\text{Ce}^{3+}$ ,  $\text{Sm}^{3+}$

### 9.1.2. Type d'aimant

Pour ce test, un simple aimant suffit. Il en existe quatre types distincts :

- **Aimant-Fe** : désigne ici un aimant standard ou ferrite, de composition  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , à base d'oxyde de fer. Ce type d'aimant est délaissé car son énergie magnétique est trop faible à comparer à celle des aimants de dernière génération.
- **Aimant-Al** : désigne ici un aimant puissant, de composition  $\text{AlNiCo}$  à base d'aluminium, de nickel et de cobalt. Il est instable et donc non fiable car il a tendance à se démagnétiser trop rapidement.
- **Aimant-Sm** : désigne ici un aimant  $\text{SmCo}$  à base de samarium et de cobalt. Son coût élevé et son pouvoir magnétique trop faible n'en font pas un bon instrument pour les besoins de ce test.
- **Aimant-Nd** : désigne ici un aimant puissant et permanent, de composition  $\text{NdFeB}$  à base de néodyme, de fer et de bore. Sa puissance d'attraction est 3,25 à 6,5 fois plus élevée que celle de l'aimant-Fe. De ce fait, il permet de mieux constater visuellement le pouvoir d'attraction magnétique, même sur les matières gemmes d'une teneur relativement faible en ions magnétogènes. C'est exclusivement ce type d'aimant qui sera retenu pour ce test.



Il est facile de se procurer des aimants-Nd pour quelques euros sur le web en tapant "aimant néodyme" dans un moteur de recherche. Par souci de commodité et d'efficacité, l'aimant-Nd choisi pour ce test (photo) est cylindrique, de diamètre 6 mm, de hauteur 13 mm et de produit énergétique  $\approx \text{N}45$  (correspondant à l'énergie potentielle de l'aimant dans des conditions expérimentales bien définies).

### 9.1.3. Nature du test

Il ne fait appel à aucune formule mathématique ni aucun calcul. Il repose entièrement sur l'observation visuelle. Il n'est pas d'une grande précision scientifique mais son efficacité est suffisamment significative pour permettre de séparer un bon nombre de gemmes d'après leur teneur ou non en ions magnétogènes. La matière gemme à tester peut être brute ou taillée, en cabochon ou à facettes, d'un poids compris entre 0,10 et 30 carats. Le test peut être effectué selon trois méthodes différentes correspondant à trois sensibilités distinctes, comme l'a montré Gumpesberger en 2006. Le choix de la méthode se fera en fonction du poids de la matière gemme ou de sa teneur présumée en éléments magnétogènes.

1. **Méthode directe** (Anderson, 1990 ; Gumpesberger, 2006) : Placer la gemme sur une surface plane, lisse et propre, comme une plaque de verre ou une surface mélaminée, à l'écart de tout objet métallique. S'il s'agit d'un cabochon, le placer dôme en bas afin de réduire au maximum la surface de frottement. L'aimant est tenu par une extrémité et lentement approché horizontalement de la gemme à plusieurs endroits jusqu'à constater si elle est ou non attirée et avec quelle facilité.
2. **Méthode du pendule** (Hanneman, 1996 ; Gumpesberger, 2006) : Suspendre la matière gemme à l'extrémité d'un fil à coudre non métallique à l'aide d'un bout de ruban adhésif. L'autre extrémité est attachée à un point fixe en hauteur. Approcher doucement l'aimant horizontalement à plusieurs endroits de la gemme jusqu'à constater si elle est ou non attirée et avec quelle facilité.
3. **Méthode du bateau** (Hanneman, 1996 ; Gumpesberger, 2006) : Placer la matière gemme sur un petit morceau de polystyrène expansé, de liège ou de balsa qui sera à son tour déposé doucement à la surface d'une soucoupe remplie d'eau. Tenir l'aimant par une extrémité et l'approcher de la gemme horizontalement à plusieurs endroits jusqu'à constater si le "bateau" est ou non attiré et avec quelle facilité.

Il existe une autre méthode, non testée ici mais intéressante à mentionner. Elle consiste à tester une matière gemme suspendue par un fil dans un liquide de densité comparable afin d'augmenter le plus possible la sensibilité magnétique (Koivula et al., 1984).

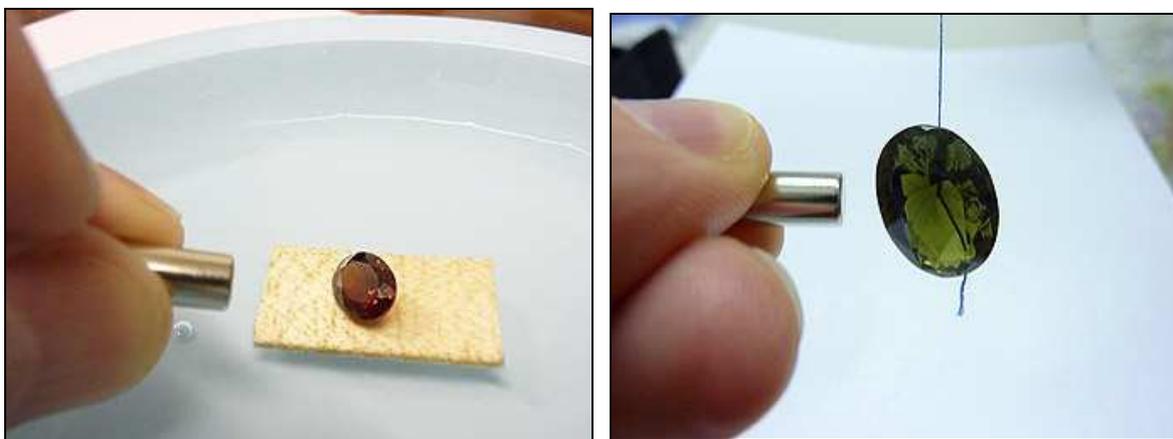


Figure 74 : Action d'un aimant sur des gemmes

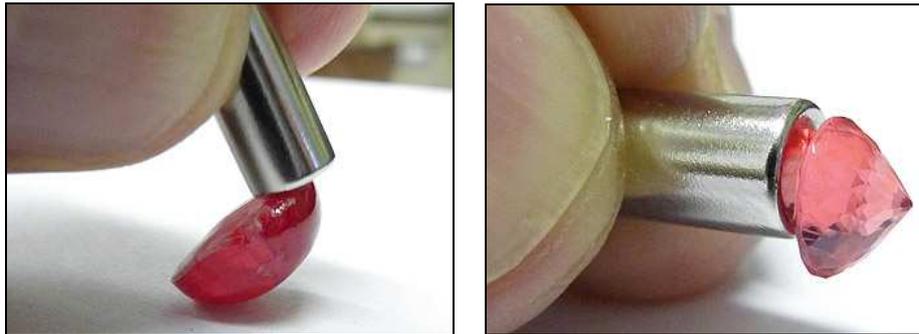
Les méthodes du bateau à gauche et du pendule à droite sont plus adaptées pour les matières gemmes à faible teneur en ions magnétogènes ou de masse trop importante. Dans les deux cas ci-dessus, la méthode directe ne donnait aucune attraction visible. Grâce à la méthode du bateau, l'hessonite de 3,08 ct, comportant une faible proportion d'almandin, s'est visiblement déplacée sur l'eau. Quant à l'amphibole de 14,33 ct, la méthode du pendule a permis de constater une faible attraction.

Il existe des tests plus précis tels que celui proposé par D.B. Hoover et B. Williams (2007) qui nécessite le même aimant-Nd et une balance précise au 1/500ème de carat afin de "mesurer" les différences d'énergie diamagnétique ou paramagnétique d'une matière gemme à l'autre.

#### 9.1.4. Effet et analyse du test

En fonction de la puissance d'attraction magnétique, quelle que soit la méthode utilisée, l'effet peut être qualifié de :

- **nul** : aucune attraction visible, la matière gemme reste immobile
- **faible** : attraction présente, la matière gemme bouge légèrement en direction de l'aimant
- **distinct** : attraction bien visible, la matière gemme bouge assez facilement en direction de l'aimant
- **fort** : attraction conséquente, la matière gemme est très facilement déplacée ou soulevée par l'aimant



**Figure 75 : Les matières gemmes riches en ions  $Mn^{2+}$  sont distinctement à fortement attirées par l'aimant-Nd. A gauche, une rhodonite du Brésil de 6,31 ct et à droite une rhodochrosite d'Afrique du Sud de 1,46 ct, facilement soulevée.**

#### 9.1.5. Utilité du test et liste des gemmes à éléments magnétogènes

Ce test est simple, non destructif et rapide pour séparer des pierres brutes ou taillées, sur le terrain, chez un négociant ou au laboratoire. Il est particulièrement intéressant de sortir l'aimant pour vérifier des lots disparates de pierres de couleurs similaires comme celles provenant des graviers gemmifères du Sri Lanka, du Myanmar ou de Madagascar. Les grenats, faiblement à très fortement attirés par l'aimant, seront vite séparés des spinelles transparents, corindons, chrysobéryls, zircons, etc. Voici quelques exemples illustratifs de ce qu'il est possible de distinguer grâce à l'aimant-Nd (Anderson, 1990 ; TP, 2010) :

Couleur	Pas d'attraction visible	Attraction magnétique visible
rose à rouge	spinnelle	grenat
orange ou vert	zircon métamicté	spessartite / démantoidé
Changement coul. vert/rouge	alexandrite	grenat à changement de couleur
vert à brun	sinhalite	péridot
vert & brun, fort pléochroïsme	andalousite	axinite
gris métallique	hématite	hématite artificielle
incolore	YAG artificiel	GGG artificiel

Pour le seul grenat, ce test aide à distinguer les différentes variétés de couleur similaire en fonction de leur degré d'attraction magnétique. Dans les nuances de rose, rouge ou orangé, les pierres fortement attirées indiquent la présence significative de molécules d'almandin et/ou de spessartite alors que les pierres nullement à faiblement attirées posséderont plutôt un nombre significatif de molécules de pyrope ou de grossulaire. Entre autres tests, les mesures de l'IR et de la densité ainsi qu'un spectre pourront confirmer l'identité de la variété



**Figure 76 : séparation par magnétisme**  
 A gauche, un lot hétéroclite de 21 gemmes en provenance des graviers gemmifères du Sri Lanka pour un poids total de 21,35 carats. A droite, ce même lot trié en trois colonnes grâce à l'aimant-Nd. L'analyse confirmera que les 11 pièces de gauche, fortement aimantées, sont des grenats var. almandin ou pyrope-almandin (rhodolite). Les 3 pièces centrales, faiblement aimantées, sont des grenats var. hessonite et les 7 pièces de droite, nullement aimantées, sont des zircons, chrysobéryls et spinelles. Notez pourtant la similitude de couleur entre les rhodolites et certains spinelles.

Les tableaux suivant indiquent les matières gemmes au pouvoir d'attraction magnétique visible en raison de leur nombre suffisamment significatif d'ions magnétogènes. A notre connaissance, aucun article précédent n'avait fait état d'une aussi longue liste, basée sur les tests des auteurs référencés en dernière colonne.

Légende : ETR = éléments des terres rares

Matière gemme	formule chimique	ions magnétogènes	effet aimant-Nd	réf.
<b>Amphiboles :</b>				
ACTINOLITE	$\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	$\text{Fe}^{2+}$	faible	4,18
PARGASITE	$\text{NaCa}_2\text{Mg}_3\text{Fe}^{2+}\text{Si}_6\text{Al}_3\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	$\text{Fe}^{2+}$	faible	5,18
RICHTERITE	$\text{Na}(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$	$\text{Fe}^{2+}$	faible	18
<b>Pyroxènes :</b>				
AEGIRINE-AUGITE	$(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+})\text{Si}_2\text{O}_6$	$\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}^{3+}$	faible	18
BRONZITE (massive opaque)	$\text{Fe}^{2+}\text{MgSi}_2\text{O}_6$	$\text{Fe}^{2+}$	distinct à fort	3,18
DIOPSIDE ÉTOILÉ opaque	$\text{CaMgSi}_2\text{O}_6 / \text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$	$\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}^{3+}$	fort	7,15,18
ENSTATITE	$(\text{Fe}^{2+})\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$	$\text{Fe}^{2+}$	faible à distinct	3,18
HYPERSTHÈNE opaque	$(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_2\text{Si}_2\text{O}_6$	$\text{Fe}^{2+}$	faible à distinct	3,18

Grenats :				
ALMANDIN	$\text{Fe}^{2+}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	$\text{Fe}^{2+}$	fort	7,12,15,16,17,18
PYROPE	$\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	$\text{Fe}^{2+}$	nul à faible	7,12,15,17,18
PYROPE-ALMANDIN (rhodolite)	$(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	$\text{Fe}^{2+}$	faible à fort	12,15,17,18
PYROPE-SPESSARTITE (changement de couleur)	$(\text{Mn}^{2+}, \text{Mg})_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	$\text{Mn}^{2+}$	faible à fort	15,17,18
SPESSARTITE	$\text{Mn}^{2+}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	$\text{Mn}^{2+}$	fort	7,12,15,16,17,18
ANDRADITE (démantoïde, topazolite, mélanite)	$\text{Ca}_3\text{Fe}^{3+}_2(\text{SiO}_4)_3$	$\text{Fe}^{2+}$	distinct à fort	7,12,15,17,18
GROSSULAIRE (hessonite, tsavorite)	$\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	$\text{Fe}^{2+}$	nul à faible	7,12,15,16,17,18
HYDROGROSSULAIRE	$\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})_4$	$\text{Fe}^{2+}$	nul à faible	18
DOUBLET GRENAT-VERRE	$\text{Fe}^{2+}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3 / \text{SiO}_2$	$\text{Fe}^{2+}$	nul à faible	15,18
Corindons :				
RUBIS ÉTOILÉ opaque Inde	$\text{Al}_2\text{O}_3$	impuretés $\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}^{3+}$	nul à fort	13,18
SAPHIR bleu foncé Australie	$\text{Al}_2\text{O}_3$	impuretés $\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}^{3+}$	nul à faible	16
SAPHIR ÉTOILÉ opaque	$\text{Al}_2\text{O}_3$	impuretés $\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}^{3+}$	nul à faible	15
Spinelles :				
SPINELLE bleu, violet	$\text{Fe}^{2+}\text{Al}_2\text{O}_4$	$\text{Fe}^{2+}$	nul à faible	15,16,18
HERCYNITE (spinelles noir)	$\text{Fe}^{2+}\text{Al}_2\text{O}_4$	$\text{Fe}^{2+}$	faible à distinct	9,18
Tourmalines :				
ELBAÏTE, DRAVITE, UVITE, couleur foncée	$(\text{Ca}, \text{Na}, \text{Mg}) (\text{Fe}^{2+}, \text{Li}, \text{Al})_3 \text{Al}_6 \text{Si}_6 \text{O}_{18} (\text{BO}_3)_3 (\text{OH})_4$	impuretés $\text{Fe}^{2+}$	nul à distinct	7,12,15,16,18
SCHORL	$\text{NaFe}^{2+}_3 \text{Al}_6 \text{Si}_6 \text{O}_{18} (\text{BO}_3)_3 (\text{OH})_4$	$\text{Fe}^{2+}$	faible à distinct	18
Réf.: <sup>1</sup> Weiss, 1899 - <sup>2</sup> Nagata <i>et al.</i> , 1957 - <sup>3</sup> Akimoto <i>et al.</i> , 1958 - <sup>4</sup> Syono, 1960 - <sup>5</sup> Vernon, 1961 - <sup>6</sup> Rossmann <i>et al.</i> , 1984 - <sup>7</sup> Anderson, 1990 - <sup>8</sup> Shigley <i>et al.</i> , 1993 - <sup>9</sup> Johnson, 1994 - <sup>10</sup> Kammerling <i>et al.</i> , 1995 - <sup>11</sup> Shigley <i>et al.</i> , 1995 - <sup>12</sup> Hanneman, 2002 - <sup>13</sup> Hainschwang <i>et al.</i> , 2003 - <sup>14</sup> Titkov <i>et al.</i> , 2003 - <sup>15</sup> Gumpesberger, 2006 - <sup>16</sup> Hoover <i>et al.</i> , 2007 - <sup>17</sup> Hoover <i>et al.</i> , 2008 - <sup>18</sup> Testé sur les échantillons de l'auteur T.P., 2010				

Matière gemme	formule chimique	ions magnétogènes	effet aimant-Nd	réf.
ASTROPHYLLITE	$K_2Na(Fe^{2+}, Mn)_7Ti_2Si_8O_{26}(OH)_4$	$Fe^{2+}$	distinct à fort	18
AXINITE-(Fe)	$Ca_2Fe^{2+}Al_2BO_3Si_4O_{12}(OH)$	$Fe^{2+}$	faible à distinct	18
BASTNAESITE	$(Ce, La)(CO_3)F$	ETR	faible à distinct	18
CLINOCHLORE	$(Mg, Fe^{2+})_5Al(Si_3Al)O_{10}(OH)_8$	$Fe^{2+}$	nul à faible	18
DIAMANT NOIR naturel	C + inclusions de Magnétite	impuretés $Fe^{2+} / Fe^{3+}$	nul à distinct	14
DIAMANT SYNTHETIQUE	C + inclusions métalliques de flux	impuretés $Fe^{2+}$	nul à distinct	6,7,8,10,11
EPIDOTE	$Ca_2(Fe^{3+}, Al)_3(SiO_4)_3(OH)$	$Fe^{3+}$	nul à distinct	7,12,15,18
EUDIALYTE	$Na_4(Ca, Ce)_2(Fe^{2+}, Mn^{2+})ZrSi_6O_{17}(OH, Cl)_2$	$Fe^{2+} / Mn^{2+}$	faible à distinct	18
GASPEITE	$(Ni, Mg, Fe^{2+})CO_3$	$Fe^{2+}$	faible	18
GGG ARTIFICIEL toutes couleurs	$Gd_3Ga_5O_{12}$	$Fe^{2+} / ETR$	distinct à fort	15
HEMATITE	$Fe_2O_3$	$Fe^{2+}$	nul à faible	12,15,18
HEMATINE ARTIFICIELLE	$(Ba, Sr)Fe_{12}O_{19}$	$Fe^{2+} / Fe^{3+}$	très fort	9,18
HUMITE	$(Mg, Fe^{2+})_7(SiO_4)_3(F, OH)_2$	$Fe^{2+}$	nul à faible	18
CLINOHUMITE	$(Mg, Fe^{2+})_9(SiO_4)_4(F, OH)_2$	$Fe^{2+}$	nul à faible	18
CHONDRODITE	$(Mg, Fe^{2+})_5(SiO_4)_2(F, OH)_2$	$Fe^{2+}$	nul à faible	18
KORNERUPINE	$(Mg, Fe^{2+})_4Al_6(SiO_4, BO_4)_5(O, OH)_2$	$Fe^{2+}$	faible à distinct	18
MAGNÉTITE	$Fe^{3+}_2Fe^{2+}O_4$	$Fe^{2+} / Fe^{3+}$	très fort	18
OXYDE DE ZIRCONIUM CUBIQUE - rose, noir	$ZrO_2$	ETR	faible à fort	15,16,18
PERIDOT (forsterite <=> fayalite)	$(Mg, Fe)_2SiO_4$	$Fe^{2+}$	faible à distinct	2,7,12,15,18
PHOSPHOSIDÉRITE	$Fe^{3+}(PO_4) \cdot 2(H_2O)$	$Fe^{3+}$	distinct	18
PYRRHOTITE (pyrite magnétique)	$FeS$	$Fe^{2+} / Fe^{3+}$	distinct à fort	1
RHODOCHROSITE	$Mn^{2+}CO_3$	$Mn^{2+}$	distinct à fort	7,12,15,18

PYROXMANGITE	$(\text{Mn}^{2+}, \text{Fe}^{2+})\text{SiO}_3$	$\text{Mn}^{2+} / \text{Fe}^{2+}$	distinct à fort	18
RHODONITE	$(\text{Mn}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Ca})\text{SiO}_3$	$\text{Mn}^{2+} / \text{Fe}^{2+}$	distinct à fort	7,12,15,18
SUGILITE	$\text{KNa}_2(\text{Fe}^{3+}, \text{Mn}^{3+}, \text{Al})_2 \text{Li}_3\text{Si}_{12}\text{O}_{30}$	$\text{Fe}^{3+} / \text{Mn}^{3+}$	faible	18
TEPHROITE	$\text{Mn}^{2+}_2(\text{SiO})_4$	$\text{Mn}^{2+}$	faible à fort	15
YIG ARTIFICIEL	$\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$	$\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}^{3+} / \text{ETR}$	fort	15
Réf.: <sup>1</sup> Weiss, 1899 - <sup>2</sup> Nagata <i>et al.</i> , 1957 - <sup>3</sup> Akimoto <i>et al.</i> , 1958 - <sup>4</sup> Syono, 1960 - <sup>5</sup> Vernon, 1961 - <sup>6</sup> Rossmann <i>et al.</i> , 1984 - <sup>7</sup> Anderson, 1990 - <sup>8</sup> Shigley <i>et al.</i> , 1993 - <sup>9</sup> Johnson, 1994 - <sup>10</sup> Kammerling <i>et al.</i> , 1995 - <sup>11</sup> Shigley <i>et al.</i> , 1995 - <sup>12</sup> Hanneman, 2002 - <sup>13</sup> Hainschwang <i>et al.</i> , 2003 - <sup>14</sup> Titkov <i>et al.</i> , 2003 - <sup>15</sup> Gumpesberger, 2006 - <sup>16</sup> Hoover <i>et al.</i> , 2007 - <sup>17</sup> Hoover <i>et al.</i> , 2008 - <sup>18</sup> Testé sur les échantillons de l'auteur T.P., 2010				

**Table 9 : Réaction magnétique d'une gemme soumise à un aimant**

### 9.1.6. Conclusion

En raison de son coût modique, de son faible encombrement et de sa facilité d'utilisation, l'aimant-Nd devrait aujourd'hui faire partie de la trousse des instruments de base du gemmologue, notamment lors de déplacements sur le terrain ou chez les négociants. Il faudra cependant veiller à ce qu'il ne soit jamais en contact ou proche d'objets sensibles au magnétisme tels que clés USB, cartes à piste magnétique, petits circuits électroniques, disques durs, etc.

Le résultat de ce test n'est pas diagnostique dans l'identification d'une matière gemme. Il donne seulement une indication de ce qu'elle peut être ou ne pas être. D'autres tests plus probants doivent être effectués, à l'aide des instruments gemmologiques de base ou des instruments avancés de laboratoire si nécessaire. D'autre part, il est prudent de ne pas tirer de conclusion trop hâtive lorsqu'une matière gemme non indiquée dans le tableau ci-dessus est magnétiquement réactive. Il se peut que la gemme soit intrinsèquement diamagnétique mais que ses inclusions soient paramagnétiques ou ferrimagnétiques. C'est notamment le cas du diamant naturel et synthétique mais aussi du quartz et d'autres silicates ou carbonates.

Pour conclure, il est probable qu'une fois calibré en gemmologie de manière standard, le magnétisme des matières gemmes effectué en laboratoire, mesuré scientifiquement, prendra de plus en plus d'importance pour aider à distinguer les différentes variétés, les gisements, les types de traitement ou les synthèses. Les ions magnétogènes n'ont pas fini de faire parler d'eux.

## 9.2 Le magnétisme des gemmes – une nouvelle méthode d'identification de grenats par Kirk Feral

Les grenats sont parmi les pierres précieuses les plus magnétiques. D'ailleurs, je me souviens qu'on avait séparé des grenats, d'un tas de petits cailloux, par l'action d'un champ magnétique en TP de minéralogie, au cours de mes études à l'ESEM à Orléans.

Au-delà de l'action de sélection, les études du magnétisme des gemmes permettent, de surcroît, de définir la composition d'une gemme en ces concentrations en pôles limites du groupe grenats.

### 9.2.1. Reconnaître et identifier les grenats à partir du magnétisme

Les grenats almandin rouges peuvent être identifiés aux spinelles rouges ou aux rubis car ils sont 100 fois plus magnétiques que ces autres gemmes.

De plus, parmi les différentes variétés de grenat, la susceptibilité magnétique varie grandement, en fonction de leurs concentrations en fer et/ou manganèse. Le grossulaire vert Mali à gauche ressemble à l'hydrogrossulaire vert à droite, avec lequel il peut être confondu. Mais le grenat du Mali est bien davantage magnétique en raison de sa teneur en fer plus élevé ( $\text{Fe}^{3+}$ ).



**Figure 77 : Grenat chromifère Mali – Hydrogrossularite chromifère**  
Réponse marquée au magnétisme – réponse modérée

Les grenats sont les seules pierres précieuses transparentes communes qui montrent une réponse marquée à un aimant N52. Ils sont en effet bien plus magnétiques que les autres gemmes transparentes, grâce à leurs concentrations plus élevées en fer paramagnétique (jusqu'à 35%pds d'oxyde de fer) et/ou de manganèse (jusqu'à 40%pds d'oxyde de manganèse).

Même l'uvarovite présente un fort magnétisme, causé par sa concentration en chrome (jusqu'à 27%pds d'oxyde de chrome).



**Figure 78 : Almandin - Spessartine**  
Contient jusqu'à 35% de fer – jusqu'à 40% de manganèse

Ces exemples montrent qu'il est possible d'établir une méthode d'analyse des grenats gemmes à partir de la mesure de la susceptibilité magnétique des grenats, car cette propriété intrinsèque à chacun des pôles limites des grenats, rend possible la détermination des concentrations relatives de fer et de manganèse, entre autres, du grenat étudié.

L'identification des grenats par leur composition chimique nécessite généralement, au-delà de la destruction de l'échantillon ou de la gemme, des technologies compliquées et coûteuses. Par conséquent, la composition chimique d'une gemme et donc, l'identification d'un grenat, n'est généralement pas connue du gemmologue ou de l'étudiant moyen qui veut identifier un grenat par espèce et variété.

Habituellement, l'indice de réfraction, les spectres de couleur et d'absorption sont les principaux indices d'identification d'un grenat. Mais, aujourd'hui, l'utilisation d'une balance de susceptibilité magnétique Hoover permet d'aller plus loin dans l'analyse des grenats.

Avec une balance Hoover, en combinaison avec un réfractomètre et un diagramme Hoover, un échantillon de grenat peut être identifié selon sa variété, et la composition chimique de la gemme peut être estimée avec précision en termes de pourcentages de 2 ou 3 pôles limites des grenats.

C'est ainsi que cette méthode d'analyse a pu révéler la vraie nature de certaines gemmes vendues jusqu'alors avec des appellations erronées.



Figure 79 : balance hoover et un minuscule aimant au néodyme 1/8 de 3mm de diamètre appliqué aux gemmes pour mesurer la susceptibilité magnétique par l'intermédiaire d'une balance Hoover

### 9.3 Graphique de composition des grenats

Le graphique de compositions de Hoover est une évolution du diagramme de Winchell pour les grenats, développée par le Dr. Horace Winchell dans les années 1950. Plus tard en 1985, Manson & Stockton ont publié une étude classique d'analyse des grenats en utilisant l'indice de réfraction, la couleur et la spectroscopie. Selon la méthode très souvent appliquée d'identification des grenats gemmes, définie par Manson/Stockton, les deux paramètres utilisés étaient des évaluations qualitatives des spectres de couleur et d'absorption. Les résultats étaient tracés sur un diagramme Winchell adapté.

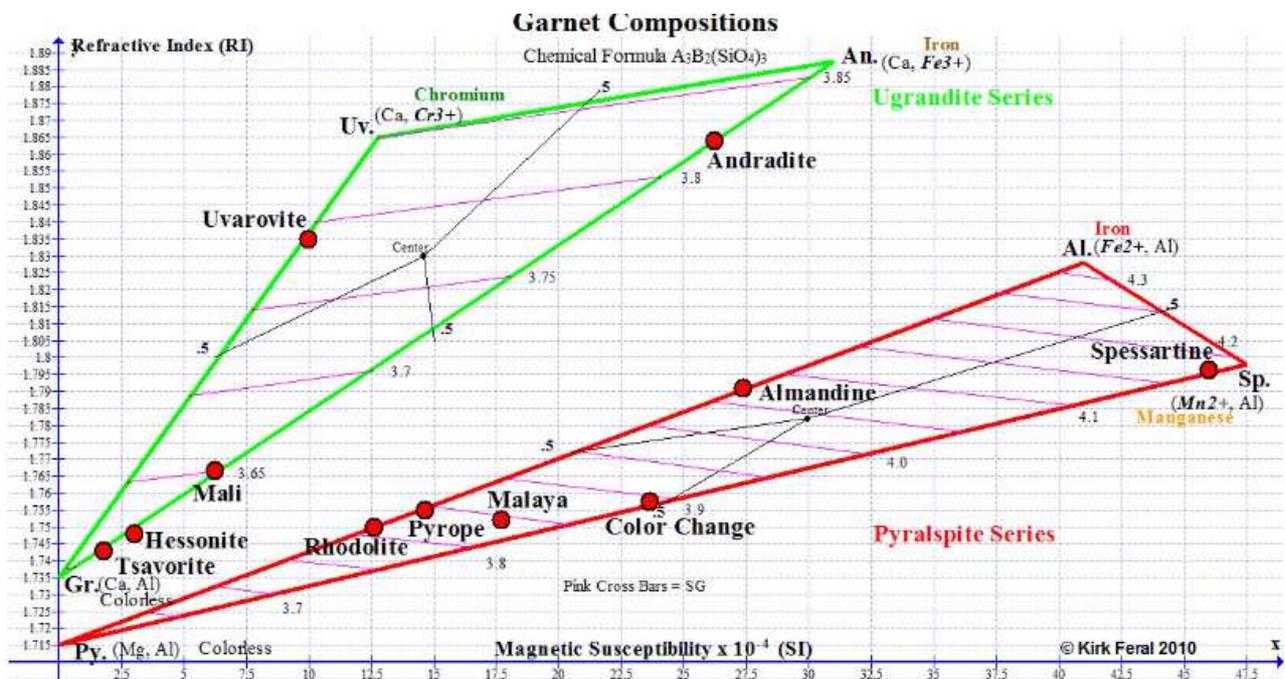


Figure 80 : Graphique RIMS de compositions des grenats Rédigé par Kirk Feral basé sur le diagramme Hoover

Dr. B.S. Hoover, ainsi que Bear Williams et ses collègues, ont publié depuis, en 2008, une nouvelle méthode pour identifier les grenats, basée sur une autre évolution du diagramme de Winchell, en faisant intervenir le magnétisme comme variable. La méthode de Hoover permet une détermination beaucoup plus précise de la composition du grenat que la méthode Manson/Stockton parce qu'elle repose, à la fois, sur l'indice de réfraction et des mesures de susceptibilité magnétique, qui sont des mesures quantitatives précises.

Le diagramme RIMS (indice de réfraction, susceptibilité magnétique) présenté ici est un graphique montrant des compositions typiques de grenats exploitées en tant que gemme. Il a été rédigé par Kirk Feral pour servir d'aide à l'enseignement pour les étudiants, et a été construit à l'aide d'un logiciel de graphique gratuit appelé « Graph ». Les points rouge du graphe représentent des moyennes estimées pour les espèces de grenat courantes et les variétés basées sur les mesures réelles des grenats de gemmes obtenues par ce chercheur. Un graphique plus complet de tous les grenats gemmes est présenté en fin de ce paragraphe.

#### 9.4 À propos du graphe grenat

L'axe horizontal du graphique RIMS montre la susceptibilité magnétique augmentant de 0 à  $47,5 \cdot 10^{-4}$  SI, le plus haut niveau de magnétisme mesuré dans les grenats gemmes. Plus le point sur le graphe est à droite, plus le grenat est magnétique. Comme les grenats sont de l'ordre de 100 fois plus magnétiques que les pierres gemmes transparentes allochromatiques, la notation pour le grenat a été changée de  $10^{-6}$ , qui est utilisé habituellement pour l'indice de susceptibilité magnétique pour les pierres précieuses, à  $10^{-4}$ .

L'axe vertical montre l'indice de réfraction augmentant de la valeur de RI 1,70 jusqu'à RI 1,89, qui est proche de la limite supérieure de l'indice de réfraction pour les grenats gemmes. Plus le point de graphe est élevé, plus le RI du grenat est élevé.

#### 9.5 Masse spécifique (ou densité) et Indice de réfraction

Les rayures roses sur chaque ternaire représentent la masse spécifique par incréments de 0,1. La masse spécifique de n'importe quel grenat gemme peut être estimée à partir de l'emplacement de son point tracé sur le graphe par rapport à ces barres transversales roses. Par exemple, la masse spécifique de l'almandin peut être estimé à 4,07.

Inversement, nous pouvons utiliser le graphique pour estimer l'indice de réfraction d'un grenat basé sur sa mesure précise du poids spécifique. Cela peut être utile pour les gemmes OTL comme Andradites dont les RI ne peuvent pas être mesurées avec un réfractomètre standard.

La masse spécifique représente la densité d'une gemme. Plus le grenat est dense, plus la concentration d'agents colorants métalliques dans la structure de la gemme est élevée, et plus la susceptibilité magnétique est élevée.

#### 9.6 Le magnétisme augmente avec l'indice de réfraction

Le degré de magnétisme augmente proportionnellement à l'indice de réfraction, et cette relation existe au sein de chacune des deux groupes de grenats, Pyralspites et Ugrandites.

Le point inférieur du ternaire vert, sur le graphique, correspond à une gemme cabochon verte de grenat grossulaire avec un indice de réfraction de 1,76 et une susceptibilité magnétique de 5. Le point supérieur sur le même ternaire correspond à une gemme cabochon brune du Mali avec un RI 1,785 plus élevé. Le grenat Mali brun est deux fois plus magnétique que le grenat Mali vert, avec une susceptibilité de 10 contre 5.

Sur le graphique de compositions des grenats, les parenthèses () précisent les ions qui occupent les sites A et B, avec des **italiques gras** indiquant l'ion agissant comme le chromophore. Pour l'almandin, les deux ions sont le fer et l'aluminium, avec le fer ferreux ( $Fe^{2+}$ ) comme chromophore. Pour le spessartine, le chromophore est l'ion manganèse ( $Mn^{2+}$ ), pour l'uvarovite, le chrome ( $Cr^{3+}$ ) et l'andradite est colorée par le fer ferrique ( $Fe^{3+}$ ).

Avec les parenthèses est indiquée la couleur prédominante couramment associée à la variété. Toutefois, les couleurs des espèces 100% pures ne sont pas vraiment connues, puisque les grenats réels ne sont jamais totalement pur. Notez que les le pyrope et le grossulaire sont allochromatiques (incolores) ; ils n'ont pas de chromophores métalliques dans leurs compositions chimiques.

Le graphique montre que la susceptibilité magnétique de l'almandin est mesurée à 41, tandis que celle de l'andradite est seulement de 31. Le fer ferreux ( $Fe^{2+}$ ) qui colore l'almandin engendre donc une susceptibilité magnétique plus élevée pour le pôle limite almandin que le fer ferrique ( $Fe^{3+}$ ) qui colore le pôle limite andradite.

Mais les gemmes de ces grenats ne correspondent pas à des pôles limites purs, et nous constatons que les gammes réelles de susceptibilité magnétique pour les gemmes d'almandin et d'andradite sont très semblables les unes aux autres.

Le spessartine dont la couleur est due au manganèse ( $Mn^{2+}$ ), possède la susceptibilité magnétique la plus élevée de toutes les espèces de grenats gemmes avec une valeur de 47,5.

Les pôles limites pyrope et grossulaire sont totalement incolores et ont des valeurs de susceptibilité magnétique de 0.

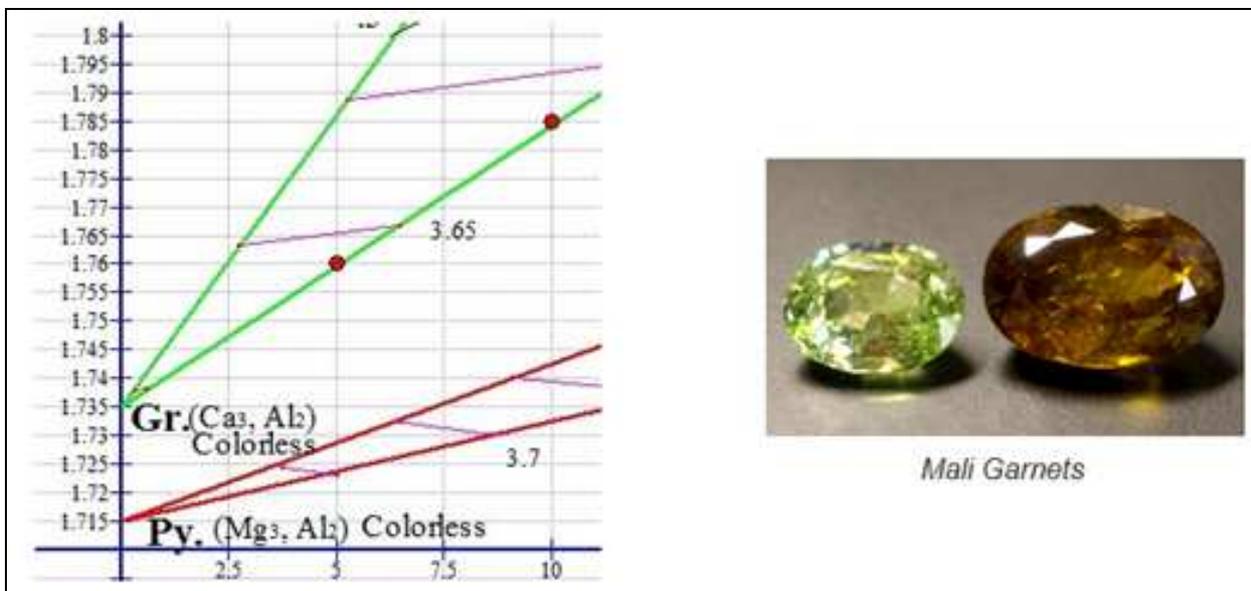


Figure 81: la susceptibilité magnétique augmente avec l'indice de réfraction

### 9.7 Le magnétisme augmente avec la densité

L'indice de réfraction augmente à mesure que la densité augmente. Une augmentation de densité a donc pour effet une augmentation de la susceptibilité magnétique. C'est vrai non seulement pour les grenats, mais également pour toutes les espèces de pierres précieuses.

### 9.8 Trisection de l'almandin

Chacun des deux ternaires grenat a un point central à partir duquel 3 sections égales (trisections) sont dessinées, une pour chacun des 3 pôles limites de grenat du groupe Pyrope ou Ugrandite. Quand un point du graphe tombe sur une trisection particulière, nous concluons que la gemme appartient à cette variété particulière de grenat. Comme vous pouvez le voir ci-dessous, le point de l'Almandin tombe dans la trisection Almandin. Ce point particulier de l'almandin représente une moyenne des lectures de grenats almandin mesurés jusqu'ici.

Les points réels pour les gemmes almandins individuels peuvent théoriquement tomber n'importe où dans la trisection almandin.

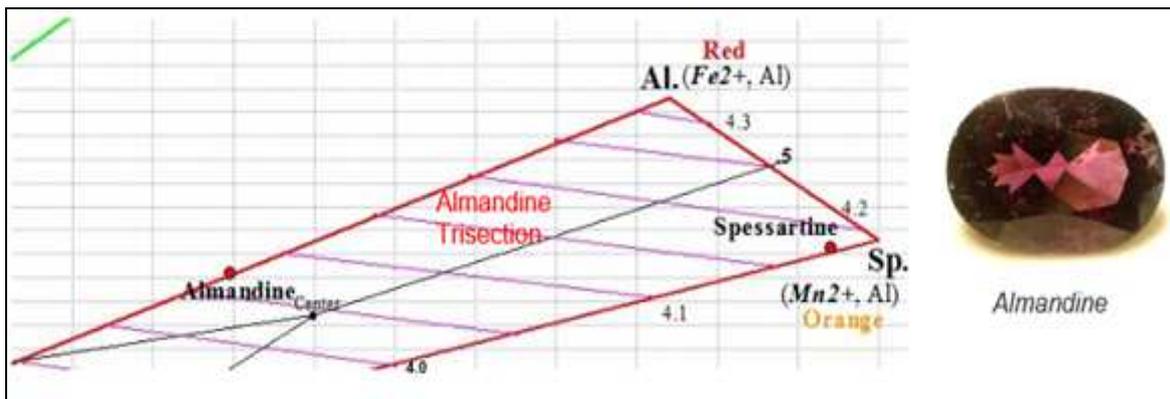


Figure 82 : trisection de l'almandin

### 9.9 Origine du magnétisme

Le graphique à barres ci-dessous compare la susceptibilité magnétique (degré d'attraction magnétique) de la plupart des variétés de grenats gemme les uns par rapport aux autres. Les grenats sont présentés du moins magnétique au plus magnétique. La hauteur de chaque barre colorée représente la susceptibilité magnétique moyenne mesurée pour la variété de grenat correspondante. La couleur de chaque barre correspond à la couleur des points du graphe pour les variétés sur le graphique précédent.

Ce graphique à barres montre que les grenats grossulaires (leuco, Rosolite, tsavorite, hessonite, Mali) sont les moins magnétiques.

La spessartine est l'espèce la plus magnétique, suivie par andradite et l'almandin.

La variété la moins magnétique parmi les Pyralspites est le pyrope chromifère

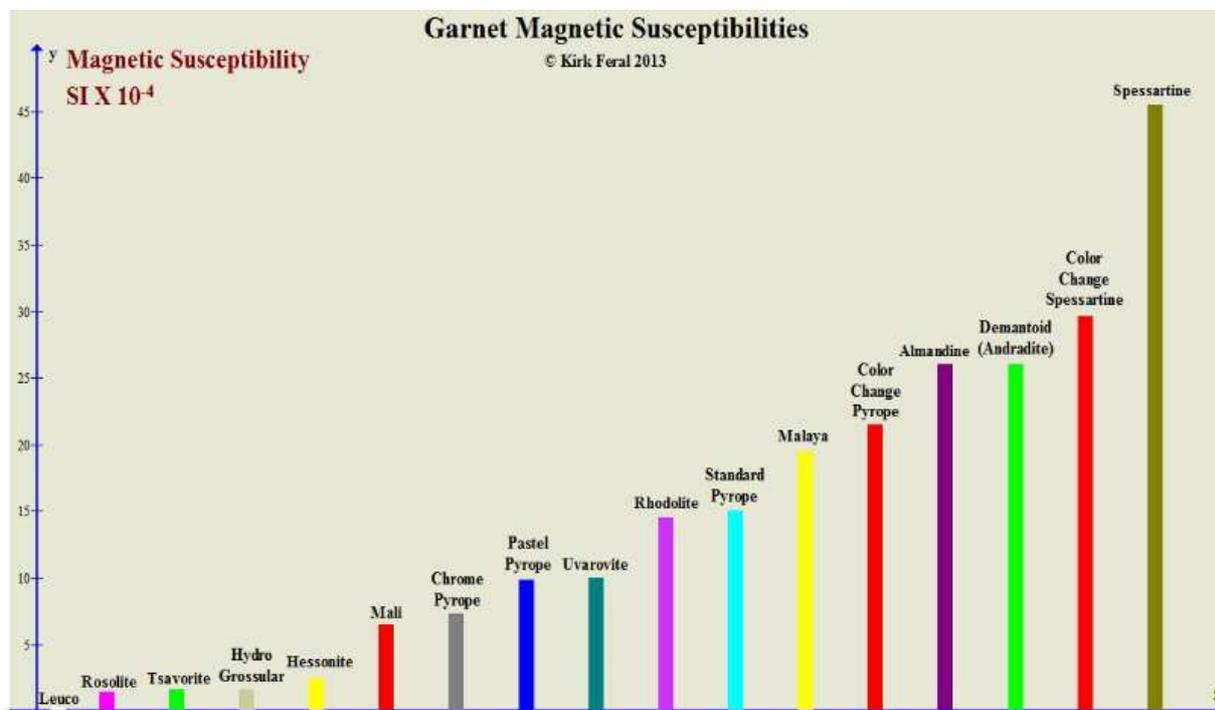
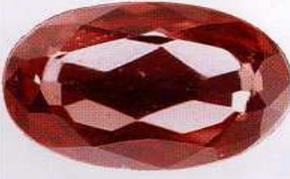


Figure 83 : Susceptibilités magnétiques relatives des grenats

<p>Grenat Rhodolite Coussin 1.15ct prix 27€</p>		<p>Grenat Rhodolite Trillion 2.26ct prix 45 €</p>	
<p>Grenat Tsavorite Ovale 1.15ct prix 285 €</p>		<p>Grenat Tsavorite Poire 0.57ct prix 145 €</p>	
<p>Grenat Almandin Coussin Échiquier 2.6ct prix 50 €</p>		<p>Grenat Changement de Couleur Ovale 1.5ct prix 275 €</p>	
<p>Grenat Hessonite</p>		<p>Grenat Almandin</p>	
<p>Grenat Pyrope</p>		<p>Grenat Pyrope</p>	

ET TOUS SERVENT A VIDER LE PORTEFEUILLE DE MONSIEUR

(prix 2007)