

Les Grenats Nature, Structure et Propriétés

Dr. Alain ABREAL

Les grenats sont connus comme pierre fine depuis l'antiquité. De part leur éclat et leurs couleurs, du rose au brun, du jaune au vert, les grenats offrent une palette de nuances et de beauté quasi incomparable.

De surcroît, ils sont abondants partout dans le monde. En France, ils sont répertoriés dans tous les massifs, anciens ou récents, dès que l'on sort les grands domaines sédimentaires : dans les zones d'obduction dans les rodingites alpines et corses, dans les roches métamorphiques du Finistère ou des Maures, dans les skarns pyrénéens, dans les éclogites d'Armorique, ou encore dans les pegmatites limousines.... Ils offrent au minéralogiste amateur que je suis, de très nombreuses perspectives de sorties sur le terrain et d'incomparables sources de plaisir.

Minéraux aux propriétés souvent bien établies, de compositions chimiques relativement simples, ils sont utilisés comme géothermobaromètres, car ils sont les indices, mieux, les témoins, des conditions géologiques sous lesquelles leurs roches environnantes se sont formées. C'est ainsi qu'ils sont parmi les principaux minéraux indicateurs de la présence de diamants.

Alors, que dire, quand à partir des études bibliographiques et des observations des grenats récoltés sur site, l'histoire géologique des 500 derniers millions d'années de la France se dévoile.

Les grenats sont des minéraux qui devraient rassembler davantage de personnes autour des centres d'intérêts qu'ils procurent, comme éléments fédérateurs entre les passionnés de minéralogie, plus attirés par la beauté d'une pièce et le plaisir de la découverte, et les géologues, plus puristes, scientifiques, dont le but est davantage la compréhension de mécanismes, bref entre ceux qui prennent plaisir à découvrir ce qu'est notre Terre et ceux qui prennent plaisir à découvrir d'où vient notre Terre.

Alain Abreal, le 21 septembre 2010

Livre 1 - Nature, Structure, Propriétés

1. HISTORIQUE

Les grenats sont connus depuis très longtemps puisque **Théophraste** (v372 –v287 av JC) l'avait déjà dénommé *anthrax*=charbon. Puis, il fut décrit par **Pline l'ancien**, naturaliste du début de notre ère (23-79 après JC) qui dénomma le grenat almandin *carbunculus* = charbon ardent, en corrélation avec sa couleur la plus répandue.

Le nom « grenat » est quant à lui plus récent puisqu'il date de 1270. Il fut utilisé pour la première fois par le théologien et philosophe allemand **Albert le Grand (1193-1280)** qui l'aurait ainsi nommé soit à partir du nom latin *malum granatum*= pomme à grains= grenade, pour sa couleur, soit à partir de *granum* = grain pour sa forme.

Pierre fine, le grenat est connu pour sa couleur rouge-brun. Toutefois, le grenat ou plus exactement les grenats sont en fait toute une famille de minéraux silicatés, dont la structure cubique de la classe 4/m $\bar{3}$ 2/m est bien définie, mais dont les éléments chimiques peuvent varier et ainsi influencer la couleur des grenats. Certains sont jaunes, verts, ou noirs. Seule la couleur bleue n'a pas été répertoriée.

2. DEFINITIONS – STRUCTURE

2.1 Définition

Les grenats sont des solutions solides de pôles limites définis par leur composition $X_3Y_2 [SiO_4]_3$ du groupe cristallographique 4/m $\bar{3}$ 2/m du système cubique.

2.2 Composition

Les grenats « purs » ou pôles limites sont définis par leur composition chimique $X_3Y_2 [SiO_4]_3$ avec :

- X : élément de degré d'oxydation +II, en site pseudo-cubique de coordinence 8 : Mg, Fe²⁺ ou Ca
- Y : élément de degré d'oxydation +III, en site octaédrique de coordinence 6 : Fe³⁺, Al, Cr voire Zr (grenat kimzeyite) ou V (grenat goldmanite).
- [SiO₄] : avec Si en site tétraédrique de coordinence 4
- Tous les sommets de ces volumes géométriques étant occupés par des atomes d'oxygène.

2.3 Dénomination

On définit ainsi toute une famille de minéraux que l'on décompose en fonction de ces éléments. Les Anglo-saxons, depuis **Winchell en 1933**, préfèrent décomposer la famille des grenats à partir des éléments bivalents. Ils parlent ainsi de grenats du groupe **Ugrandite**, pour uvarovite (u), grossulaire (gr) et andradite (and) dont l'élément bivalent est le calcium, et du groupe **Pyralspite**, pour pyrope (pyr), almandin (al) et spessartine (sp) dont l'élément bivalent n'est pas le calcium.

En France, la distinction s'effectue plutôt sur l'élément trivalent Al, Fe³⁺, V ou Cr.

Il y a actuellement 14 grenats répertoriés par l'I.M.A. International Mineralogical Association auxquels sont apparentés quelques autres minéraux :

Grenats

| | | |
|----|---------------|--|
| Al | PYROPE | $Mg_3Al_2 [SiO_4]_3$ |
| | JEFFBENITE | $Mg_3Al_2 [SiO_4]_3$ (découvert comme inclusion dans les diamants ultra profonds) (non reconnu par l'I.M.A.) |
| | ALMANDIN | $Fe_3Al_2 [SiO_4]_3$ |
| | SPESSARTINE | $Mn_3Al_2 [SiO_4]_3$ |
| | GROSSULAIRE | $Ca_3Al_2 [SiO_4]_3$ |
| | HESSONITE | $Ca_3Al_2 [SiO_4]_3$ |
| | TSAVORITE | $Ca_3(Al,Cr,V)_2 [SiO_4]_3$ |
| Fe | ANDRADITE | $Ca_3Fe_2 [SiO_4]_3$ |
| | DEMANTOÏDE | $Ca_3(Fe_{1-x}Cr_x)_2 [SiO_4]_3$ |
| | MELANITE | $Ca_3(Fe_{1-x}Ti_x)_2 [SiO_4]_3$ |
| | CALDERITE | $Mn_3Fe_2 [SiO_4]_3$ |
| | MAJORITE | $Mg_3(Fe, Si)_2 [SiO_4]_3$ (découverte dans une météorite) |
| Cr | UVAROVITE | $Ca_3Cr_2 [SiO_4]_3$ |
| | KNORRINGITE | $Mg_3Cr_2 [SiO_4]_3$ |
| V | GOLDMANITE | $Ca_3V_2 [SiO_4]_3$ |
| | MOMOÏTE | $Mn^{2+}_3V_2 [SiO_4]_3$ |
| Sc | ERINGAITE | $Ca_3Sc_2 [SiO_4]_3$ |
| Y | MENZERITE (Y) | $(Y_2Ca)_3Mg_2 [SiO_4]_3$ |
| Ti | MORIMOTOÏTE | $Ca_3 (Ti^{4+}, Fe^{2+})(SiO_4)_3$ |

Et aussi

| | | |
|----|-------------|---|
| Ti | SCHORLOMITE | $Ca_3(Ti^{4+}, Fe^{3+})_2[(Si, Ti)O_4]_3$ |
| Zr | KIMZEYITE | $Ca_3Zr_2 [Al_2SiO_{12}]$ |

On peut également citer quelques grenats hydratés qui ne répondent pas exactement à la formule des grenats bien que voisins : des groupements hydroxyles OH viennent partiellement remplacer les groupements SiO_4 dans la structure du grenat grossulaire.

| | |
|-------------------|--|
| Hydrogrossulaire: | $Ca_3Al_2(SiO_4)_{3-x}(OH)_{4x}$ |
| dont HIBSCHITE | $Ca_3Al_2(SiO_4)_{3-x}(OH)_{4x}$ (avec x entre 0,2 et 1,5) |
| HOLTSTAMITE | $Ca_3Al_2(SiO_4)_2(OH)_4$ |
| KATOÏTE | $Ca_3Al_2(SiO_4)_{3-x}(OH)_{4x}$ (avec x = 1,5 – 3,0) |
| HENRITERMIERITE | $Ca_3Mn^{3+}_2(SiO_4)_2(OH)_4$ |

Enfin, bien que non reconnu par l'I.M.A. car son existence même n'est pas confirmée

| | |
|----------|----------------------|
| SCIAGITE | $Fe_3Fe_2 [SiO_4]_3$ |
|----------|----------------------|

2.4 Des silicates

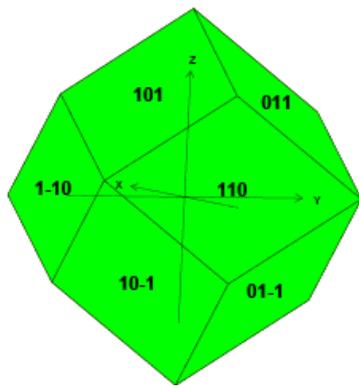
Les silicates sont les éléments principaux de l'écorce terrestre. Pour les distinguer, trois catégories ont été créées : les silicates des roches acides (feldspaths, micas, sphènes, tourmaline, béryl, zircon), les silicates des roches basiques (pyroxènes, amphiboles, péridots, zéolites) et les silicates de métamorphisme dont font parties les grenats (même si on trouve des grenats dans certaines pegmatites).

Les silicates de transformation métamorphique se distinguent également en fonction de leur teneur en aluminium et en eau ou hydroxyles :

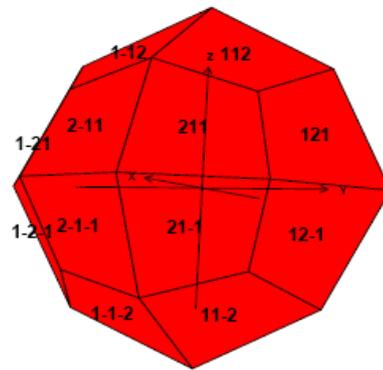
- silicates d'alumine :
 - anhydres ou peu hydratés : andalousite, disthène
 - hydratés : argile
- silicates non exclusivement alumineux :
 - anhydres ou peu hydratés : **grenats**,
 - hydratés : chlorites, serpentine

Les grenats sont donc des silicates et plus précisément, des nésosilicates, du grec νεσοζ (île), car ils sont formés de tétraèdres [SiO₄] isolés, non reliés entre eux.

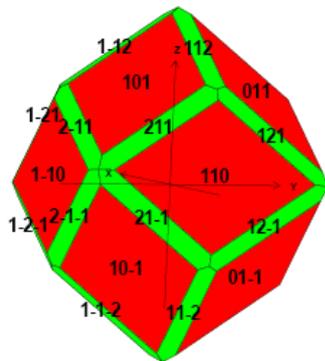
2.5 Morphologie



Rhombododécaèdre {110} dit « grenatoèdre »



Tétraonotrioctaèdre {211}



Combinaisons de {110} et {211}

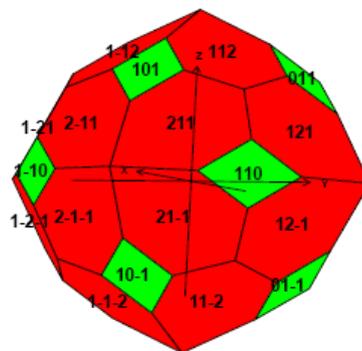


Figure 1 : Principales formes des cristaux de grenats (logiciel faces)

Les grenats sont des minéraux isomorphes, du **groupe 4/m32/m du système cubique**, avec des formes dérivées en **dodécaèdre rhomboïdal** (ou rhombododécaèdre) (surtout dans les roches métamorphiques) et trapézoèdre : **Tétraonotrioctaèdre** (plutôt dans les pegmatites).
 Aucun clivage n'a été observé.

La structure des grenats est donc constituée par des octaèdres et des tétraèdres dans une structure cubique dans laquelle, **tous les oxygènes sont identiques, chacun étant à la fois un sommet d'un octaèdre et d'un tétraèdre.**

La maille est de dimension très importante puisque chaque maille contient pas moins de 96 oxygènes.

Il est amusant de rappeler que **Haüy** a démontré par le calcul que la forme dodécaèdre du grenat était la même que l'alvéole des abeilles et que le grand angle de chaque rhombe était de 109,28'16" ce qui, a capacité égale, donne la plus petite surface possible.

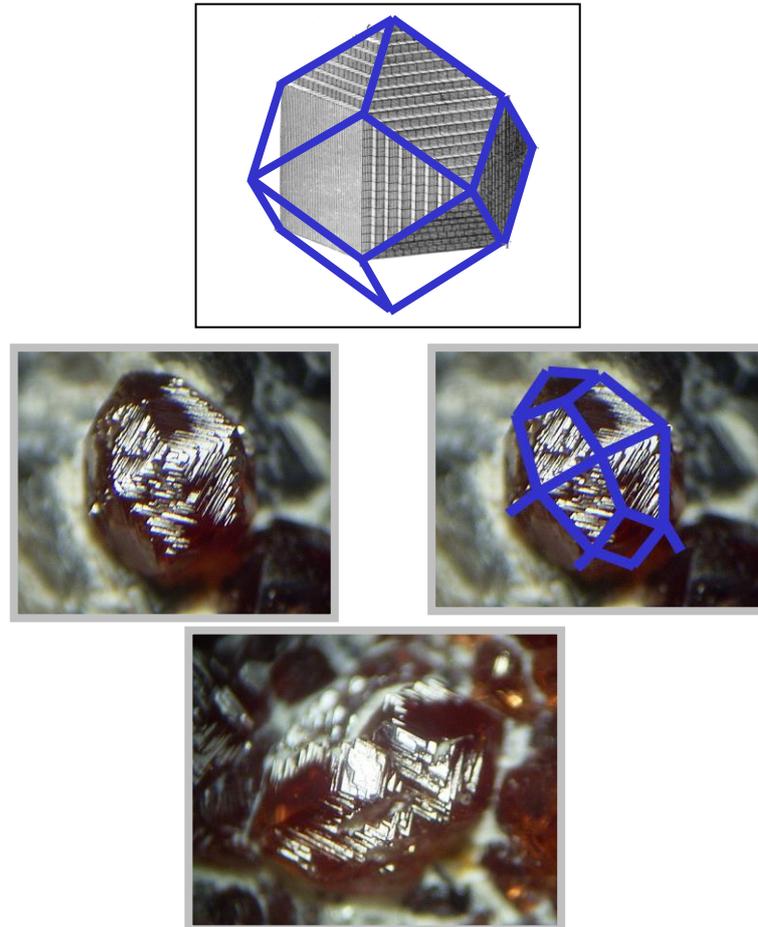


Figure 2 : Grenatoïde : briques élémentaires
La cristallisation des grenats est due à l'assemblage de micro rhomboèdres.
Tétragonotrioctaèdre composé de micro rhomboèdres - Hessonite du Pakistan (1,5 mm)

2.6 Structure

C'est **MENZER en 1926**, qui définit le premier la structure du grossulaire. Trois ans plus tard, il établit que les deux groupes de grenats, les pyralspites et les ugrandites sont isostructuraux du grossulaire. Et un peu plus tard, on donna le nom de menzrite à un grenat d'yttrium.

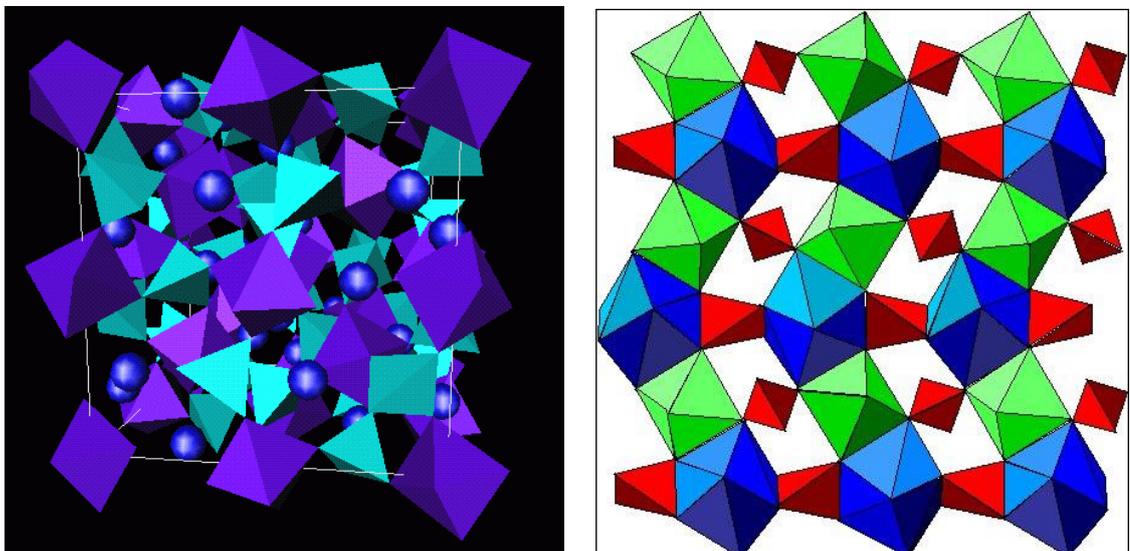


Figure 3 : Structure des grenats en 3D et selon la projection selon un axe A4

3. PHENOMENES DE SUBSTITUTION

3.1 Les grenats : un groupe plutôt qu'un minéral

Les minéraux sont des composés chimiques plus ou moins complexes qui se présentent selon des structures cristallines précises. La complexité des compositions chimiques provient notamment de l'existence de substitutions d'éléments par d'autres, dans la maille du cristal. En raison de ces variations de composition, les minéraux sont souvent désignés, sous le nom de groupe, représentatifs des solutions solides cristallines entre minéraux limites : on parle donc de groupe des amphiboles, des pyroxènes, des tourmalines ou encore des grenats.

3.2 Définition

Dans tout cet exposé, nous entendons par **minéral limite, ou pôle minéral, un minéral pur qui représente un pôle du diagramme binaire, ternaire, ou quaternaire**, d'une famille de composés. Ainsi les pyrope, almandin et spessartine sont les pôles ou minéraux limites des grenats Pyralspites ; hédénbergite et diopside sont les minéraux limites où pôles des pyroxènes de compositions (Fe, Mg) SiO₃.

Les grenats sont définis à partir de la formule X₃Y₂ [SiO₄]₃ et de la structure qui lui est associée. Toutefois, les cations X et Y peuvent représenter différents éléments. De surcroît, **ces éléments peuvent se substituer les uns aux autres**. La composition d'un minéral naturel grenat n'est quasiment jamais pure ; très souvent, **il s'agit en fait d'un mélange local de plusieurs grenats**. Ainsi par exemple un grenat de la famille pyralspite aura en fait la composition x % d'almandin + y% de pyrope + z% de spessartine, avec x+y+z=100.

La formule des grenats peut être écrite sous la forme X₃^A Y₂^M Z₃^T O₁₂ avec X = (Ca, Fe²⁺), Y = (Al, Fe³⁺) et Z = Si; les exposants décrivant les sites dans la maille, les indices indiquant le nombre d'atomes sur ces emplacements respectifs.

Dans ce système, il y a quatre pôles ou minéraux limites :

| Minéral limite | Site A | Site M | Site T | |
|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|
| almandin | Fe ₃ ²⁺ | Al ₂ | Si ₃ | O ₁₂ |
| grossulaire | Ca ₃ | Al ₂ | Si ₃ | O ₁₂ |
| skiagite (hypothétique) | Fe ₃ ²⁺ | Fe ₂ ³⁺ | Si ₃ | O ₁₂ |
| andradite | Ca ₃ | Fe ₂ ³⁺ | Si ₃ | O ₁₂ |

3.3 Règles des substitutions dans les solutions solides - Lois de Goldsmith

Un élément en faible concentration dans la source primitive (magma, fluide hydrothermal...) ne pourra pas donner un minéral en propre du fait de sa forte dilution ou dispersion. Selon ses affinités avec le milieu, soit il donnera des inclusions, soit il prendra place dans le réseau d'un minéral majeur, en tant qu'élément de substitution.

Cette affinité est directement corrélée à la taille des ions et à leur charge électronique. **GOLDSCHMIDT a émis quatre lois empiriques qui décrivent la possibilité de substitution d'un élément par un autre**, celles-ci remises à jour donnent comme indications :

- Loi 1 : un élément mineur peut se substituer à un élément majeur si leurs rayons ioniques ne diffèrent pas de plus de 15% par rapport au plus petit.
- Loi 2 : des ions dont les charges électriques diffèrent d'une unité peuvent se substituer si leurs rayons sont équivalents. Si la différence de charge est supérieure à 1, la substitution est alors peu fréquente.

Loi 3 : Si deux ions sont susceptibles d'occuper la même position dans une structure cristalline, le plus petit et/ou celui qui a la charge la plus élevée l'emportera, car les forces de Van der Waals seront alors plus importantes.

Loi 4 : En revanche, si les liaisons sont de nature covalente, certaines substitutions autorisées par les lois précédentes peuvent ne pas être vérifiées (s'il n'y a pas concordance des orbitales atomiques).

Ainsi, d'après les lois de GOLDSCHMIDT, il y a possibilité de remplacement ou de substitution isomorphe (ou diadochique) d'un ion par un autre si leurs valences électrostatiques sont identiques et **si les rayons ioniques de ces ions ne diffèrent pas de plus de 15%**.

Par exemple, en ce qui concerne le fer et le magnésium, la forstérite Mg_2SiO_4 et la fayolite Fe_2SiO_4 sont isomorphes.

De même, nous pouvons rencontrer dans de nombreux minéraux, en particulier dans les amphiboles, les symboles (Mg, Fe) et (Al, Fe), qui signifient qu'il y a substitution du magnésium Mg^{2+} par le fer ferreux Fe^{2+} dans le premier cas et de l'aluminium Al^{3+} par le fer ferrique Fe^{3+} dans le second.

NOTA :

Le magnésium Mg^{2+} et le fer Fe^{3+} peuvent également se substituer, en accord avec la deuxième loi de Goldschmidt. Du fait de leurs tailles très voisines, et ce malgré leur différence de charge qui est neutralisée par ailleurs, par la présence d'autres éléments ou de défauts. Une épidote sera plutôt verte si le magnésium est remplacé par du fer ferreux Fe^{2+} et plutôt brune si il est remplacé par du fer ferrique, Fe^{3+} .

Dans le cas des grenats, cette substitution peut intervenir sur les deux types de cations X^{2+} et Y^{3+} . Conformément à la loi de Goldschmidt, cette substitution est corrélée aux rayons des ions présents dans les grenats.

3.4 Substitutions : Quelques Remarques Générales

3.4.1. Influence de la température

La gamme de composition dans laquelle un minéral est stable peut être considérée comme une fonction de la géométrie et de la taille des sites atomiques (ou ioniques) dans la structure du cristal. Alternativement, ces facteurs dépendent fortement des interactions énergétiques entre les charges des cations et des atomes impliqués. Ces interactions énergétiques dirigent les forces de liaison et peuvent varier avec la pression et la température.

Par exemple, une augmentation de température peut conduire à une expansion significative du volume de sites où des cations métalliques sont liés par des liaisons métal-oxygène-métal (M-O-M) ; des cations de grande dimension peuvent alors pénétrer dans ces emplacements et, aux températures élevées, former ainsi des solutions solides totales.

Les liaisons Si-O-Si, comme il en existe beaucoup dans les roches constituées de minéraux silicatés, sont énergiquement plus fortes que les liaisons M-O-M (Putnis 1992). Par conséquent, la taille du tétraèdre SiO_4 ne varie guère lorsque la température augmente. Or, dans beaucoup de minéraux silicatés, l'aluminium peut remplacer le silicium dans les sites tétraédriques, formant alors des liaisons Al-O-Al. Comme ces liaisons ont une énergie encore plus élevée que les liaisons Al-O-Si (Putnis 1992), l'existence de tétraèdres $[AlO_4]$ est donc énergiquement défavorisée, avec comme conséquence, la formation de liaisons ...-Al-O-Si-O-Al-O-Si... comme par exemple dans l'anorthite (Laves et Orfèvre 1955). **Ce comportement est connu sous le nom "d'éviction de l'aluminium" ou principe d'éviction de l'Al (Loewenstein 1954), parce qu'il décrit l'impossibilité énergétique d'existence de tétraèdre $[AlO_4]$ voisin, et car il est la cause du comportement d'agencement Si-Al dans nombre de silicates.**

3.4.2. Influence de la pression

Dans de nombreux cristaux de coordination polyédrique, il y a corrélation entre la pression et la température d'une part, et la taille des sites dans la maille d'autre part, à ceci près qu'une augmentation de température a un effet similaire à une diminution de pression, et vice versa. Ainsi pour une solution solide entre le grossulaire et le pyrope, sous de faibles pressions, les sites A de coordination 8 sont légèrement trop larges pour accueillir les cations Mg^{2+} (0,97 Å en coordination 8) et sont donc principalement occupés par des cations Ca^{2+} de dimension supérieure (1,2 Å). Sous des pressions plus élevées, ces sites rétrécissent de sorte qu'il y a alors occupation préférentielle par Mg^{2+} , expliquant ainsi la présence du pyrope comme phase haute pression des grenats.

3.4.3. Influence de la taille des cations

Les tailles des cations peuvent également avoir une implication profonde sur le domaine de stabilité de la solution solide. La substitution d'un grand cation comme Ca^{2+} par de plus petits cations tels Fe^{2+} ou Mg^{2+} cause une modification des longueurs de liaisons entre les atomes voisins, pouvant aller jusqu'à un affaiblissement des liaisons M-O-M et à une déformation ou une expansion des sites dans le réseau. Dans ce contexte, Putnis (1992) a précisé qu'une substitution de Ca^{2+} (1,20 Å) par Ni^{2+} (0,77 Å) dans l'olivine a le même effet structural qu'une augmentation de la température de 20 à 1000°C. Toutefois, des substitutions impliquant des cations avec de telles différences de tailles ne peuvent se produire que si la structure du cristal peut compenser les efforts de contrainte associés à une substitution si "difficile".

Généralement, une élévation de la température facilite l'incorporation de cations de plus large rayon dans le réseau cristallin, augmentant de ce fait le domaine de stabilité d'une solution solide : conclusion confirmée par les observations qui ont démontré que les solutions solides totales pouvaient intervenir à haute température, même si des défauts de miscibilité apparaissent dans ces minéraux à plus basses températures, comme par exemple dans les pyroxènes, les feldspaths, les micas, etc... Il convient de noter que l'expression de soluté est réservée pour des phases coexistantes de même groupe de symétrie spatiale.

3.4.4. Influence de la structure cristalline

La géométrie globale d'une structure cristalline peut également diriger des substitutions de cations. Prenons une solution solide de grenats avec Mg^{2+} (0,97 Å), Fe^{2+} (0,86 Å), Ca^{2+} (1,20 Å) et Mn^{2+} (1,01 Å) en sites octaédriques A, et Al^{3+} (0,61 Å), Fe^{3+} (0,73 Å) et Cr^{3+} (0,70 Å) en substitutions sur les sites tétraédriques M. La structure du grenat est une succession de tétraèdres $[\text{SiO}_4]$ et d'octaèdres $[\text{MO}_6]$, reliés par des sommets communs et formant des pseudo-cubes déformés $[\text{AO}_8]$ de coordinence 8. L'arrangement spatial des différents types de polyèdres forme une structure tridimensionnelle complexe. En raison des faibles différences de taille des cations bivalents, il doit y avoir une très bonne miscibilité entre les grenats pyralspites ; de même pour les grenats du groupe ugrandite par la similitude de taille entre les cations trivalents. Les observations sur les grenats naturels confirment ces prévisions.

En outre, il était prévu que des substitutions entre le grossulaire et les pyralspites (almandin et pyrope), soient très limitées ; ce qui n'est toutefois pas confirmé par les observations. Cette anomalie entre la prévision et l'observation s'explique en considérant la complexité de la structure des grenats. Dans cette structure, le tétraèdre $[\text{SiO}_4]$ peut pivoter dans l'espace dans une certaine mesure, accroissant ainsi la taille des sites A et compensant les efforts de contrainte occasionnés par la substitution (Fe, Mg) Ca_{-1} (Putnis 1992). **Aussi peut-on trouver très aisément dans les conditions PT de faciès des amphibolites, des solutions solides totales entre grossulaire, almandin et pyrope.**

Nous pouvons déduire de cet exemple qu'en plus de la température de la pression d'une part, et de la taille des cations d'autre part, la géométrie de la structure cristalline a également un impact important sur le phénomène de substitutions dans un minéral. Les structures cristallines les plus complexes sont généralement plus flexibles que les arrangements géométriques simples pour compenser les contraintes liées à une substitution "difficile". Par exemple, l'importance de la substitution Ca_{-1} entre la chaux CaO , et le périclase MgO , est très limitée, mais est plus importante entre la calcite et la magnésite et est, à température élevée, presque totale entre le grossulaire et le pyrope.

En général, des températures élevées et/ou des structures cristallines complexes augmentent sensiblement la possibilité de former des solutions solides totales. Réciproquement, à basse température, les minéraux présentent des domaines de non-miscibilité ou non solution qui conduisent à la coexistence de plusieurs phases basses températures. Ces processus dépendent de l'interaction énergétique entre les atomes et les cations dans la structure cristalline.

3.5 Existence de deux groupes de grenats

Reprenons la loi de Goldschmidt et appliquons-la aux ions présents dans les grenats :

Les rayons ioniques des principaux ions présents dans les silicates sont :

- Rayons ioniques des cations : O^{2-} : 1,40 Å ($1\text{Å} = 10^{-10}\text{ m}$)

- Rayons ioniques des anions :

| | | | | | |
|--------------------|---------|--------------------|--------|--------------------|--------|
| K ⁺ : | 1,33 Å | | | | |
| Ca ²⁺ : | 0,99 Å, | Na ⁺ : | 0,95 Å | | |
| Mg ²⁺ : | 0,65 Å | Fe ²⁺ : | 0,74 Å | Mn ²⁺ : | 0,80 Å |
| Al ³⁺ : | 0,50 Å | Fe ³⁺ : | 0,67 Å | Cr ³⁺ : | 0,61 Å |
| Si ⁴⁺ : | 0,41 Å | | | | |

A partir des valeurs des rayons ioniques des principaux éléments des grenats, il apparaît 2 groupes distincts de cations dont les rayons ioniques et par conséquent les volumes sont voisins et inférieurs aux 15% limites de la loi de Goldschmidt : Ca-Na, Fe-Mg puis Al et Si.

Il convient d'imaginer comment ces anions oxygène peuvent s'organiser en coordinence autour de ces cations en fonction de leur volume et de leur charge électrostatique :

- Mg²⁺, Fe²⁺, Fe³⁺, Mn²⁺, Al³⁺ et Ti⁴⁺ sont préférentiellement en coordinence octaédrique, reliés à 6 anions oxygène O²⁻.
- En outre, de par sa petite taille, Al³⁺, peut également être en position tétraédrique.
- Si⁴⁺ n'est présent que dans des sites tétraédriques.
- Les cations Ca²⁺ et Na⁺, nettement plus volumineux, sont plutôt présents dans des sites cubiques, entourés par 8 atomes d'oxygène.

Ainsi, on retrouve la description des silicates et des grenats en particulier. A savoir qu'ils sont formés de tétraèdres SiO₄, d'octaèdres XO₆ avec X=Mg²⁺ ou Fe²⁺ pour les grenats pyralpsite et Ca²⁺ pour les grenats ugrandite, et de tétraèdres YO₄ avec Y=Al³⁺, Fe³⁺ ou Cr³⁺.

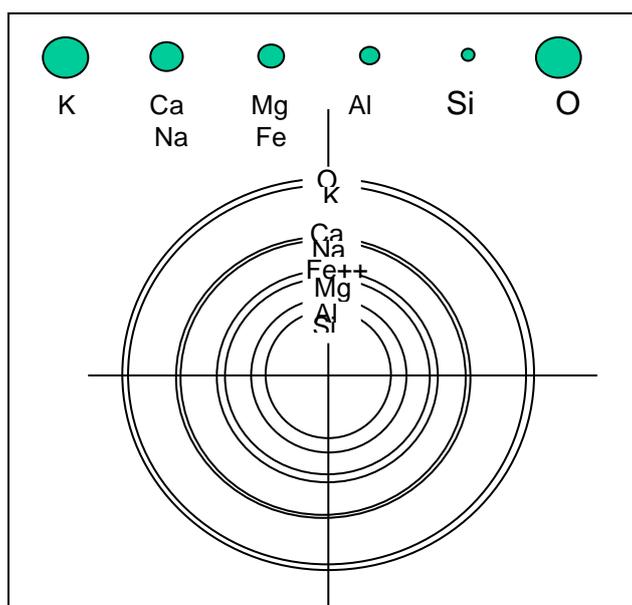


Figure 4 : Représentation schématique des dimensions des principaux ions présents dans les silicates

Mais le passage continu entre un grenat pyralpsite et un grenat ugrandite est difficile car la déformation locale engendrée par la présence dans des sites équivalents de deux ions de dimensions trop différentes (Ca d'une part et, Mg ou Fe²⁺ d'autre part) s'accompagne de contraintes trop importantes, sauf dans le cas des grenats malais (solution solide de spessartine et de pyrope, qui renferme un peu de grossulaire).

Le nom donné au grenat, qui n'est donc en fait qu'une solution solide de plusieurs grenats appartenant à un même groupe, est celui du grenat limite du domaine de substitution dont la concentration dans le grenat naturel est la plus importante.

Voici quelques exemples de grenats naturels particuliers : le grenat rhodolite dont la couleur varie du rose rouge au pourpre a une composition moyenne de 2 :1 entre le pyrope et l'almandin. De même, le grenat malais dont la couleur varie du jaune, à l'orange et au rouge, a une composition intermédiaire entre le spessartine et le pyrope, et la particularité de renfermer également un peu de grossulaire.

C'est ainsi que la distinction groupe pyralspite - groupe ugrandite prend toute sa signification. Un grenat naturel de type pyralspite par exemple, aura presque toujours une composition ternaire entre les trois pôles pyrope, almandin et spessartine, avec des proportions de Fe et Mg non nulles et possibilité d'avoir également du manganèse Mn. On parle de solution solide des composés limites du diagramme ternaire. De même, un grenat appartenant au groupe ugrandite aura une composition intermédiaire entre le grossulaire et l'andradite avec un mélange de Fe³⁺ et Al³⁺. La présence de chrome Cr³⁺ n'intervient que dans les grenats fortement colorés en vert, car le pouvoir couvrant du pigment chrome est très important.

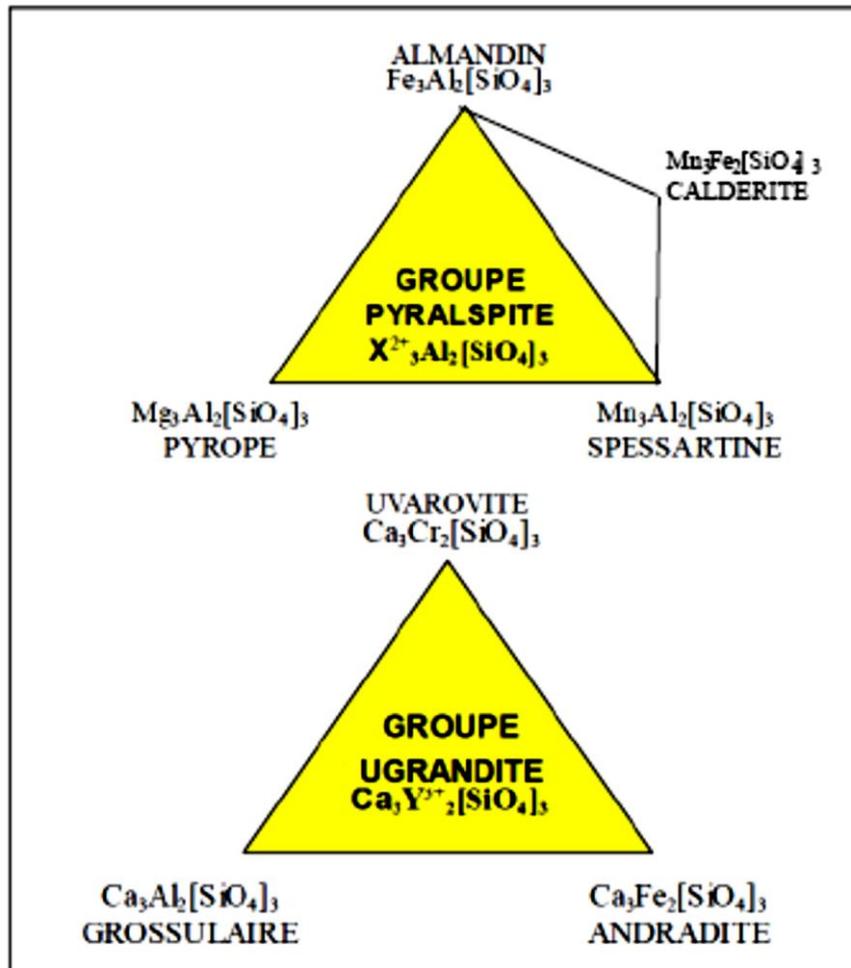


Figure 5 : Présentation des deux groupes de substitution des grenats
La caldérite, bien que n'appartenant pas au groupe pyralspite car ne contenant pas d'aluminium a été rajoutée



Photo 1 : Hessonite, val di ala, Piémont
Photo 2 : Uvarovite, Russie
Photo 3 : Grossulaire, Namibie
Photo 4 : Grossulaire

Photo 5 : Hessonite, val di ala, Piémont
Photo 6 : Hessonite, Asbestos, Canada
Photo 7 : Tsavorite, Afghanistan
Photo 8 : Grossulaire, Mali

3.6 Stabilité des grenats naturels

Les solutions solides de grenats sont thermodynamiquement instables. Il y a naturellement rééquilibrage des concentrations en les différents éléments chimiques par diffusion à l'état solide. Néanmoins, comme cette diffusion n'est que très lente aux basses températures ($T < 400\text{ C}^\circ$), il n'y a pas vraiment d'homogénéisation, même pour des grenats de plusieurs millions d'années.

Ainsi trouvons-nous des grenats zonés dont les analyses, révèlent encore aujourd'hui les modifications de composition ou de conditions physiques de pression et de température P-T subies par leur roche mère, lors de leur formation.

Ce n'est vraiment qu'aux hautes températures, du faciès des granulites ou des éclogites que les grenats tendent vers des compositions homogènes.

4. PROPRIETES MINERALOGIQUES

Le livre 2 a pour but de présenter un par un les différents grenats, avec leur étymologie, leurs caractéristiques physiques et chimiques ainsi que nombre de leurs gisements.

4.1 Généralités

| | |
|------------------------|--|
| Dureté : | 6,5-7,5 |
| Densité : | 3,4 – 4,3 |
| Classe : | nésosilicates |
| Système cristallin : | cubique $4/m\ 3\ 2/m$ |
| Habitus : | habituellement rhombododécaèdres, tétragonotrioctaèdre, ou combinaison de ces deux formes. Plus rarement hexaoctaèdres. également massive ou en grains fins |
| Indice de réfraction : | 1,72-1,94 |
| Biréfringence : | 0,000-0,005 |
| Pléochroïsme : | non |
| Couleur : | toutes sauf le bleu, selon les variétés. |
| Eclat : | vitreux à résineux, possibilité de chatouement dû à la présence de fines inclusions de pyroxènes ou d'amphibole. existence de grenats étoilés, essentiellement à 4 branches. |
| Transparence : | transparent à opaque |
| Clivage : | aucun |
| Fracture : | conchoïdale, parfois fragile |
| Trait : | blanc |

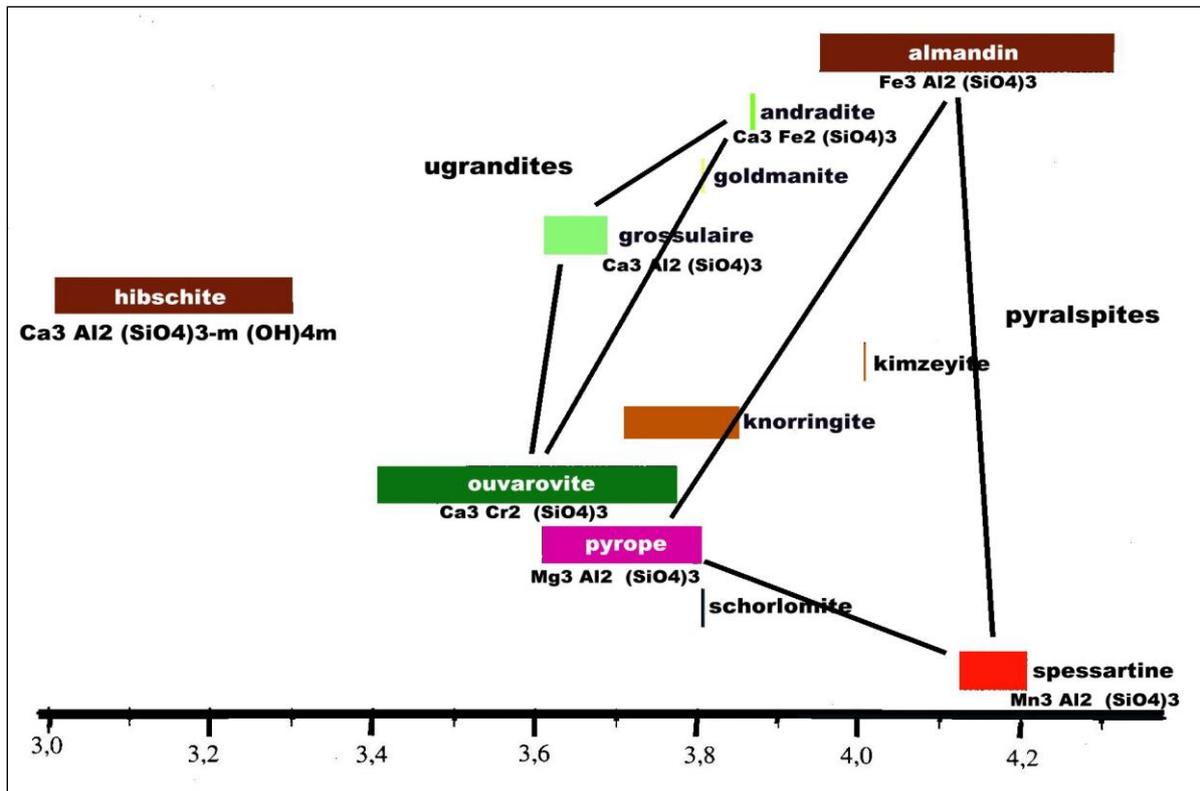


Figure 6 : Densité de différents grenats et un exemple d'hydrogrenat

4.2 Paramètres de maille

Il existe plusieurs relations empiriques qui permettent de calculer le paramètre de maille a d'un grenat en fonction des éléments qui le constituent : Voici celle de **Mac Cornell** :

$$a (\text{Å}) = 9,9 + 1,212 r(X) + 1,464 r(Y)$$

où $r(X)$ et $r(Y)$ sont les rayons ioniques des cations X et Y ;

Toutefois, ces formules ne sont valables que pour des grenats purs, limites des domaines de substitution, et ne peuvent donc être qu'indicatives.

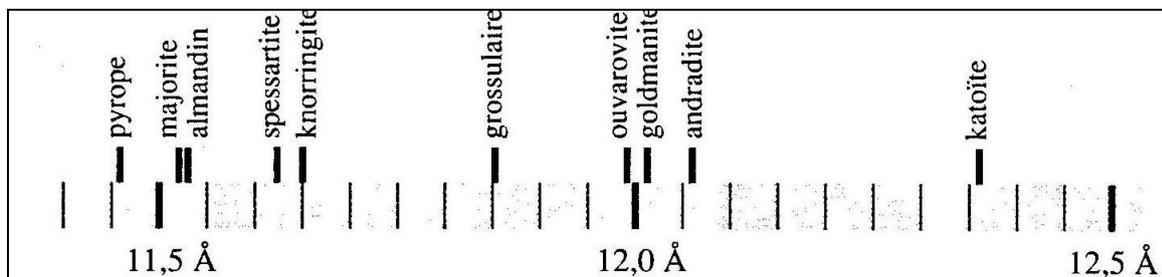


Figure 7 : Paramètre de maille du système cubique pour différents grenats

4.3 Indices de réfraction

Les grenats ont des indices de réfraction élevés qui leur confèrent un éclat très chatoyant, qui a amené les joailliers à les utiliser comme gemmes semi-précieuses.

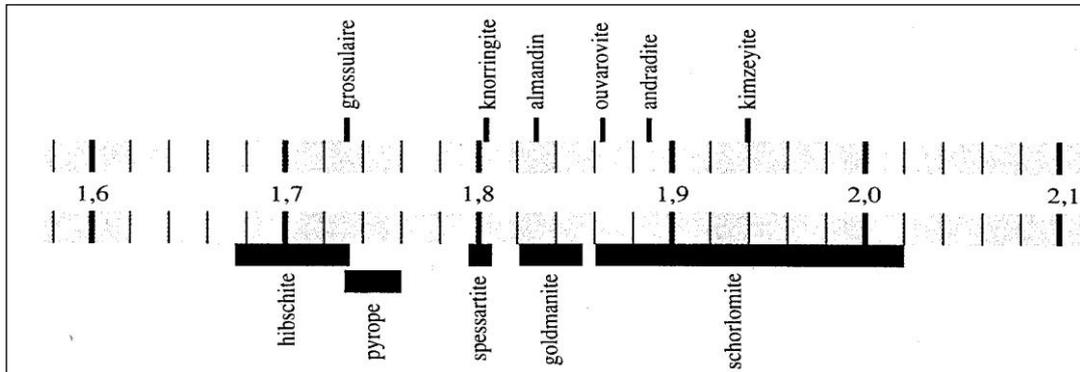


Figure 8 : Indices de réfraction des principales variétés de grenats

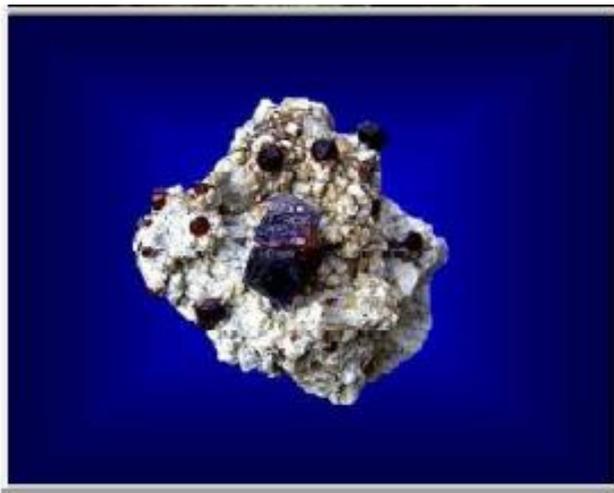


Photo 10 : Spessartite, tourmaline et albite, Pakistan

Photo 9 : Fluorine sur spessartite, Tongheïn, Chine



Photo 11 : Uvarovite, Russie



4.4 Identification

Pendant de longues années, la reconnaissance des différents spécimens découverts a été effectuée **par des méthodes de mesure de masse spécifique**, puisque le volume de la maille et sa masse dépendent de la composition du type de grenat.

Cependant, ces méthodes étaient entachées d'erreurs dues, d'une part aux faibles différences de densités entre les grenats, mais surtout au fait que les grenats naturels ne sont pas purs puisque ce sont des solutions solides de grenats entre eux, et qui plus est, possèdent souvent des inclusions qui viennent davantage fausser les mesures.

Aujourd'hui, hormis les analyses chimiques, les meilleures méthodes d'identification effectuées sur les grenats gemmes sont d'origine optique : par étude des spectres d'absorption, des mesures d'indices de réfraction et la comparaison des couleurs.

5. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES – DOMAINES DE STABILITE

5.1 Introduction

Les grenats sont très souvent associés dans l'esprit des gens, au métamorphisme dû à un accroissement de pression. Il est vrai que les mécanismes de collision, en particulier dans les séquences pélitiques, sont une source de micaschistes à grenat très fréquentes en France.

Cependant, il est très restrictif de se limiter à la seule influence de la pression sur la formation des grenats. Pour s'en persuader, il suffit de considérer les différents types de genèse des grenats : cela permet d'appréhender la complexité des mécanismes mis en jeu et des facteurs qui peuvent les influencer.

Ainsi, le métamorphisme régional, avec augmentation de pression, n'est pas la seule cause de formation des grenats. Ces minéraux peuvent également apparaître sous des pressions faibles à modérées, par augmentation de température (métamorphisme de contact et métagénèse dans des skarns) ; par cristallisation de roches magmatiques, granites et pegmatites, où ce sont les concentrations qui sont les moteurs essentielles de la cristallisation des grenats ; ou bien même par dépôt de fumerolles, sous la pression atmosphérique.

Par conséquent, ce paragraphe ne va présenter que des généralités, et je vous renvoie dans les descriptifs de la pétrologie de chacun des sites détaillés dans mon livre, pour avoir plus de précision sur les paramètres physico-chimiques de la genèse des grenats.

5.2 Différentes genèses des grenats

Il apparaît dans ce récapitulatif des différentes genèses des grenats que ces derniers peuvent avoir des origines très variées ; on a même identifié de **l'andradite dans la météorite Allende**, une chondrite carbonatée qui serait l'une des roches les plus anciennes du système solaire, son âge étant estimé à 4,5 milliards d'années.

Toutefois, ils ne peuvent se former que si certaines conditions de composition chimique de la roche mère et autre conditions thermodynamiques sont bien remplies (température, pression, fugacité de l'oxygène), pour promouvoir leur formation [A. MIASHIRO].

5.2.1. Pression

Compte tenu de la grande diversité de types de genèse des grenats, les différentes conditions de formation des grenats ne sont guère restrictives. Ainsi, des grenats ont été identifiés pour des conditions de pression allant de la pression atmosphérique pour les fumerolles de Menet, à des pressions de plusieurs GPa (1,8 GPa = 65 km pour les écolites de l'île de Groix).

5.2.2. Température

Le domaine de température d'existence des grenats est aussi très large, mais il est toutefois corrélé à la pression. Sous de faibles pressions, les grenats almandins vont se transformer en staurotide si la température dépasse 500°C (séquence métapélitique).

En revanche, pour des pressions plus élevées, les grenats vont être stabilisés sur une très large plage de température, couvrant la quasi-totalité du domaine de température de 300°C à l'anatexie.

| Processus/mécanismes | Groupe de roche | | Grenat | Exemple |
|---|---------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--|
| Magmatiques | Ultrabasiques | péridotite | Uvarovite Pyrope | Russie Remiremont (88) |
| | Acides | Granodiorite granite | almandin | St Jacut (22), Caladroi (64) |
| | Alcalines | Kimberlite | pyrope | Afrique du sud |
| Pegmatitiques | Acide | granite | Spessartine | Madagascar, Brésil, Chine, Haute-Vienne |
| hydrothermaux | Basiques à ultrabasiques | | mélanite | Mali |
| Post volcaniques | Fumerolles | | | Sur trachyte Menet (15) |
| | Phonolites | | | Sur basalte, îles marquise |
| Métamorphisme de contact, Métasomatose post magmatiques MT-BP | Calco-magnésiens | skarn | Grossulaire, andradite | Costabonne (65) Arbizon (65) Raon l'étape (88) |
| | Schiste, grès | cornéennes | Almandin, andradite, sciagite | Flamanville (50) |
| Métasomatose post obduction MT-BP | Basiques à ultra basiques | Amphibolites | Grossulaire | Asbestos (Canada), Bessan / Val d'Ala (Italie) Canari (Corse) |
| Métamorphisme régional Métamorphisme de collision | Acide, pélitiques | Micaschistes | Almandin, pyrope, rhodolite | Le Conquet (29) Massif des Maures (83), Bas limousin (86), Deux -Sèvres (79) |
| | Faciès des schistes bleus BT-MP | | Spessartine, almandin | |
| | Faciès des amphibolites MT-MP | | Almandin, grossulaire | St Privat du dragon (43) |
| | Faciès des granulites HT-MP | | Almandin | |
| Métamorphisme de subduction | Mafiques à ultramafiques | Faciès des schistes bleus MT-MP | Spessartine, Almandin | Ile de Groix (56), région nantaise, Nouvelle Calédonie |
| | Mafiques à ultramafiques | Faciès des éclogites HT-HP | Spessartine, Almandin, pyrope | Ile de Groix (56), région nantaise (44- 85) Seilhac (19) La Borie (43) |
| | Acides, pélitiques | micaschistes | Almandin | Ile de Groix (56) |

Table 1 : Liste des genèses des grenats

Les conditions PT ont été précisées pour les grenats d'origine métamorphique.

Pour les pegmatites, celles de Madagascar ont été formées entre 0 et 30 km. Il est donc difficile voir impossible de corréler quelque effet de la pression et la cristallisation des grenats. Celle-ci est principalement due à une variation des concentrations en Mn dans la phase liquide.

Pour les métasomatoses, la cristallisation des grenats est principalement due à la diffusion d'éléments métalliques dans un milieu carbonaté

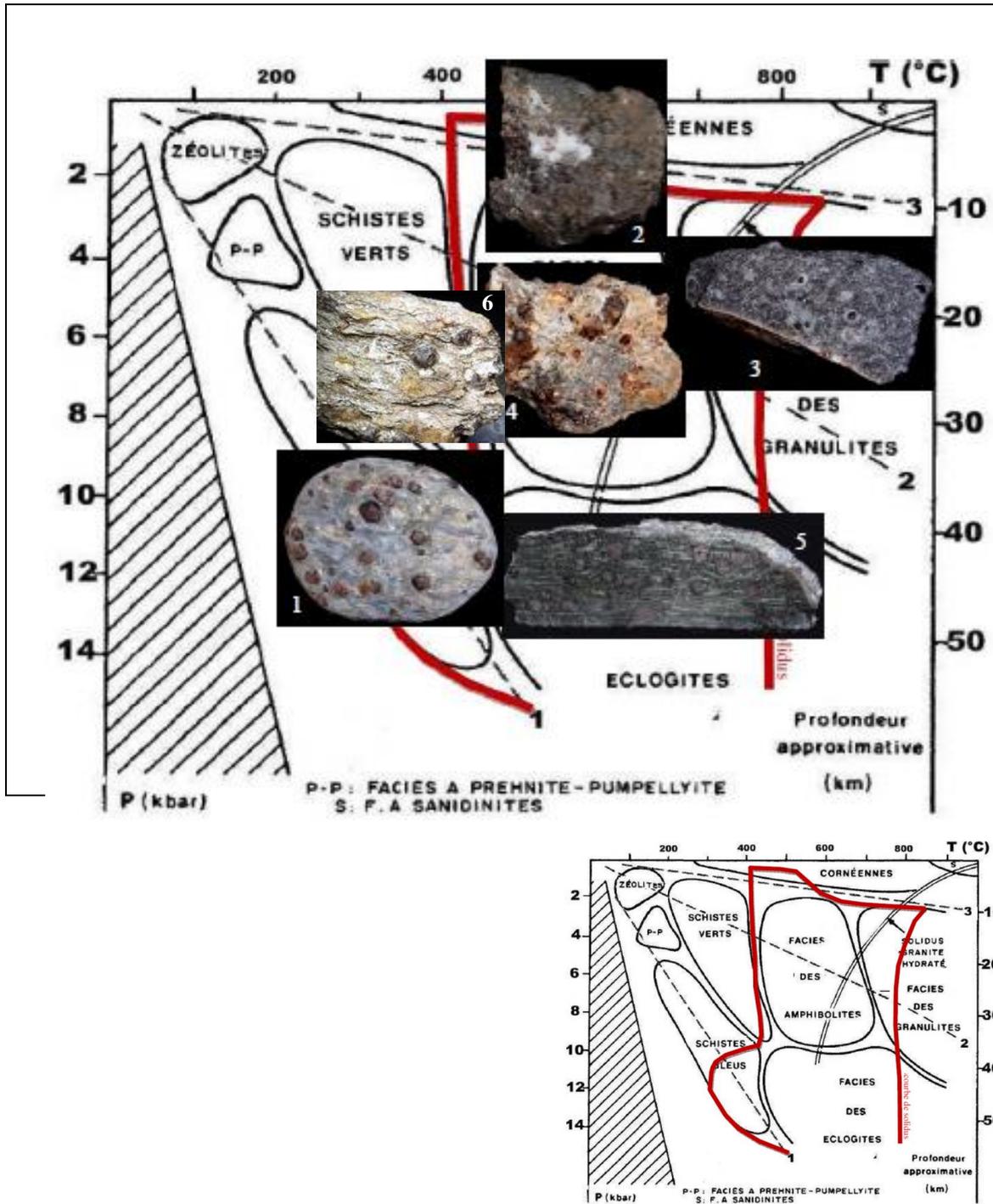


Figure 9 : Domaine d'existence simplifié des grenats d'origine métamorphique en fonction des conditions PT et donc des faciès métamorphiques

Des cornéennes de Flamanville (métamorphisme de contact) aux éclogites vendéennes (métamorphisme de subduction), les domaines d'existence des grenats couvrent la majeure partie des conditions PT de la lithosphère

- 1 : grenat dans glaucophanite, ile de Groix
- 2 : grenat dans cornéennes, Flamanville
- 3 : grenat dans granulites, origine inconnue
- 4 : grenat et staurolite, Cavalaire
- 5 : grenat et omphacite dans éclogite, St Philbert de Bouaine
- 6 : grenat dans micaschiste, cap du rossignol

Pour les températures les plus basses, il ne semble y avoir qu'une limite informelle due aux cinétiques. En deçà de 300°C, il n'y a plus de phénomènes hydrothermaux capables de dissoudre les métaux formateurs des grenats pour aller les concentrer dans une zone où les grenats pourraient cristalliser. De même, pour ces températures, les mécanismes de diffusion et de cristallisation qui sont activés et/ou accélérés par la température, sont fortement ralentis.

En ce qui concerne la limite haute du domaine d'existence des grenats, elle semble n'être autre que la courbe des solidus des roches mères, avec fusion de la roche. Hormis pour les roches pélitiques, où au-dessus de 500°C, les grenats recristallisent en staurotide. Ainsi, dans les grenatites de Bournac, extraites d'un ancien volcan, on trouve des grenats de haute pression, pyropes, partiellement fondus.



Figure 10 : Menet (15) : Grenats de fumerolles

Bien que métastables sous la pression atmosphérique, les grenats sont assez durs (utilisés comme abrasifs) et stables chimiquement. On peut ainsi trouver des gisements de grenats de type secondaire, sous formes de galets, et dans des sables détritiques

5.3 Composition – zonation des grenats

5.3.1. Influence de la pression

La composition du grenat, ou plus exactement sa zonation, définie par la composition chimique à l'intérieur du grenat en fonction de la position entre le cœur et la surface du cristal, a tendance à évoluer lorsque les conditions, de pression notamment, évoluent pendant la cristallisation du grenat. Ainsi, si les conditions de fugacité de l'oxygène ne viennent pas influencer les mécanismes de cristallisation des grenats, ceux-ci ont tendance à avoir des compositions locales qui évoluent du cœur vers la surface d'une composition riche en pôle spessartine, puis en pôle almandin, et enfin en pôle pyrope, lorsque la pression augmente au cours de la cristallisation.

La substitution Ca,Mn -> Fe,Mg tend à diminuer le volume moléculaire du grenat : une forte pression tend donc à stabiliser un grenat riche en almandin ou en pyrope.

5.3.2. Influence de la température

Lorsque la température augmente, la structure du grenat accepte plus aisément les cations Fe et Mg de faible rayons ioniques, au détriment de Ca et Mn dont les rayons ioniques sont plus grands. A pression constante, l'augmentation progressive de la température enrichit donc un grenat en almandin et en pyrope, en lieu et place d'ugrandites et de spessartine.

5.3.3. Conclusion

En conséquence, une aggravation des conditions, que ce soit pour la pression ou pour la température, déplacera la composition des grenats vers les pyralspites, une rationalisation des conditions favorisera la formation d'ugrandites.

5.4 Grenats Rhodolite

Les grenats sont une solution solide de composition intermédiaire entre plusieurs pôles minéraux limites. Les rhodolites, sont des grenats intermédiaires entre almandin et pyrope, de composition générique $(Fe,Mg)_3Al_2[SiO_4]_3$.

Compte tenu de la substitution quasi généralisée en minéralogie entre les cations Fe^{2+} et Mg^{2+} , que l'on rencontre dans les pyroxènes ou dans les épidotes par exemples, et fréquemment exploitée en géothermobarométrie, il est commun que les grenats dénommés logiquement et minéralogiquement almandin ou pyrope, soient en fait des « rhodolites ». Plus la couleur des rhodolites tend vers le rouge-brun, plus la teneur en Fe, et donc en almandin, est élevée, alors qu'un surplus de teneur en Mg donne aux rhodolites, une couleur rose à pourpre, qui est à l'origine étymologique de leur nom (du grec rhodon = rose).

ALMANDIN

L'almandin est sans contexte le grenat le plus répandu, car formé à partir des éléments chimiques les plus fréquents dans la lithosphère (Fe, Al, SiO_2). On peut le rencontrer depuis les roches magmatiques (en solution avec le spessartine), jusque dans des roches métamorphiques basiques telles les éclogites. Néanmoins, sa zone de prédilection est le métamorphisme régional de sédiments pélitiques, où il peut être très abondant dans les roches schisteuses (micaschistes ou gneiss).

Son domaine d'existence recoupe donc la quasi-totalité du domaine PT de la zone de pression atmosphérique aux hautes pressions, des températures moyennes à l'anatexie. Seule la zone moyenne à haute température sous très basse pression dans les roches pélitiques, ne permet pas de former des grenats, mais des staurotides.

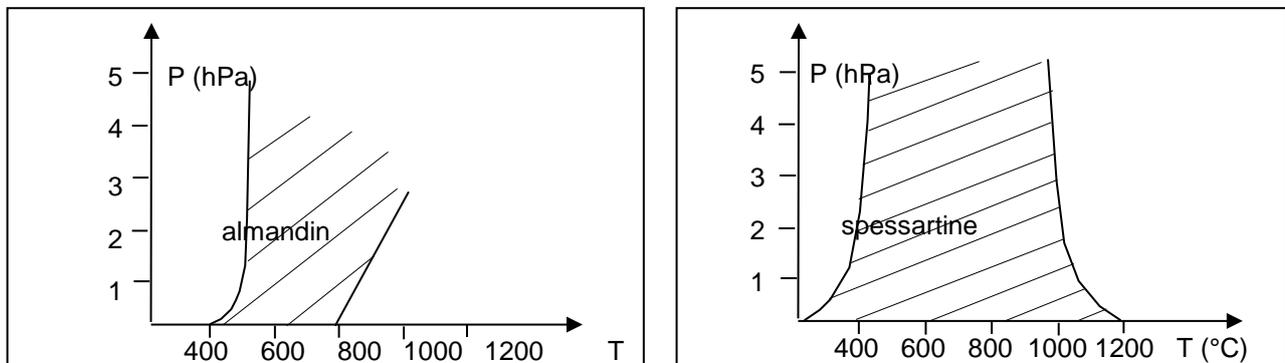


Figure 11 : Domaine PT d'existence des grenats almandin
Figure 12 : Domaine d'existence des grenats spessartite [Miashiro]

Au cours du métamorphisme régional, l'almandin est un minéral fréquent, spécialement dans les micaschistes et les gneiss alumineux.

Sous des conditions de métamorphismes correspondant à un intervalle de température donné, son développement est influencé par la pression, cette dernière tendant à stabiliser le minéral pour des compositions globales de roches de plus en plus étendues. Ainsi, dans les micaschistes mézonaux, le grenat almandin se forme en général par réaction entre les chlorites et la muscovite.

Dans les gneiss alumineux catazonaux, l'almandin est un minéral fréquent associé au feldspath potassique et à la sillimanite.

Bien que les pressions mises en jeu lors de collisions de plaques et d'orogénèses nous paraissent colossales, à nous, pauvres humains, elles ne sont en terme géologique que d'intensité moyenne. Les fractures, chevauchement et autres plissements absorbent en réalité, une quantité importante de l'énergie et finalement les pressions subies par les roches n'atteignent généralement pas le GPa (1 giga Pascal = 10 kbar).

Ainsi, lors de métamorphisme régional de roches pélitiques, si la pression est suffisante pour que le silicate d'aluminium stable soit le disthène (ou cyanite), le grenat est très abondant dans les micaschistes qui semblent souvent tapissés de petits almandins à la couleur brune caractéristique.

Dans le métamorphisme à andalousite, donc de plus basse pression, son développement dans les micaschistes est plus limité ; il peut même ne pas apparaître pour des pressions trop faibles. Cette influence de la pression explique la rareté de l'almandin dans les cornéennes alumineuses de l'auréole de contact des granitoïdes supercrustaux.

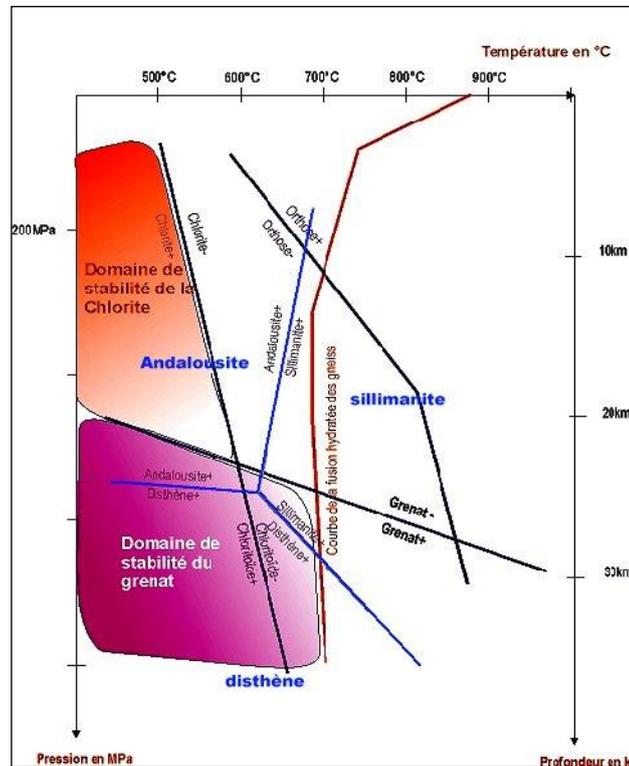


Figure 13 : Domaine PT d'existence des grenats dans les séquences pélitiques de métamorphisme régional

PYROPE

Le pyrope n'est guère stable qu'à très haute pression ($P > 1,5$ GPa en présence d'eau). Il se forme sous HT-HP dans les roches métamorphosées ultrabasiques (serpentinites et les péridotites).

C'est donc un minéral rare qui n'existe guère que dans les péridotites à pyrope, les ariégites, certaines éclogites et roches incluses sous forme de xénolithes dans les kimberlites des pipes diamantifères.

ALMANDIN et/ou PYROPE

Dans les roches catazonales de haut degré, appartenant au faciès des granulites, l'almandin s'enrichit en constituant pyrope, dont la concentration atteint couramment 30%, principalement sous l'effet d'une augmentation de la température (650-750°C).

Dans les éclogites, formées à des pressions élevées ($P > 1$ GPa), le grenat devient l'un des constituants principaux avec la jadéite et renferme aussi une forte concentration de pyrope.

Une faible pression d'oxygène, condition généralement réalisée dans les micaschistes et les paragneiss, favorise l'almandin, qui peut s'enrichir en spessartine et en pyrope dans les conditions contraires.

L'almandin plutôt rare dans les granites, n'est pas exceptionnel dans les roches volcaniques acides.

5.4.1. Spessartine

A partir des études de différents gisements, Miashiro a montré que la spessartine et le grossulaire devaient avoir des domaines de stabilité très étendus.

La spessartine se forme davantage dans les pegmatites. On en trouve également dans les roches métamorphisées par contact, associés à d'autres minéraux de manganèse.

6. UTILISATIONS

6.1 Joellerie

6.1.1. Généralités - 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^{ème} 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.

6.1.2. 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 bénéfiques 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.

6.2 Projet des grenats gemmes du GIA

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

6.2.1. 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.

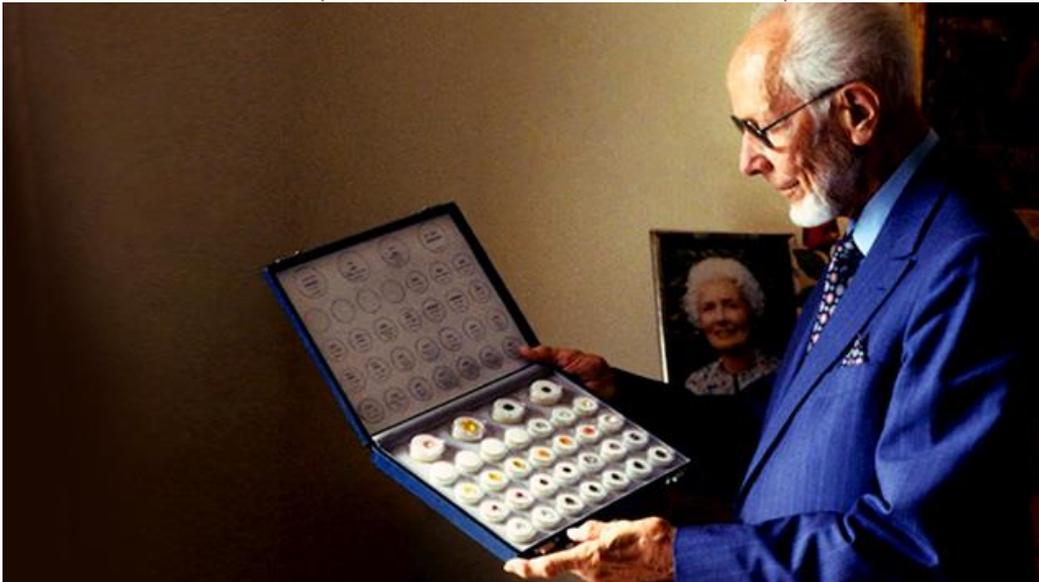


Figure 14 : Edward J. Gübelin et une partie de sa collection

6.3 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 15 : 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:

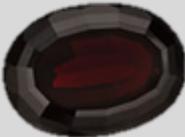
1. une photographie de la pierre précieuse.
2. le numéro de collection de gemmes du GIA
3. l'espèce de gemme, et le cas échéant, un groupe et un nom de variété.
4. des renseignements sur la localité géographique, signalés par pays, province ou État (district ou comté) et ville (nom de la mine), tel qu'il 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.

6.3.1. 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 démantoides 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 «œil de chat» vu dans la lumière réfléchi), ou un changement de couleur lorsqu'il est vu sous différents types d'éclairage.

| | | |
|--|---|---|
| <p>33197 Almandin - Spessartine République tchèque</p> |  | <p>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</p> |
| <p>33222 Almandin - Spessartine Inde</p> |  | <p>Forme : emeraude Poids : ct 12,86 Dimensions : mm 15,56 x 10,40 x 6,90 Aspect : transparent Couleur : très sombre, force modérée, orange rougeâtre</p> |
| <p>33308 Andradite Corée</p> |  | <p>Forme : oval Poids : ct 2,10 Dimensions : mm 8,38 x 7,17 x 4,78 Aspect : transparent Couleur : sombre, brun clair, jaune</p> |
| <p>33282 Andradite Afrique du sud</p> |  | <p>Forme : cabochon Poids : ct 16,02 Dimensions : mm 19,72 x 13,60 x 6,25 Aspect : opaque Couleur : iridescent</p> |

| | | |
|---|---|---|
| <p>35637 Andradite (Demantoïde) Iran</p> |  | <p>Forme : rond Poids : ct 1,67 Dimensions : mm 7,16 x 7,31 x 4,45 Aspect : transparent Couleur : moyen, intense, clairvert jaunâtre</p> |
| <p>33307 Andradite (Demantoïde) Italie</p> |  | <p>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> |
| <p>33303 Andradite (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>33301 Andradite (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 jaunâtre</p> |
| <p>33300 Andradite (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>33223 Grossulaire 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>33265 Grossulaire 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>33242 Grossulaire 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>34991 Grossulaire 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>33239 Grossulaire 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>33298 Grossulaire (Hessonite) 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 jaunâtre</p> |
| <p>33299 Grossulaire (Hessonite) 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>33293 Grossulaire (Hessonite) 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>33292 Grossulaire (Hessonite) 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>33281 Grossulaire (Hessonite) 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>34842 Grossulaire (Hessonite) 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>35007 Grossulaire (Hessonite) 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 orangé</p> |
| <p>34358 Grossulaire (Tsavorite) 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>35569 Grossulaire (Tsavorite) 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>33229 Pyrope 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 rouge</p> |
| <p>33278 Pyrope 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 rouge</p> |
| <p>33313 Pyrope 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 orangé</p> |
| <p>34395 Pyrope - Almandin 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 orangé</p> |

| | | |
|---|---|--|
| <p>34542 Pyrope - Almandin 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>34841 Pyrope - Almandin 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>34769 Pyrope - Almandin 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>34759 Pyrope - Almandin 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>33201 Pyrope - Almandin 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 orange</p> |
| <p>35213 Pyrope - Almandin 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 orange</p> |
| <p>33459 Pyrope - Almandin (Rhodolite) 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>33461 Pyrope - Almandin (Rhodolite) 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>33206 Pyrope - Almandin (Rhodolite) 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>33199 Pyrope - Almandin (Rhodolite) 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>35021 Pyrope - Almandin (Rhodolite) 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>33198 Pyrope - Almandin (Rhodolite) 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 pourpre</p> |
| <p>34387 Pyrope - Spessartine 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>35068 Pyrope - Spessartine 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>34338 Spessartine 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>34719 Spessartine 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>33251 Spessartine 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>33249 Spessartine 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>34844 Spessartine 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>34899 Spessartine 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>35227 Spessartine 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> |

6.4 Les grenats de Perpignan

6.4.1. Une culture ancestrale

Dans le Roussillon, l'utilisation de grenats en joaillerie se perpétue depuis le XVIII^e 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.

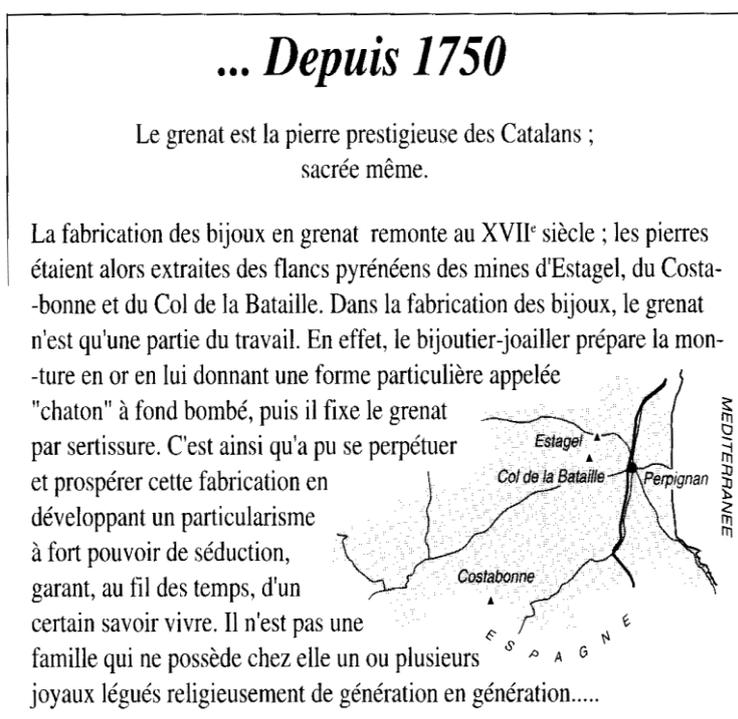


Figure 16 : Présentation de la plaquette « Le grenat de Perpignan » réalisée par les artisans bijoutiers-joailliers de Perpignan

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 :

6.4.2. **La Manufacture du Grenat à Prades :**

Site internet : 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.

6.4.3. **L'Institut du Grenat**

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

Site internet : 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.

6.4.4. 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/>

6.4.5. 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 gîtologie de ces grenats. Je vous en fait donc part ci-dessous. Malheureusement, j'ignore le nom de la personne qui a rédigé cet article.

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 Caladroi, 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 Caladroi 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 Caladroi 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 baguette 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 3cm 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 existait alors, avait pour directeur le Sieur Ferrier qui prétendit que toutes ces mines devaient 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 Castelnou.

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 pénétrait « *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 Balleftin, col de la Galline* » puis, « *Au village de Mezous près Perpignan, un filon riche en argent* », de même à proximité de Sorède : « *Près de Lavail, 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 pépite 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 possèdent 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.

*A.ABREAL, Les Grenats - Nature, Structure et Propriétés
J. of Pers. Mineralogist, vol. 11, pages 151-227, 2018*

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.

| | | | |
|---|---------------------------|--|--------------------------|
|  | 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 17 : Nigeria : Spessartines

6.5 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, et du spath qui sont parmi les plus belles du monde. De bonnes perspectives existent dans ce domaine pour des investissements viables.

| | | | |
|--|---|---|---|
| <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)

6.5.1. Le Grenat de Sailor Pluto

Le grenat est le minéral associé à Setsuna.

Avant tout lié à la fidélité et la sincérité, et par conséquent à l'amitié, pour les Anciens le grenat rend son propriétaire invulnérable. Il protège les femmes italiennes de la tristesse et de la douleur durant un veuvage. Il est donc déjà associé à la mort, comme l'attaque de Pluton, le Dead Scream (traduisez "hurlement de mort").

Le grenat convient aux gens constants, honnêtes, francs et intellectuels, mais souvent sensibles et réservés. (On ne peut pas dire que Setsuna soit le type même de l'extravertie...) Elle est, par ailleurs, particulièrement recherchée par ceux qui désirent affirmer leur individualité et leur différence par rapport aux autres.

La pierre assombrirait sa teinte naturelle par sa propre volonté en cas de danger et la reprendrait immédiatement une fois le danger écarté. Souvenez-vous de cet épisode 121 de SailorMoon S où le grenat de la baguette de Setsuna la protège spontanément des émanations nocives d'une plante maléfique. Effectivement, cette pierre est connue pour préserver des empoisonnements et des pièges.

Son énergie magnétique fortifie le cœur et le cerveau, accélère et équilibre toute régénération de tissus (qui s'effectuerait donc en moins de temps que la normale). Sailor Pluto n'a-t-elle pas toujours eu une façon différente d'appréhender le temps ?

La couleur bordeaux du grenat de Setsuna se rattache à une symbolique nocturne, féminine et secrète, représentant le mystère de vie et, de ce fait, incitant à la vigilance et parfois à la crainte.

Enfin, selon ses nuances de couleurs, un grenat aperçu chez une autre personne peut symboliser un lien commun qui remonterait à une vie antérieure et, selon une coutume ancienne, en garder un dans sa main c'est avoir son propre avenir en main. Deux derniers points dont Sailor Pluto est très proche, tant par le lien qu'elle représente entre le XX^e siècle et le Silver Millennium, que par sa connaissance de l'avenir et sa complète mise au service de celui-ci.

6.6 Industrie

Les grenats artificiels ont d'autres applications que l'utilisation comme gemme en joaillerie.

Par exemple, les grenats fer-yttrium (YIG) ont des propriétés magnétiques et sont utilisés comme capteurs, servo-commandes et comme substrat de micro-ondes.

Ces grenats peuvent être soit homocréés (même composition que les grenats naturels) ou artificiels, mais qui n'ont pas de contrepartie dans la nature.

Ces grenats sont relativement difficiles à fabriquer et surtout, les grenats naturels sont en général assez bon marché et n'engagent donc pas à la fabrication de gemmes artificielles. Les tsavorites, particulièrement rares dans la nature, sont quelques fois artificielles.

La plupart des grenats artificiels sont dopés par du YAG (yttrium aluminum garnet) et sont fortement fluorescents.

Au cours de ma thèse, j'ai pas mal utilisé l'oxyde d'yttrium pour former in situ de l'yttrigrenat ou YAG par réaction avec l'alumine.

La présence d'yttrium crée en surface des grains d'alumine des lacunes qui peuvent migrer au cœur de l'alumine et faciliter son frittage. Le frittage est une réaction de recombinaison physique à haute température qui a pour but de souder les grains les uns aux autres et de résorber la porosité, pour améliorer les propriétés mécaniques et la résistance à la corrosion des céramiques.

Ils sont aussi largement employés en tant qu'abrasifs.

Livre 2 - Une structure, Deux groupes, De nombreuses possibilités

1. GRUPE PYRALSPITE

ALMANDIN



Etymologie

Son nom provient de la cité d'Alabanda, de l'évêché de Carie en Asie Mineure, réputée il y a 2 000 ans pour ses gisements et ses ateliers de polissage.

Pline évoqua le « *carbunculus alabandicus* », grenat taillé près d'Alabanda ; qui fut par la suite repris par Agricola. D'autres noms suivirent : almandite (genre féminin), almandine, alamadine, alabandine, et alabandite par déformation.

Il fut aussi dénommé le « grenat noble » par les Anciens, s'agissant très probablement de l'escarboucle moyen-âgeuse, qui brillait comme un morceau de charbon ardent à la lumière des torches, ou encore du « grenat oriental » ou du « grenat syrien » ou « grenat styrien », bien que Romé de l'Isle prétendait que cette gemme ne provenait pas de Syrie, mais de Syrian, la capitale du Pégou, un ancien état indépendant d'Indochine.

Composition

Il contient 36 à 38% de SiO₂, 20 à 22% d'Al₂O₃, 30 à 36% de FeO, 1 à 5% de MgO, 1 à 7% de MnO.
L'almandin peut contenir en solution solide, plus de 50% pyrope et de spessartite.

Propriétés

Densité : 3.95-4.32

Dureté : 7-7,5

Indice de réfraction : 1,75-1,83 diminuant avec la teneur en magnésium, isotrope, mais avec des anomalies de polarisation courantes, dispersion de 0,024 ;

clivage absent, ou très faible sur {110} ;

constante diélectrique de 4,3 - 6,25 ;

ni fluorescent, ni pléochroïque.

Renferme souvent des inclusions liquides et/ou solides généralement constituées de cristaux microscopiques de quartz, de feldspath, d'hématite, de zircon, ou de rutile.

Sa couleur varie du rosé violacé au rouge très foncé, tirant sur le noir en passant par le brun; il est parfois recouvert d'hématite rouille.

Les gemmes les plus recherchées sont d'un beau rouge profond.

Il est peu ou pas attaqué par les acides, se décompose par fusion avec les carbonates alcalins et s'altère en chlorite, épidote, hématite, limonite...

Il cristallise en rhombododécaèdres réguliers (douze faces en losange) dans les roches métamorphiques et en tétragonotrioctaèdres dans les pegmatites, ces deux formes pouvant se combiner. Des cristaux de plus de 20 centimètres de diamètre, bien que souvent fissurés, ont permis la réalisation de tasses, de godets de 5 à 6 centimètres d'ouverture.

Gisements

L'almandin est le grenat le plus commun. On le trouve ainsi aussi bien dans des roches effusives, des pegmatites et des roches métamorphiques, et de manière moins fréquente, dans des filons hydrothermaux ou dans des placers.

En Russie, des almandins de qualité gemme sont connus en Carélie, dans les micaschistes du gisement de Kitel'skoye à Priladozhie. Des grenats ont été extraits de ce gisement au cours des XVII et XVIII^{ème} siècle. La teneur du gisement dans les schistes altérés atteint quelques pour cents en almandins, avec une taille de cristaux jusqu'à 2,5 cm. La sortie de pièces de qualité gemme est d'environ 1 %, et certains grenats translucides ont atteint les 22 cm. Mais la plupart des grenats du gisement de Shuyeretskoye, ont été exploités en tant qu'abrasifs. Dans le nord de la Carélie, des cristaux d'almandin de 15 cm en diagonale ont été trouvés dans les amphibolites du gisement du Mont Dyadina, près de la gare de Chupa.

A Kola Penin, sur Keivy Ridge, il y a beaucoup d'échantillons d'almandin dans les zones de développement des schistes stavrolite-grenat, où la teneur en grenat atteint souvent les 20%. Dans l'une de ces zones métasomatiques du mont Makzapakhk, les grenats almandins sont présents sous la forme de gros cristaux opaques pouvant atteindre les 25 cm.

Dans le nord-est du Kola Penin, dans le cours supérieur de la rivière Yukonga, un affluent du fleuve Ponoy, près de Kanevka, se trouve un gisement d'almandin de qualité gemme, avec des cristaux jusqu'à 2 cm.

Dans l'Oural central, des cristaux bien formés almandin sont présents dans les schistes du gisement de Glubochinskoye, dans la région de Sysert.

En Sibérie orientale, quelques almandins ont été trouvés dans les pegmatites du gisement de Mamskoye, près de Bodaibo.

Au Kazakhstan, il y a plusieurs gisements d'almandins : Alexandrovskoye, Asubulack et autres ; en Ouzbékistan – à Uiz-Dag Ridge ; en Mongolie – à Altan Huduk.

Des roches riches en almandins peuvent être utilisées comme pierres ornementales, tels que les gneiss à amphibole-grenat et à grenats du gisement de Tulepskoye dans la région d'Alma-Ata, au Kazakhstan.

En Norvège, dans le gisement de Sunnfjord, fut découvert un cristal géant de 1000 kg, pour une taille d'environ 1 m, en coupe transversale.

En Suède, dans le gisement de falun, de Dalarnas, la taille des cristaux atteint les 20 cm.

Dans le nord de la Finlande, à Lapplands Län, les almandins présentent un astérisme avec des étoiles à 4 branches.

En Roumanie, dans le gisement de micaschistes de Sâliciua de Sus, des cristaux bien formés d'almandin atteignent les 7 cm.

En Afrique, des almandins de qualité gemme sont extraits au Zimbabwe – près de Mtoko ; ainsi qu'en Tanzanie, dans les gisements de la région de Tunduru-Songea, Lindi et dans les placers sur la rivière Umba.

A Madagascar, des cristaux d'almandin atteignent 23 cm dans le gisement d'Ampandramaika.

Parmi les autres pays, il faut mentionner des placers d'almandin en Inde du Sud : dans l'état de Bihar – près de Hazaribag et Aravelli, dans l'état du Andhra Pradesh – à la mine de Garibreta ; et près de Hyderâbâd, où des almandins étoilés ont été trouvés. Des almandins ont été également extraits dans le Rajasthan, près de Jaipur, au Sri Lanka, dans les placers près de Candy et de Ratnapura. Des gisements similaires ont été découverts à Myanmar (Birmanie) et en Chine – dans la Prov. de Yunnan.

En Afghanistan, il y a le gisement de Pachigram dans la province de Kunar, avec des cristaux d'almandin jusqu'à 5 cm, dans les schistes.

Au Brésil, certains dépôts almandin se sont formés au cours d'un processus de météorisation de pegmatites à grenat, dans l'état du Rio Grande do Norte, près de Poco dos Cavalos. Dans l'état de Pernambuco, des almandins ont été extraits de placers localisés dans le bassin du fleuve São Francisco; dans l'état du Minas Gerais, près de Minas Novas ; et aussi dans les États de Bahia, Rio de Janeiro et Grandi de Rio do Sol.

Aux États-Unis, dans l'Idaho, près de la ville de Fernwood, le gisement d'Emeraud Creek a fourni des almandins étoilés, dans par altération de la croûte de micaschistes. Dans l'état de New York, le dépôt de grenats abrasifs Barton, dans le comté de Warren, la taille maximale des cristaux almandin avec inclusions de chromite atteint 1 m. Dans le Colorado ces gros cristaux, jusqu'à 6,6 kg, se trouvaient également dans le gisement dans le MTS. Ruby et Calumet mine. Dans le Maine, on a récoltés des cristaux pouvant atteindre 25 cm, dans les pegmatites de Topsham, Sagadahos Co. Dans le Nevada, dans le gisement de grenat Hill, White

Pine Co., ont été trouvés dans des géodes dans les rhyolites, des cristaux de spessartine-almandin des cristaux rouge transparent spessartine-almandin, de 0,5 à 1,5 cm. En Alaska, il convient de mentionner le dépôt métamorphique de Fort Wrangell, où ont été extraits des cristaux transparents d'almandin de 1 cm à 4,5 cm. Au Canada, des dépôts d'almandin sont situés dans la région de Skin ainsi que sur la terre de Baffin. Dans l'Ouest du Groenland, dans la Nuuk (Godthaab), des cristaux d'almandin ont atteint les 25 kg. Ils ont reçu le nom local de grönlandite. Dans l'est du Groenland, dans la région du Fjord de Kangerluarsuk (Kangerdluarssuk), le dépôt d'andradite-mélanite a livré des cristaux hauts de 12 cm. Dans les années 1990, sur l'Isle de Rameur en Antarctique, parurent dans les années 1990, les premières mentions d'almandin de qualité gemme jusqu'à 3,2 carats.

France :

Eclogites de Saint Philbert de Grand lieu (44)

Micaschiste de l'île de Groix (56)

Collobrières (83), réputé pour les collectionneurs, cristaux jusqu'à 7 cm d'arêtes.

Gemmologie-Collection

En tant que gemme on recense quantité d'almandins, d'une grosseur importante et d'une coloration parfaite. L'un des plus volumineux, provenant de l'Idaho, actuellement conservé dans la collection de la Smithsonian Institution de Washington, taillé en forme de rose plate, pèse 175 carats. C'est un grenat étoilé à quatre branches.

Un autre almandin étoilé fameux, le « two pounds star » pesant 5 737,50 carats, propriété d'un collectionneur, M. Pascal Entremont, fut l'un des joyaux de l'exposition consacrée à René Just Haüy au Musée de minéralogie de l'École des Mines de Paris en 1994. D'une couleur rouge violacé très profond, translucide mais non transparent, il s'en dégage une étoile blanche à quatre branches à la fois très fines et très lumineuses. C'est à ce jour le plus gros grenat étoilé connu.

Ramassé dans des alluvions au Sri Lanka, l'almandin fut confondu avec le rubis, et négocié fort cher, mais les nombreuses sociétés commerciales exploitant les gîtes firent faillite quand on découvrit la véritable nature de ce qu'elles vendaient.

Utilisé depuis l'Antiquité, les Sassanides de Perse ont gravé le profil de l'un de leurs souverains, Chosroës (ou Khosrô) dans un almandin et une coupe exécutée pour l'un de ces rois est conservée au Cabinet des médailles de la Bibliothèque nationale de Paris, ornée de vingt-six grenats ronds, les huit plus gros en fleurons de 3 centimètres de diamètre.

Le Louvre détient lui aussi une coupe taillée dans un seul grenat.

Les Francs le montaient à plat sur l'or, comme de la marqueterie.

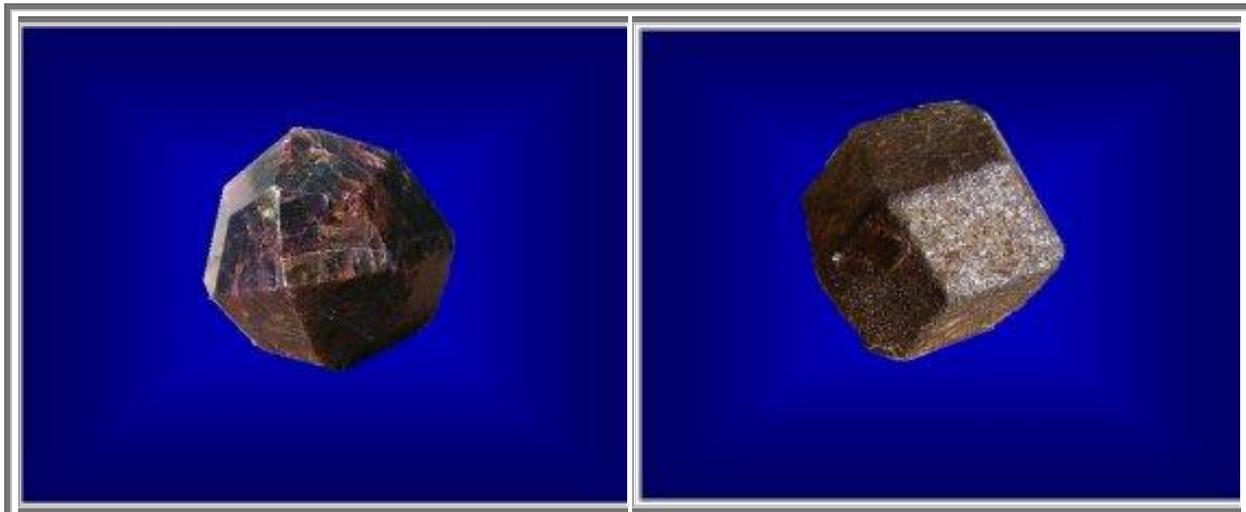
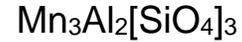


Photo 12 : Almandin, Madagascar

Photo 13 : Almandin, Madagascar

SPESSARTITE (ou SPESSARTINE)



Etymologie

Il doit son nom au massif montagneux et forestier de Spessart, en bordure nord-ouest du bassin de Souabe-Franconie, contourné par le Main (Bavière).

Composition

Elle fut analysée pour la première fois par Klaproth. Elle contient 36 à 37% de SiO₂, 20 à 21% Al₂O₃, 30 à 40% de MnO, 2 à 14% de FeO, 1 à 4% de CaO.

Elle peut également inclure jusqu'à 2% d'Y₂O₃.

Généralement, la spessartine est pure à 97% ; les 3% manquants étant de l'almandin et du grossulaire.

Si elle est riche en almandin, il est délicat de la différencier de ce dernier riche en pyrope en ne se basant que sur l'indice de réfraction et sur la densité. L'emploi du spectroscope s'avère alors indispensable.

Propriétés

Densité : 4,12-4,25

Dureté : 7- 7,5

Indice de réfraction : 1,79-1,81 ; dispersion de 0,027 avec quelques anomalies de polarisation
cassure inégale ; non pléochroïque ;
isotrope

constante diélectrique de 7,6 ;

non fluorescente

transparente à translucide,

Inattaquable aux acides ;

mélangée en poudre avec du borax elle fond lors de l'essai au chalumeau ; s'altère en biotite.

Elle contient presque toujours des inclusions. Couleur jaune si elle est pure, elle adopte le plus souvent une nuance rouge-orange, rougeâtre, brun-jaunâtre, parfois violette découlant de la présence d'almandin.

Cristaux dodécaédriques ou trapézoïques pouvant atteindre 10 centimètres.

Gisements

Très rare, il n'y a aucun gisement propre de spessartines. On la trouve dans les pegmatites de granite, gneiss, rhyolites, skarns, quartzites. La spessartine se forme surtout dans des pegmatites riches en manganèse, plus rarement rencontrée dans des roches métamorphosées par contact, elle est alors rencontrée avec d'autres minéraux de manganèse, minéral secondaire récurant des roches rhodonite.

Dans les dépôts de montagne à Aschaffenburg, dans le Spessart, bien que difficilement exploitables, mais aussi en Italie (Saint-Marcel au val d'Aoste), en Suède (Finbo, Brodho), en ex-U.R.S.S. (Mias et Tokovaia dans l'Oural),

En Russie, sur la Penin Kola, il y a eu des découvertes de spessartines dans les pegmatites de Kolmozero ; en Carélie – dans les pegmatites de Priladozhie ; ainsi que dans le Nord, ou bien encore près des colonies de Alakurtti et Chupa. Dans l'Oural central, dans le gisement de Bazhenovskoye, près d'Asbest, des spessartines, sous forme de cristaux transparents jusqu'à 5 cm, ont été récoltées ; à la Izumrudnye kopi – la spessartine se présente sous forme de cristaux transparents pouvant atteindre 1 cm ; ainsi que dans les pegmatites de

Murzinka. Le gisement de rhodonite Malo-Sedel'nikovskoye, près d'Iekaterinbourg, la spessartine forme des agrégats de grains de couleur jaune brunâtre de petite taille. A Pribaikalia, des spessartines ont été signalées dans les pegmatites du gisement de Slioudianka et dans la rivière Talaya.

En Europe, des gisements de faible puissance de spessartines de qualité gemme ont été découverts en Allemagne – près de Ashchaffenburg, en Bavière ; en Suède, à broddbogranat, Broddho, Västmanland ; ainsi qu'en Norvège, à Nordland –de même, on a trouvé de gros cristaux rouge-brun dans le gisement de Bodo – bodenbenderit ; et sous forme de cristaux pouvant atteindre 10 cm. à l'Islande.

En Afrique, la spessartine est connue en Tanzanie et au Kenya – dans les monts Taita Hills, où ses cristaux rouge orangé atteignent 5 cm. En Namibie, ses cristaux de qualité gemme jaune-orange atteignent 1 cm. Le fleuve Kunene a délivré des spessartines Kunenian rouge jaune-orange et des grenats Malaya, qui ont reçu le nom commercial de grenat mandarin. En Afrique du Sud, on a récolté des spessartines avec une teneur significative d'yttrium, elles ont été nommées emildine.

A Madagascar, des spessartines jaune-orange ont été extraites dans des pegmatites avec de la lépidolite et de la tourmaline dans le gisement de Tsilaizina, près d'Antsirabe

En Australie, la spessartine, couleur rouge foncé, intervient comme minéral secondaire dans la mine de Broken Hill, en Nouvelle-Galles du Sud ; avec des cristaux de 10 cm.

France :

Un seul gisement intéressant, dans les pegmatites de Chanteloube, à 30 km de Limoges, cristaux de 1 cm associés à de la wolframite tantalifère.

Gemmologie-Collection

Les gemmes sont essentiellement d'origine alluvionnaire et proviennent du Sri Lanka, de Birmanie, du Brésil et de Madagascar, et sont taillées à facettes.

Actuellement, gisement important dans des pegmatites au nord du Pakistan.

En 1993, fut présentée une pierre exceptionnelle, provenant de Namibie, d'une couleur orange flamboyant, d'une luminosité inconnue ; dans l'obscurité, elle semblait être une source de lumière !

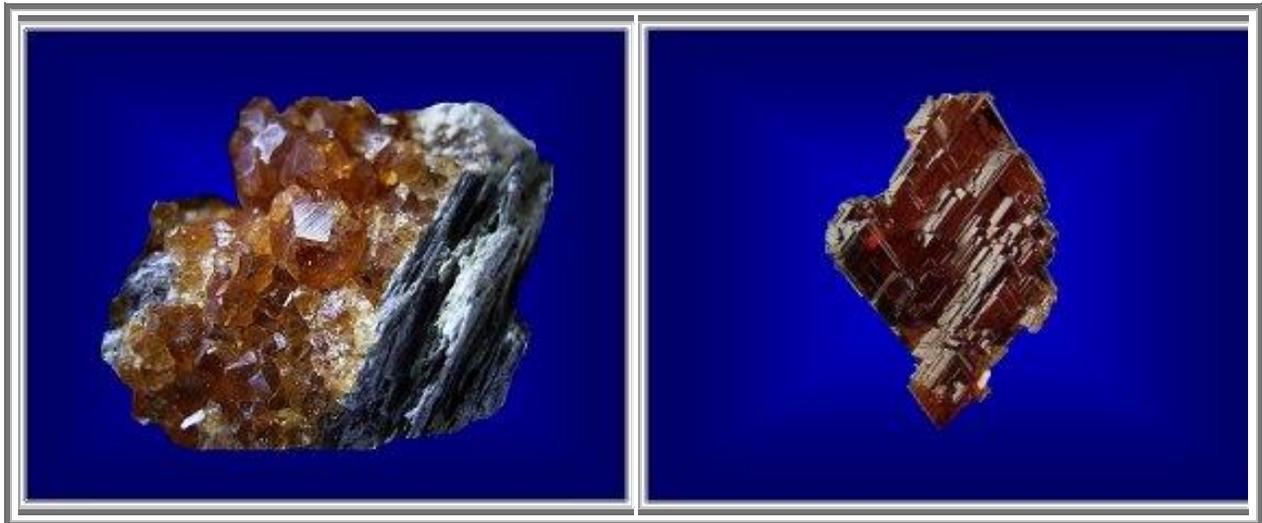
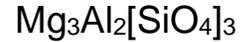


Photo 14 : Spessartine et muscovite, Californie

Photo 15 : Spessartine « etched », Minas Gerais, Brésil

PYROPE



Etymologie

L'origine probable de son nom serait le grec *pyropôs*, qui a donné en latin *pyropus* = couleur de feu, un alliage de cuivre et d'or qui a l'éclat du feu.

Composition

Il contient 40% de SiO₂, 21 à 24% Al₂O₃, 12 à 20% de MgO, 6 à 20% de FeO, 5 à 8% de CaO

Le terme de grenat magnésien est impropre ainsi que la formule [Mg₃Al₂(SiO₄)₃] car le pyrope ne contient jamais plus de 80% du grenat magnésien pur, car il renferme une importante quantité de solution solide d'almandin par substitution du magnésium Mg²⁺ par le fer Fe²⁺.

Il est fréquent qu'il renferme de 3 à 8% de Cr₂O₃ qui confèrent au pyrope son incomparable couleur rouge sang (tel le rubis), plus intense que par la seule présence d'almandin.

Il peut également contenir du calcium, il est alors plus orangé.

Propriétés

Dureté : proche de 7,5, c'est le plus dur (abrasif)

Densité: 3,53-3,87 en fonction de sa teneur en fer,

Indice de réfraction: 1,73-1,77

Dispersion de 0,022.

Transparent à translucide,

Eclat vitreux,

Absence de clivage

Fracture conchoïdale ;

Isotrope

Ni pléochroïsme, ni fluorescence

Inattaquable aux acides, son altération donne de la chlorite ou de la képhylite.

Sa couleur est incolore à l'état pur, mais il est coloré par la présence d'almandin. Il vire au rouge intense quand la présence d'almandin augmente, pouvant tendre vers le noir.

Il peut être coloré par le chrome (rouge sang) ou par le calcium (orangé).

Cristaux dodécaédriques ou trapézoédriques rares, plutôt des grains xénomorphes plus ou moins arrondis.

Gisements

Le pyrope se trouve principalement dans les kimberlites, brèches éruptives, dépôts de contact métasomatiques et métamorphiques et autres placers.

Les pyropes sont abondants dans les alluvions.

En Russie, il n'y a pas de dépôts avec des volumes industriels de pyrope. Au Yakoutie, le pyrope est extrait comme minéral additionnel des pipes kimberlitiques de diamant. Près du pipe de diamant Mir, les placers ont été formés dans la vallée du fleuve Inreleekh, où la concentration en pyrope atteint les 50 kg/m³. La taille de certains cristaux de ces placers n'excède généralement pas les 3 cm. Mais ils présentent parfois un effet alexandrite.

Dans la dépression de Minussinskiy, région de Krasnoïarsk, on trouve des pyropes dans le pipe Tergesh.

Dans le district de Dzhida, en République de Bouriatie, des pyrope de 4 cm ont été trouvés dans les basaltes alcalins au volcan Bartoy.

Dans la région d'Irkoutsk, de méga cristaux de pyrope ont été trouvés dans les roches pyrope-spinelle des hautes terres du Vitim.

En Ukraine et en Crimée, se présentent des roches ornementales intéressantes comme les granodiorites, avec des grains rouges enclavés de grenat de type pyrope-almandin, dans le district de Alushta. Cette roche gris-verdâtre s'appelle Pierre de truite en raison de la similitude de ses couleurs avec le ton de la truite de la Crimée. Au centre de la Mongolie, sur les hautes terres de Hay, le dépôt de pyrope Shavaryn-Tsaram a été ouvert en 1973. Il est lié aux basaltoïdes alcalins du pipe avec un placier de pyrope, qui a été formé dans le processus de vieillissement. La taille des cristaux atteint les 10 cm, et ils pèsent jusqu'à 700 g.

Des pipes volcaniques similaires avec brèche basaltoïque éruptive et placiers de pyrope se trouvent également en Chine, près de Donghai dans la Province de Jiangsu.

En Europe, les dépôts les plus importants de pyrope se trouvent en Bohême, en République tchèque. Ils résultent du processus d'altération de brèche basaltiques de pipes volcaniques. Plus de 20 pipes ont été recensés dans cette région renfermant une quantité importantes de pyropes ou « grenat de Bohême ». Ils ont été exploités par intermittence depuis le treizième siècle... Le plus intéressant est le pipe Linhorka et les placiers près de Trebenice, qui lui sont liés. De nos jours, la taille des pyropes récoltés dans ces placiers n'excède pas 0,5 cm. Selon les légendes, deux cristaux uniques y ont été découverts: le premier de 468,5 carats, soit 18 x 27 x 33 mm; le second, plus gros qu'un œuf de colombe, avec ses 633,4 carats.

En outre, des spessartines-pyropes ont été trouvées dans les éclogites de Norvège, dans le gisement d'Ottaray, qui présentent l'effet optique « change-couleur ».

En Italie, des cristaux de pyropes de 25 cm ont été récoltés dans le massif de Dora Maira, près de Cuneo, dans le Piémont.

On les connaît également en Allemagne (Zoblitz), en Suisse (à Gorduno, près de Bellinzona)

En Afrique du Sud, depuis l'ouverture des premiers gisements diamantifères de Premier et de Kimberley, des pyropes brun-rouge avec des tonalités de violet ont été extraits en grande quantité comme matériau secondaire, principalement dans les placiers ; on les appelle « Grenat du Cap » ou « Rubis du Cap ». Ces grenats sont de qualité suffisante pour être coupés.

En outre, le pyrope est extrait au Nigeria, dans la localité de Panyam, du Plateau de Jos ; et au Soudan, où les grenats rouge foncé à brun-rouge pyrope sont appelés « Grenats Fashoda » ou simplement « Fashoda ».

Au Lesotho et au Congo, des pyropes-spessartines, de couleur orange-rouge et brun-rouge sont extraits des placiers de diamant. Au Zimbabwe, le gisement de Beitbridge fournit des rhodolites ; au Kenya, est présent un dépôt similaire.

En Tanzanie, des pyropes sont extraits du gisement de Shinyanga. De même, des spessartine-pyrope orange au ton violacé sont présents en abondance dans les placiers de la région de Tunduru et Songea, ainsi que sur la rivière Umba. Il a reçu le nom local de « grenat malais », « grenat est-africain » ou encore « umbalite ». La présence de vanadium est typique de ces grenats auxquels il confère la propriété de « change-couleur ». Ils passent ainsi du gris-verdâtre ou lilas-bleuâtre à la lumière du jour, au rouge sous lumière artificielle. Parallèlement, des effets d'astérisme ont été observés, en fonction de la présence d'inclusions d'aiguilles de rutile et de plaques d'ilménite.

A Madagascar, il y a une dizaine de gisements de rhodolite. Dans le sud de l'île, près de Bekily, un dépôt fournit des pyropes-spessartines « change-couleur » variant du bleu-vert à la lumière du jour au pourpre sous lumière artificielle.

Parmi les pays d'Asie du sud-est, le principal site d'extraction de rhodolite est situé au Sri Lanka, où sont exploités les placiers de Ratnapura. Ces rhodolites possèdent des inclusions de rutile fibreuses parallèles, qui une fois polie donne parfois en cabochon, un effet de chatoiement. Les inclusions peuvent même produire l'effet d'astérisme des « pyropes étoilés » et des « rhodolites étoilées » sous la forme d'étoiles à 4 branches. Une autre source de rhodolite dans cette région de l'Inde, est située près de Chennai (anciennement Madras). Il y en a encore dans l'état d'Orissa ; c'est pourquoi on l'appelle « grenat d'Orissa ».

Depuis 1993, des rhodolites sont extraites au Myanmar (Birmanie), dans les placiers le long du fleuve Hsu Möng à l'est de la province de Shan.

En Australie, en Nouvelle-Galles du Sud, des pyropes sont extraits des brèches volcaniques basaltoïques sur les gisements de Ruby-Hill, près de Bingara. Dans le Queensland, ils sont extraits comme un matériau secondaire du diamant dans la région d'Anakie.

Sur le continent américain, les gisements de pyrope sont nombreux, aux États-Unis, au Brésil et en Argentine. Au début du 20ème siècle, les pyropes des états de l'ouest, l'Arizona, l'Utah et le Nouveau-Mexique sont devenus populaires à travers les États-Unis, ils ont été appelés « Rubis d'Arizona ». En Arizona, des pyropes

rouge foncé, de qualité gemme, ont été extraits de la cheminée kimberlitique de Bewell Park, près de Fort Defiance. Les dimensions des pyropes étaient principalement de l'ordre de 0,5 cm, rarement ils pouvaient atteindre 3 cm. La plupart d'entre eux avait des inclusions de rutile, diopside et magnétite. Les gemmes obtenues sont habituellement jusqu'à 1,5 carat, rarement jusqu'à 8 ct. Dans l'Utah, les placers éoliens de pyrope dans le comté de San Juan sont réputés, ils ont été formés dans le processus de météorisation des brèches kimberlitiques. En Caroline du Nord, dans le bassin de la rivière Tennessee, le gisement alluvionnaire de rhodolite Covey Creek a été ouvert en 1883, où des gemmes ont pu atteindre les 13 ct.

France :

Près de chez nous, à Bournac 43

En Haute Garonne, près d'Arguénos, et en Ariège, aux environs de Prades, près de l'étang de Lherz

Egalement dans les péridotites des Vosges

Dans la serpentinite du Pertuis : cristaux de 2 cm

Dans la région de Gerardmer, ils sont souvent altérés.

Gemmologie-Collection

En tant que gemme, c'est une pierre remarquable, du fait de sa couleur rouge sang ; on la taille à facettes, en cabochon, on la polit au tonneau.

Werner l'a décrit en 1800. Il se nommait aussi « belle des lapidaires », mais surtout « grenat de Bohême » région où il fut exploité dès le XIVe siècle sur le versant méridional des Ceské, près de Trébénice ; des écrits de la période de l'empereur Charles IV l'attestent.

On retrouve ces pyropes d'un rouge intense dans les bijoux gothiques du XVe siècle. L'empereur Rodolphe II les admirait, ainsi que l'artiste Albrecht de Waldstein. C'est d'ailleurs à cette époque que l'on a extrait le plus gros grenat bohémien, qui orne l'ordre de la Toison d'Or conservé dans le trésor des anciens électeurs de Saxe à Dresde, taillé en cabochon ovale, de la grosseur d'un œuf de pigeon (35x27x8 mm, pesant 9,6 g).

Un autre, au Musée des grenats de Trébénice, mesure 12,3 x 8,6 millimètres et pèse 2,6 grammes. dimensions exceptionnelles pour un pyrope. Anselmus Boëtius de Boot, dans son livre « Gemmarum et lapidum Historia » qui traite de la découverte des grenats à la fin du XVIe siècle le mentionne, ainsi que d'autres gros pyropes, qui, de la taille d'une noisette, valaient aussi cher que des rubis. Durant la période baroque, on enchâssait ces grenats dans des objets liturgiques (calices, ostensoirs, croix...), tel l'ostensoir des Lobkovitz, daté de 1673, aujourd'hui dans le trésor de la Lorette de Prague, orné de cent quatre vingt-douze grenats.

L'amie de Goethe, Ulrike von Levetzow fit réaliser, en 1820, une parure restée célèbre, comportant quatre cent quarante huit pierres, exposée au Musée des grenats de Trébénice.

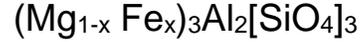
La vogue de ces pyropes connut son apogée dans la seconde moitié du XIXe siècle quand on les exportait partout, ornant la couronne des reines d'Angleterre, des impératrices de Russie, obtenant un grand succès à l'Exposition universelle de 1878 à Paris.

A Turnov, au XIXe siècle, fut fondée la première école de taille.

Industrie

Il sert à fabriquer des instruments de coupe, de polissage, et de forage, grâce à sa grande ténacité et sa dureté assez élevée.

RHODOLITE



Etymologie

Du grec *rhodon* = rosé, à cause de sa couleur

Propriétés

Dans la série continue s'étendant du pyrope à l'almandin, certains scientifiques intercalent parfois quelques variétés de grenats telle la « pyraldine » ou la « rhodolite », celle-ci contenant de 10 à 25% d'almandin.

Ce sont en fait des solutions solides, mais comme tout grenat est une solution solide des pôles limites de leur groupe. Par conséquent, et selon les règles en vigueur, ils sont censés être appelés du nom du pôle grenat majoritaire, pyrope en l'occurrence pour les rhodolites.

couleur rosé mais elle est aussi rouge, violet-rouge clair.

Gemmologie-Collection

Ce nom de rhodolite est surtout employé en gemmologie car les minéralogistes réprouvent plus ou moins sa propagation.

Gisement

Gîtes aux U.S.A. (surtout en Géorgie), à Madagascar, au Brésil, en Zambie, en Tanzanie.



Photo 16 : Pyrope, Madagascar

Photo 17 : Pyropes, Chine (2cm)

CALDERITE



Etymologie

Son nom fut donné par Piddington vers 1850-1851 a une roche, puis finalement au minéral principal de cette roche.

Composition

Une microanalyse d'un échantillon provenant d'Otjosundu, en Afrique du Sud-ouest, conduite par Vermaas (1952) a fourni comme composition :

35,16% de SiO₂, 0,28% de TiO₂, 9,04% d'Al₂O₃, 16,27% de Fe₂O₃ (fer total), 0,50% de MgO, 12,12 de CaO, 27,38% de MnO (soit 100,75%)

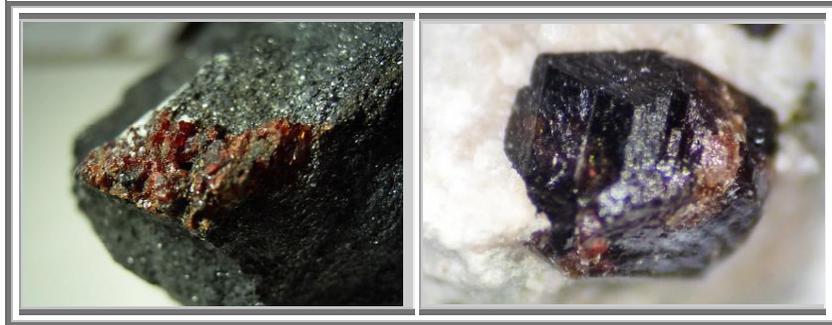
On a pu déterminer qu'il contenait en fait 51 parties de calderite, 36 de grossulaire, 13 de spessartite.

Cette analyse et celle d'un grenat du Labrador publiée par Klein en 1966 confirmèrent définitivement la validité du grenat pôle manganifère, nommé calderite.

La localité type, cependant, étant Suasar group, Netra, Blalghat district, Madhy Pradesh, Inde

Gisement

En 1979, P. J. Dunn confirme la validité de la calderite en tant que grenat (Canadian mineralogist - 17 : 569-571) espèce ne semblant stable que sous une pression supérieure à 30 kbars (3 GPa).



**Photo 18 : Caldérite (20 mm)
Otjosundu**

Photo 19 : Caldérite

MAJORITE



Etymologie

Son nom est en honneur d'Alan Major qui collabora avec Ringwood à la synthèse des grenats de hautes pressions.

Propriétés

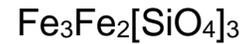
Cubique, avec $a = 11,524 \text{ \AA}$.

Gisement

« Grenat pyroxène » (type d'appellation qui devrait être évité puisque n'ayant rien d'officiel)

découvert et décrit en 1968 par J. V. Smith, Brian Mason, Nelsen et White sur des échantillons de quelques grammes de la météorite de Coorara découverte en 1967 à Nullarbor Plaine (Australie) et composé d'assemblages minéralogiques particulièrement complexes, provenant de synthèses dans les hautes pressions extraterrestres.

SCIAGITE ou SKIAGITE



Ce grenat est si complexe que son existence même a été mise en doute et n'est pas reconnu par l'I.M.A. En effet, il est déjà difficile de l'identifier dans la nature car fréquemment pour ne pas dire toujours, en solution solide dans l'almandin.

De plus, il existe une transition de phase entre le grenat et la solution solide de spinelle $\text{Fe}_2\text{SiO}_4\text{-Fe}_3\text{O}_4$, ainsi que des transferts de charge $\text{VIIFe}^{2+} + \text{VIFe}^{3+} \rightarrow \text{VIIFe}^{3+} + \text{VIFe}^{2+}$. Ce transfert de charge devrait conférer au sciagite une couleur noire.

Il peut également y avoir transfert de charge via l'oxygène et dans ce cas, sa couleur sera le rouge.

Pour ma part, je reste convaincu que le sciagite existe, et qu'il est de couleur rouge sang, à partir d'échantillons récoltés d'une par au Bourneix, St Yrieix (87) et à Diélette (50), dans les deux cas en association avec la pyrite.

Propriétés

Cubique, avec $a = 11,667 \text{ \AA th} , 11.728 \text{ \AA exp}$.



Photo 20 : Sciagite ? et pyrite : Le Bourneix, St Yrieix (87)

2. GROUPE UGRANDITE

GROSSULAIRE



Etymologie

C'est Werner (1811) qui leur a attribué ce nom à cause de la similitude des premiers échantillons avec le fruit du groseillier à maquereaux *Ribes grossularia*, de couleur vert pale.

Différentes variétés colorées de grossulaire ont reçu d'autres appellations : *grenat jaune*, romanzowite (couleur brunâtre), wilnite de Sibérie (blanc verdâtre), succinite, *jaune de miel*, essonite (si jaune orangé), jade sud-africain, jade du Transvaal...

Composition

Il se compose de 40% de SiO₂, 18 à 23% d'Al₂O₃, 32 à 37% de CaO, et 3 à 4% de FeO.

Propriétés

Dureté de 7 à 7,5

densité de 3,60 à 3,68, (3,42 à 3,55 pour la variété verte massive)

indice de réfraction fonction de la couleur : de 1,730 à 1,736 pour les pierres pâles, de 1,734 à 1,738 pour les pierres vert clair, de 1,739 à 1,734 pour les pierres vert profond foncé, et 1,720 pour la pierre massive, globalement il augmente avec la teneur en fer ;

dispersion de 0,027 ;

Isotrope

Souvent faiblement biréfringent et biaxe négatif, sans doute par distorsion de sa structure par les ions Ca

Transparent à presque opaque

Parfois fluorescent sous U.V. en rouge orangé

Constante diélectrique de 7,64.

Inattaquable aux acides, il s'altère en épidote, en chlorite, en calcite.

Incolore à l'état pur, il est d'une grande diversité de couleur (jaune, jaune verdâtre, orange, brun-rouge, noir), celle-ci dépendant des ions présents en substitution de Ca et Al.

La variété tsavorite (ou jade du Transvaal) est coloré en vert par du chrome lié aux atomes d'oxygène de manière covalente.

Les rhombododécaèdres se rencontrent surtout dans les roches métamorphiques, les trapézoèdres dans les pegmatites, bien que ces deux formes soient souvent combinées.

Gisements

Les grenats calciques, tel le grossulaire, se forment principalement par métasomatose de roches calciques impures, surtout lors de métamorphismes de contact, dans des granulites (roches calcaires en contact avec le granite) ou de roches basiques.

Le grossulaire a également été rencontré dans des pegmatites et dans des veines hydrothermales.

La grossularite est une roche formée par métamorphisme de contact pour donner un skarn se composant essentiellement de grossulaire.

A titre documentaire, mentionnons la présence de grossulaire dans la météorite d'Allende, dans des fissures, au travers de grains de méllilite

La première fois que le grossulaire (aussi nommé la bas achterandite) a été décrit en Russie, c'était sur la rivière Vilyui en 1790 – Laksman l'a découvert dans les tufs volcaniques du Yakoutie, près de l'embouchure du fleuve Achtaranda. Il y est présent sous la forme de cristaux bien formés translucides et opaques de couleur vert pomme opaque et vert brunâtre jusqu'à 8 cm. Dans l'Oural central, des hessonites de qualité gemme ont

été extraites du dépôt de Bazhenovskoye, près d'Asbest, et du gisement de Sarany, dans la région de Perm. Elles étaient constituées de cristaux rouge-orange transparent atteignant les 2,5 cm. en coupe transversale. L'Oural du Sud a révélé des hessonites dans les mines d'Ahmatovskaya et Shishimskaya sous la forme d'une croûte de grenats, qui contenait de petits cristaux orange. Ces croûtes sont disponibles dans les environs de Primorsk, dans le gisement de Dal'negorskoye.

Ils sont utilisés comme inserts dans les bijoux. Dans la même région, dans le gisement de Sinerechinskoye, de grands cristaux de grossulaire vert ont été récoltés. Dans la région de Noril'sk, sur le plateau Haraelyakh, du grossulaire vert – de type de tsavorite coloré par un mélange de cuivre a été trouvé.

En Azerbaïdjan, dans le gisement de Dashkesan, des grossulaires en cristaux vert brunâtre jusqu'à 3 cm se sont formés dans les fissures entre les skarns.

En Europe, les plus importants gisements de grossulaire connus sont: Italie-Val di Ala, dans le Piémont, avec des cristaux de couleur ambre de succinite ; et Val d'Fassa avec des cristaux transparents de grossulaire vert, dont ont été extraites des pierres jusqu'à 5 mm.

Dans la partie ouest de la Roumanie, des hessonites de qualité gemme jusqu'à 5 cm, sont sorties des dépôts de Bâita Bihor et d'Ocna de Fier.

En Finlande, des cristaux de rumjanzowite brun-rouge ont été trouvés.

En Afrique, les principaux gisements d'hessonite se trouvent en Tanzanie, dans la région de Tunduru-Songea. À la fin des années 1960, dans le nord du pays, dans des skarns près d'Arusha, on a trouvé des grossulaires-tsavorites vert émeraude, coloré par le vanadium avec de la zoïsite– tanzanite bleu en satellite.

À la mine Karo près de Merelani Hills, a été récolté des tsavorites qualité gemme en cristaux jusqu'à 5 cm. Il n'y a pas très longtemps, dans la partie sud-ouest de la Tanzanie, un nouveau dépôt de tsavorite a été ouvert près de Mtwara, non loin de la frontière avec le Mozambique. De grosses gemmes de haute qualité en ont été extraites

En 1971, au Kenya, près de Voy, proche de la frontière avec la Tanzanie, un gisement de tsavorite, à Lualenyi a été découvert.

Les plus gros cristaux atteignent les 30 carats, mais leurs parties transparentes ne dépassent pas les 5 carats.. La plus grande tsavorite taillée, de bonne facture a atteint 16,67 carats. Elle se trouve dans la collection du gemmologiste R. Webster.

Peu de temps après, des tsavorites ont été trouvées dans le sud de Madagascar, près de Bekily.

Au Mali, des andradite-grossulaires vertes et des hessonites avec des cristaux jusqu'à 20 cm pour 3,5 kg, ont été extraits des gisements Diakon et Dionboko, près de Kayes et sur le gisement de Sandaré près de Niore du Sahel. A partir des parties gemmes et vertes des pierres, des pierres de 1 carat ont pu être taillées. Ce nouveau gisement a été découvert au Mali (région de Kayes) en 1994, et livre des pierres jaune - vert et vert - brun affectées d'une certaine biréfringence. Leur indice de réfraction varie de 1,758 à 1,785, leur densité de 3,63 à 3,72 ; elles contiennent de 17 à 29% en poids d'andradite

Des grossulaires-andradite très semblables, de couleur verte, récoltés en Namibie ont assez souvent été prises pour des démantoides à cause de leur couleur.

En Asie du sud-est, de l'hessonite a été extraite de placers au Sri Lanka, près de Meton et aussi en Inde dans les gisements des états d'Orissa et du Rajasthan depuis longtemps. Au Pakistan, il y a aussi un dépôt de grossulaire vert de qualité gemme. En Chine, dans les monts Alty, du territoire autonome de Xinjiang Uygur, des cristaux de grossulaire de plus de 3 cm ont été taillés après leur récolte dans des péridotites serpentineuses.

En Amérique du Nord, les gisements principaux de grossulaire sont au Canada. Dans la belle province du Québec, le gisement de la mine Jeffrey est une référence en la matière avec ses grossulaires roses, oranges et verts avec des pierres de qualité gemme jusqu'à 2,5 cm, extraites dans l'amiante, ainsi que des leucogrenats incolores.

Aux États-Unis, dans le Colorado, on a découvert des grossulaires dans le gisement du ranch Ralston, qui se trouve sur le comté Jefferson. Des hessonites de qualité gemme ont été extraites comme matériel additionnel dans certaines mines en Arizona, au New Hampshire, dans le New Jersey et en Pennsylvanie.

Des cristaux d'hessonite du Maine ont atteint les 12 cm, sur le gisement de Minot, dans le comté d'Androscoggin, au contact entre les pegmatites avec le skarn.

Dans l'état de New York, dans la région de Brewster et en Californie, des grossulaires verts, de petites dimensions, moins de 1 cm. Sont extraits de temps en temps.

Dans le Vermont, on connaît des grossulaires du Mont Belvidere dans le comté de Lamoille, ainsi que le gisement de grossulaire orange d'Eden Mills.

Le Mexique approvisionne le marché mondial de grossulaires de qualité gemme à partir du gisement du lac Jaco, Chihuahua. On y extrait de gros cristaux roses, blancs et verts jusqu'à 15 cm, en coupe transversale. Les gemmes qui en sont issues peuvent atteindre les 10 carats.

Des grenats roses jusqu'à 15 cm sont extraits dans le gisement de Xalostoc, dans l'état de Morelos, et dans le gisement de la Sierra de Las Cruces, dans l'état de Saragosse de Coahuila, où des cristaux. trouvées.

Au Brésil, des découvertes de grossulaire sont connues dans le Minas Gerais.

Autres gisements : Allemagne, Grande-Bretagne (Ecosse — île de Mull), Italie (val d'Ala, île d'Elbe, dans des blocs calcaires enclavés dans les laves du Vésuve), Pologne (Jordanow), Roumanie (Oravicza, Dignacska, Ciclova), Suisse (Zermatt), ex-U.R.S.S. (Kyssinks en Oural, Yakoutsk et Achmatovsk en Sibérie), Mexique (Morelos, Xalastoc, Concepcion del Oro), États-Unis (Ramona en Californie, Colorado, Maine, Eden Mills au Vermont), Canada (Asbestos), Tanzanie, Kenya, Afrique du Sud (Woliritterskop), Birmanie, Chine (où il est sculpté), Pakistan, Corée...

France :

Relativement fréquent

dans des skarns :

Pic d'Ereslids, au sud de Barèges (65), sous la forme de placages de cristaux noirs dans les fissures

Gorge d'Escoubous

Pic d'Espade célèbre pour ses axinites

Le pic de Péguères, près de Caunteret, fournit des cristaux de 1 cm associés à de la vésuvianite

Dans le massif de Costabonne (66) réputé pour ses indices de scheelite

dans les granulites :

Aux environs de Nantes, près de Barbin, où les cristaux sont très colorés : jaunes, roses, rouges, parfois brunâtres à cause d'une altération due à la présence d'oxydes de fer dans les fractures.

En Haute Garonne, à Port Vieux, le grossulaire associé à la vésuvianite est abondant

dans les pegmatites :

En haute vallée de l'Ariège, beaux cristaux roses accompagnés de tourmaline et de béryl.

dans les syénites néphéliniques :

Dans la région de Pouzac, près de Bagnères de Bigorre (65), associé à l'épidote, où de couleur jaune-rougeâtre, il est une transition entre le grossulaire et la mélanite.

Gemmologie-Collection

Il est considéré comme pierre fine depuis 1960 seulement.

Quelques variétés secondaires

Leucogrenat

Variété incolore, originaire du Canada, du Mexique.

Hydrogrenats

Ce terme s'applique à différents types de grenats dans lesquels fut mis en évidence, à l'intérieur des tétraèdres ZO_4 , un taux élevé de remplacement du silicium par de l'eau, les deux « hydrogrenats » les plus communs se nommant « l'hydrogrossulaire » et « l'hydroandradite ».

Leur formule générale s'écrit : $X_3Y_2(ZO_4)_{3-m}(OH)_{4m}$

En particulier les grenats verts d'Asbestos, au Québec sont parfois les fantômes d'hydrogrenats incolores.

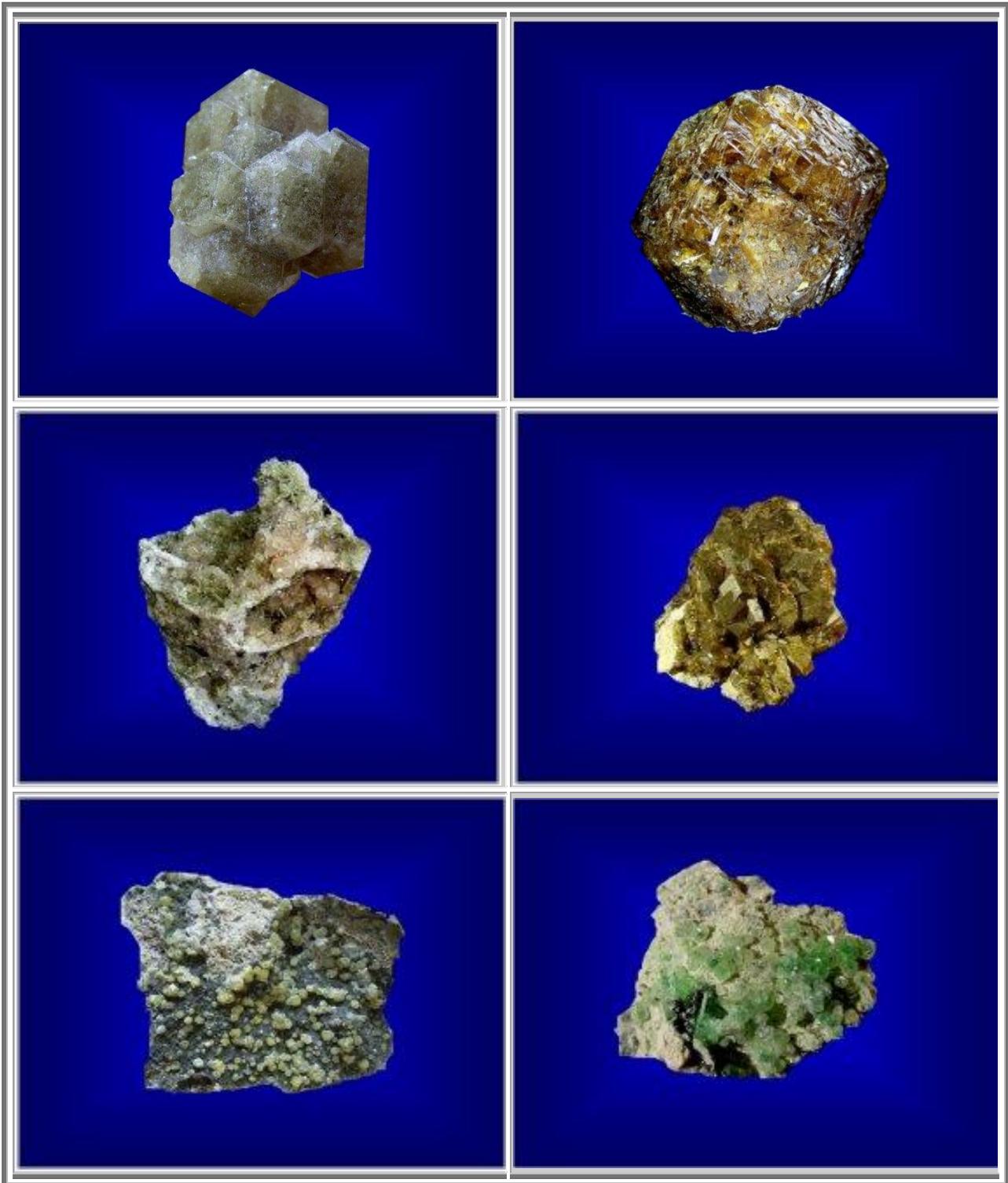


Photo 21 : Grossulaire

Photo 22 : Grossulaire et diopside, Asbestos, Québec

Photo 23 : Démantoïde, San Benito, Californie

Photo 24 : Grossulaire, Mali

Photo 25 : Topazolite, Arizona

Photo 26 : Grossulaire, Asbestos, Québec

Grenat rose à cœur noir du Mexique

D'après Ziyin Sun et Nathan Renfro du GIA



**Figure 18 : Specimen de grenat grossulaire rose du Mexique
avec à droite la présence d'un grossulaire au coeur noir : pièce 55 x 45 x 25 mm, cristal 8 mm environ**

Les spécimens de grenat grossulaire rouge framboise ont été très populaires sur le marché des collectionneurs suite à leur découverte en 1994 dans la Sierra de Cruces, dans l'état de Coahuila, au Mexique. V.W. Lueth et R. Jones («Red grossulaire from the Sierra de Cruces, Coahuila, Mexico», dossier minéralogique, vol. 34, no 6, 2003, p. 73) décrivent l'environnement géologique où le grenat a été découvert ainsi que les compositions pétrologiques du grenat et de sa matrice. Ils'agit en fait de grossulaire de dépôts de skarn, dans une matrice constituée de calcite, quartz, wollastonite et scapolite.

Certains de ces cristaux de grossulaire ont la particularité d'avoir une ceinture rouge framboise et un coeur noir, avec une transition de couleur très nette à la frontière entre le coeur et la ceinture périphérique. Lueth et Jones ont rapporté que la ceinture rouge framboise est composée principalement de grossulaire alors que le coeur noir contient jusqu'à 4,5 %pds de titane. Le coeur serait donc constitué en plus du grossulaire, d'espèces additionnelles de morimotoite et de schorlomite (cf tableau). Toutefois, aucune analyse chimique détaillée du coeur noir n'a été présentée. Pour mieux comprendre la composition de ce type de grenat, les auteurs ont préparé une section mince tranchée à partir du milieu d'un cristal de grenat (Voir l'image zonée en couleur au milieu de la figure) pour une analyse chimique détaillée au laboratoire de Carlsbad du GIA.

| End members | Cation site | | | | Anion site |
|-------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| | Dodecahedral | Octahedral | Tetrahedral | | |
| Schorlomite | Schorlomite | Ca ₃ | Ti ₂ | Si, Fe ²⁺ | O ₁₂ |
| | Schorlomite-Al | Ca ₃ | Ti ₂ | Si, Al ₂ | O ₁₂ |
| Morimotoite | Morimotoite | Ca ₃ | Ti, Fe ²⁺ | Si ₃ | O ₁₂ |
| | Morimotoite-Mg | Ca ₃ | Ti, Mg | Si ₃ | O ₁₂ |
| | Morimotoite-Fe | Fe ₃ ²⁺ | Ti, Fe ²⁺ | Si ₃ | O ₁₂ |
| Grandite | Grossular | Ca ₃ | Al ₂ | Si ₃ | O ₁₂ |
| | Andradite | Ca ₃ | Fe ₂ ²⁺ | Si ₃ | O ₁₂ |
| Kimzeyite | Kimzeyite | Ca ₃ | Zr ₂ | SiAl ₂ | O ₁₂ |
| | Kimzeyite-Fe | Ca ₃ | Zr ₂ | SiFe ₂ ²⁺ | O ₁₂ |

Table 2 : Occupation des sites cationiques des pôles limites des grenats

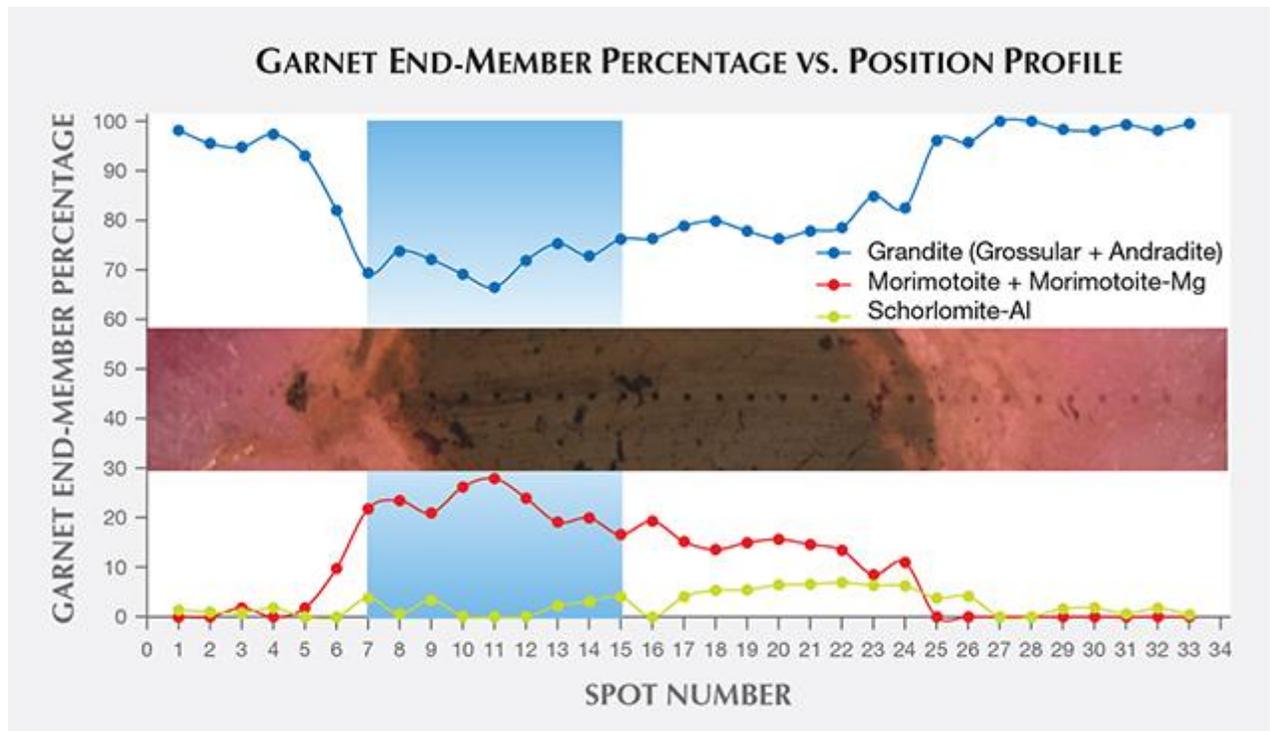


Figure 19 : Profil de concentration en pôle limite de grenat

Le pourcentage de membre final du grenat par rapport au profil de position a révélé que le noyau noir du grenat était riche en morimotoite et en schorlomite. La jante rose du grenat a été composée presque entièrement de grossulaire avec andradite mineur.

La composition chimique de la section a été obtenue à l'aide d'une unité d'ablation laser de la thermofisher ICAP Q ICP-MS couplée à une nouvelle vague de recherche sur les vagues up-213. 29Si a été utilisé comme norme interne. Les GSD-1 g et GSE-1 g ont été utilisés comme normes externes. Une ligne de 33 points d'ablation a été choisie pour traverser la partie entière d'une jante extérieure à la bordure extérieure opposée. Le noyau noir contenait jusqu'à 27,91 mol morimotoite et jusqu'à 4,07 mol schorlomite (figure 2). La composition détaillée du noyau noir de la tache 7 à la place 15 (la zone verticale bleu clair de la figure 9) figure dans le tableau 2. Le noyau noir contenait 4.10 – 5.04% de TiO₂, confirmant les résultats analytiques rapportés par Lueth et Jones, et de 42, 5,49 WT.% FeOtot. Il contenait également des ZrO₂ de 0,26 à 0,84% en poids, qui pouvaient être utilisés pour calculer une espèce distincte du grenat kimzeyite (tableaux 1 et 2; le tableau 1 donne la composition et l'occupation du site des membres finaux). C'est la première fois qu'une analyse chimique détaillée du noyau noir de ce type de grenat rouge de framboise a été documentée.

| Number of spots | spot 7 | spot 8 | spot 9 | spot 10 | spot 11 | spot 12 | spot 13 | spot 14 | spot 15 |
|--------------------------------|-------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | wt.% oxides | | | | | | | | |
| MgO | 1.37 | 1.13 | 1.37 | 1.38 | 1.32 | 1.28 | 1.23 | 1.23 | 1.30 |
| Al ₂ O ₃ | 14.84 | 14.88 | 15.48 | 15.21 | 15.32 | 15.30 | 15.77 | 15.34 | 15.85 |
| SiO ₂ | 37.28 | 38.31 | 37.86 | 38.67 | 38.95 | 38.71 | 38.26 | 37.64 | 37.69 |
| CaO | 34.89 | 35.99 | 35.29 | 34.94 | 34.20 | 35.11 | 35.39 | 35.23 | 35.55 |
| TiO ₂ | 5.04 | 4.28 | 4.80 | 4.57 | 4.80 | 4.17 | 4.10 | 4.51 | 4.29 |
| V ₂ O ₅ | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| Cr ₂ O ₃ | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| MnO | 0.10 | 0.13 | 0.14 | 0.15 | 0.15 | 0.16 | 0.15 | 0.14 | 0.15 |
| FeO _{tot} | 5.49 | 4.42 | 4.62 | 4.60 | 4.59 | 4.81 | 4.75 | 5.09 | 4.66 |
| ZrO ₂ | 0.84 | 0.73 | 0.35 | 0.40 | 0.57 | 0.37 | 0.26 | 0.71 | 0.42 |

Table 3 : Composition chimique des grenats grandite-morimotoite par LA-ICP-MS

HESSONITE



Etymologie

Vient du grec *hesson* = moindre, (allusion à sa faible densité), pour certains, au fait qu'elle était moins précieuse que la hyacinthe pour d'autres, ou encore parce que ses cristaux sont généralement plus petits que ceux de l'almandin, elle fut décrite par Haüy dès 1822.

C'était l'ancienne « hyacinthe antique » (alors mal différenciée du zircon), ou la pierre de Cannelle, le vermeil, le grenat hyacinthe, voire le grossulaire massif du Transvaal.

Propriétés

densité 3,65

dureté 7,25

indice de réfraction 1,742 à 1,748

Isotrope, avec quelques anomalies de polarisation dues à diverses inclusions, translucide à transparente, avec éclat plutôt résineux.

Couleur rouge, orange à brun orange, due à des mélanges d'almandin et d'andradite.

Gisements

L'hessonite, à la différence des autres grossulaires, est surtout rencontrée dans des roches serpentineuses et basiques métamorphisées, ou dans des rodingites dont elle est le principal composant.

Gisements assez rares : Tchéquie (où l'on a trouvé de grands cristaux), Italie (val d'Ala, au Piémont, groupes d'excellents cristaux), Allemagne (Auerbach), Roumanie (Baita), Brésil, Tanzanie...

Plus fréquente au Sri Lanka, et plus particulièrement à l'île Cannelle.

Gemmologie-Collection

Le Cabinet des médailles de la Bibliothèque nationale conserve un cristal de 5,5 sur 2,5 centimètres sculpté par des Allemands, représentant Moïse.

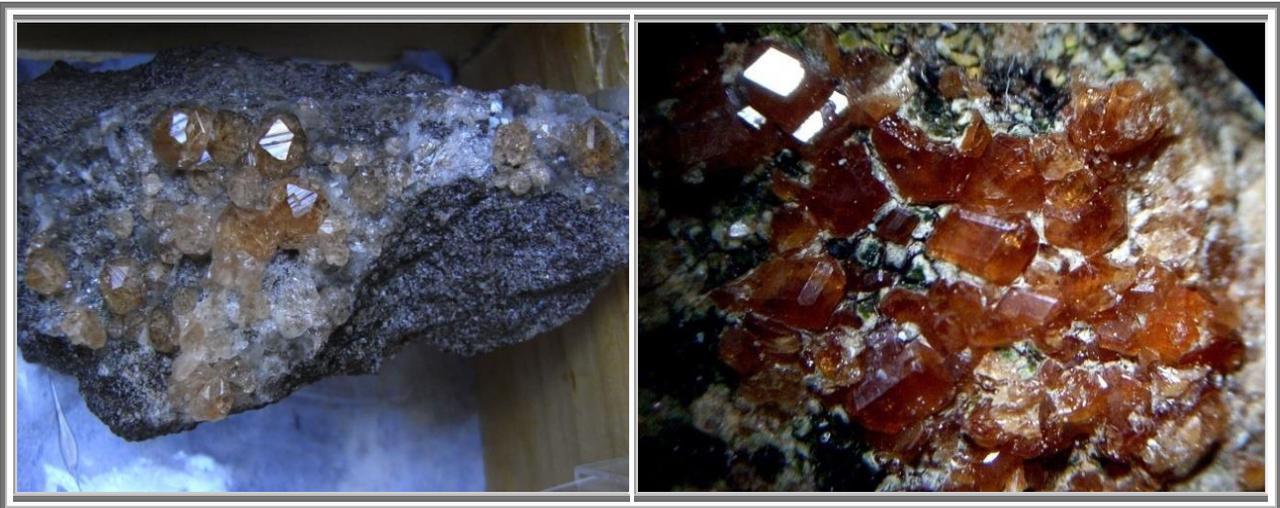


Photo 27 : Hessonite, Asbestos, Québec

Photo 28 : Hessonite, Val d'Ala, Italie

ANDRADITE



Etymologie

Son nom, du genre féminin, lui a été attribué au XIX^e siècle par J. D. Dana en l'honneur du minéralogiste portugais José Bonifacio de Andrada de Silva (1763 - 1838) qui se consacra à l'étude des grenats. Il semble donc que ce soit à tort que des ouvrages anciens affirment qu'il viendrait du grec *andras*, employé pour la première fois par le philosophe, médecin et naturaliste Théophraste (372 - 278 av. J.-C.) qui désignait ainsi tous les grenats.

Composition

Les analyses donnent 35 à 36% de SiO₂, 30 à 33% de CaO, 25 à 30% de Fe₂O₃

Son analyse met souvent en évidence une petite quantité de titane, de 1 à 5%.

Le pôle extrême contenant plus de 90% de molécules pures est peu commun. Il s'agit le plus habituellement d'une solution solide d'andradite et de grossulaire.

Beaucoup d'andradites extraites de skarns accusent une composition et une couleur zonée, l'alternance de ces zones marquant l'andradite pure et le mélange 50% d'andradite - 50% de grossulaire.

Propriétés

Densité: 3,70-4,18

Indice de réfraction: 1,86-1,94

Sa constante diélectrique varie de 6,35 à 8,2 ;

Elle est en général optiquement isotrope, bien qu'une légère biréfringence s'y observe à l'occasion ; fluorescence aléatoire en rouge orangé sous les U.V.

Cristaux à forme dodécaédrique dominante mais pouvant posséder de nombreuses troncutures (huit formes habituellement reconnues) leur conférant souvent un aspect subsphérique.

Il s'ensuit que sa couleur dépend de sa composition chimique.

Elle est attaquée lentement par les acides et s'altère en un mélange d'épidote, de limonite, et de feldspaths.

Gemmologie-Collection

Seules deux variétés sont aujourd'hui reconnues par les lapidaires : la « mélanite » (noire, ou presque) et le « dématoïde » (vert à vert foncé). L'ancienne « topazolite » (jaune-vert si pure), ou « vermeille des lapidaires », étant une appellation synonyme du dématoïde et de la mélanite est inutile et à proscrire.

Gisement

Présence d'andradite dans la célèbre météorite d'Allende, une chondrite carbonée considérée comme l'une des roches les plus anciennes du système solaire avec ses quelques 4,5 milliards d'années.

Les grenats calciques, comme l'andradite, se forment principalement par métasomatose de roches calciques impures, surtout lors de métamorphismes de contact, dans des granulites (roches calcaires en contact avec le granite) ou de roches basiques.

L'andradite, dont la formation implique un milieu à fort potentiel d'oxygène, est un minéral constituant important des skarns, ces derniers renferment souvent des gisements métallifères.

L'andradite est également connue en tant que produit de fumerolles dans certaines roches volcaniques (fissures des laves acides de Menet (Cantal)).

La topazolite et le démantoïde, variétés colorés de l'andradite, se forment principalement dans des serpentinites et dans des schistes chloriteux

France :

Les plus beaux cristaux proviennent de Costabonne (66), associée à de la scheelite et à des minéraux rares comme l'helvite.

Dans les Vosges, elle a été abondante à Framont, associée à l'épidote, à la pyrite et à la magnétite.

Egalement, à Collobrières (Var) dans les lentilles de magnétite des micaschistes à amphibolites.

Dans les schistes cristallins de Loire Atlantique dans les gneiss des environs de Crossay

En Ariège près de St Barthélémy.

En tant que fumerolles et micros dans les fissures des laves acides de Menet (cantal)



Photo 29 : Calcite dans Andradite

Photo 30 : Andradite iridescente, Japon

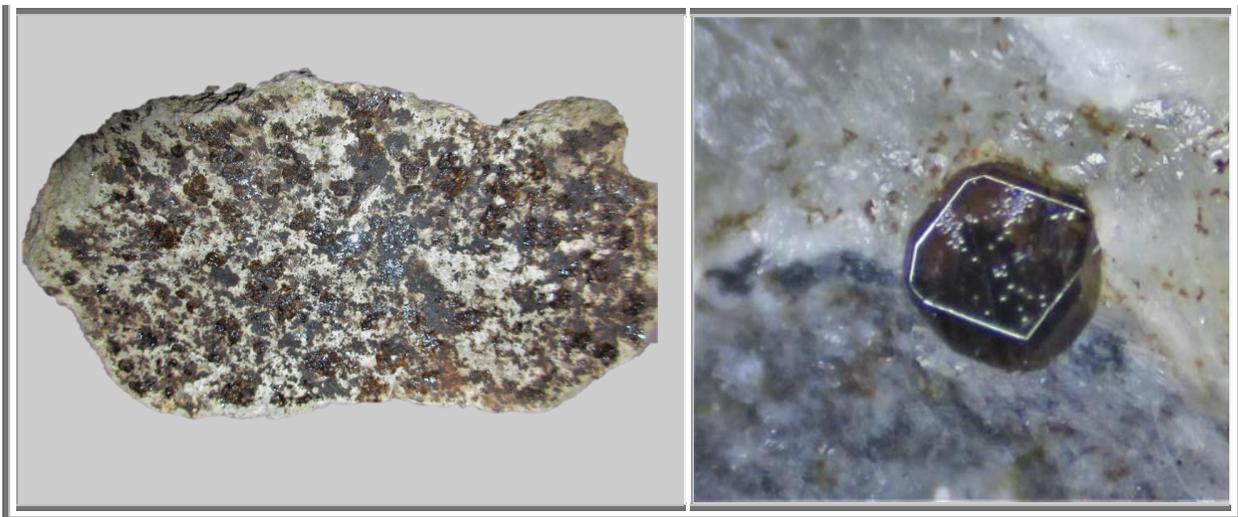


Photo 31 : Menet : Andradite de fumerolles

Photo 32 : Mnet : Andradite micro

DEMANTOÏDE



Etymologie

Son nom vient d'un vieux mot allemand *demant* = diamant, à cause de sa propriété de décomposer la lumière en un grand nombre de couleurs

On a écrit d'ailleurs longtemps « diamantoïde ». On l'appelait aussi, mais à tort, « topazolite », à cause de sa couleur.

Propriétés

Densité de 3,82 à 3,85 ;

Dureté de 6,5 à 7;

indice de réfraction de 1,888 à 1,889 ; dispersion de 0,057.

D'un magnifique vert intense, vert d'herbe, avec un fort éclat adamantin, il est transparent, contenant fréquemment des inclusions de fibres d'amiante, byssolite, de couleur brun orange, faisant penser à une queue de cheval.

Gisements

Découvert par des chercheurs d'or, vers les années 1860, dans des alluvions aurifères, à Nijni Taghil, dans l'Oural, Nordenskiöld le décrit en 1878. Ce n'est que vingt ans plus tard qu'est repérée la roche-mère, le long de la rivière Bobrovka, sur le versant occidental de l'Oural, riche en nodules de 5 centimètres de diamètre, et l'on crut alors à un nouveau gisement d'émeraudes, d'où le nom — inapproprié— d'émeraude de l'Oural.

Gisements en ex-U.R.S.S. (à Sysert en Oural), en Tchéquie, en Allemagne (Saxe), en Italie (carrière de Sferlun dans le val Malenco, à 130 km au nord de Milan, plus exactement entre Campo Franscia et l'Alpe Acquanera), en Suisse (Geisspfadsee dans le Valais), au Congo, en Tanzanie, au Zaïre.

Gemmologie-Collection

Le gisement de l'Oural étant épuisé, le « démantoïde » reste prisé des collectionneurs.

Il s'avère l'un des plus précieux grenats car très rare, surtout de qualité gemme et dépassant 0,2 carat, exceptionnel au-dessus de 3 à 4 carats, bien que l'on en répertorie de 7 à 8 carats de l'ex-U.R.S.S. et de 1,5 centimètre de diamètre du val Malenco (Italie).

Pierre fine se taillant à facettes, en brillant rond ou ovale, apparue il y a une centaine d'année chez les lapidaires russes qui l'achetaient en Oural, alors l'unique région fournissant des cristaux de qualité gemme, il figurait parmi les plus chers, sans doute à cause de sa réputation de « pierre similaire au diamant ». En vogue chez les tsars au XVIIe siècle, c'était le seul grenat transparent connu antérieurement à 1970, avant la découverte de la tsavorite.

France :

Arendal, en Normandie

MELANITE



Etymologie

Du grec *mêlas* = noir, elle apparaît généralement en cristaux idiomorphes.

Composition

Sa formule s'énonce $[\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3]_3$, le magnésium ou le manganèse remplaçant parfois le calcium.

Propriétés

dureté de 6,5 à 7

densité de 3,86

isotrope, avec un indice de réfraction de 1,887 augmentant avec la teneur en titane,

De couleur brune à noirâtre,

Gisement

La mélanite et la schorlomite se rencontre plutôt dans des roches alcalines ignées telles les syénites néphélitiques et les phonolites. Citons également que la mélanite peut se former dans des grenatites associées à des « roches vertes ».

Variété rare, ses gisements se situent en Allemagne (Rieden-am-Laacher See, Kaiserstuhl), en Italie (Fracasti, près de Rome ; au Vésuve), en Roumanie (Moravicza), en Russie (péninsule de Kola), en Norvège, au Canada (Ice River), aux États-Unis (cavités des roches métamorphiques du comté de York en Pennsylvanie ; Magnet Cove en Arkansas), en Tasmanie...

Gemmologie-Collection

Son association dans les roches volcaniques en épitaxie à la surface des trapézoèdres de leucite (minéral que Rome de l'Isle appelait le « grenat blanc »), en fait une curiosité recherchée par les collectionneurs. Le contraste entre le blanc nacré de l'une et le noir très brillant de l'autre est extraordinaire. Les collections étoffées abritent de magnifiques associations propres au Vésuve.

Appréciée avant la découverte du diamant, elle est encore taillée à facettes ou en cabochons pour orner des bijoux de deuil.

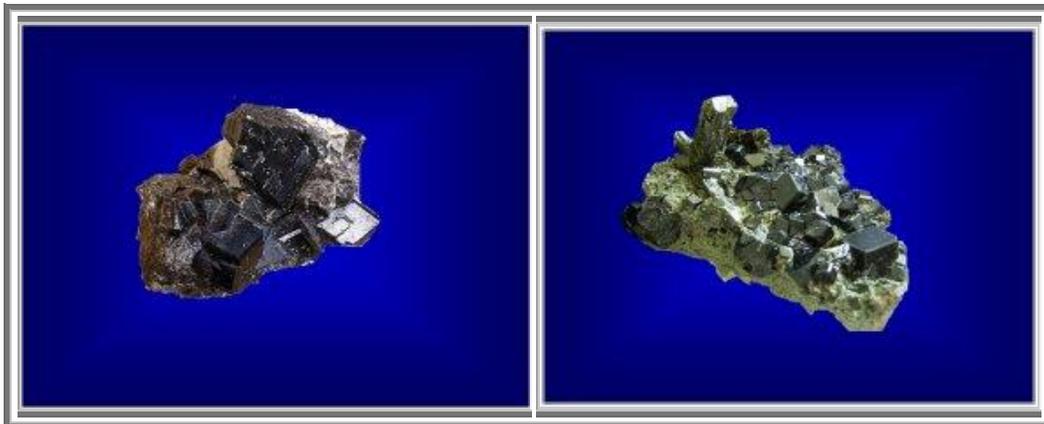
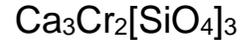


Photo 33 : Mélanite, Chili

Photo 34 : Mélanite et épidote, Kayes, Mali

UVAROVITE



Etymologie

C'est au comte russe S. S. Ouvarov (1785-1855), président de l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg que G. H. Hess l'a dédiée en 1832. Du genre féminin, elle fut confirmée en 1837.

Elle entre dans le dictionnaire de l'Académie française en 1842 qui a écarté l'orthographe anglo-saxonne «ouwarowite » car la bonne traduction du russe impose ouvarovite, et même, en toute rigueur, uvarovite dans notre langue. Le Littré (page 1203) confirme cette manière d'écrire

Propriétés

Dureté de 7,5

Densité: 3,40-3,90

Indice de réfraction: 1,74-1,87

dispersion nulle ; toujours biréfringente ;

cassure inégale à conchoïdale.

Elle est verte à vert émeraude foncé, transparente à translucide et cristallise en rhombododécaèdres de quelques millimètres, ses cristaux étant en général plus petits que ceux de l'almandin.

Gisement

L'uvarovite se rencontre associée à la chromite dans les roches péridotites et serpentineuses, dans des skarns riches en chrome, dans des roches métamorphiques riches en Fe, en Mg et en minéraux métalliques et dans les calcaires métamorphisés à condition de disposer de chrome en grande quantité.

L'uvarovite est donc très rare. Cantonnée presque exclusivement dans les gisements de chrome : ex - U.R.S.S de sarany (Saranovskaya et Zlakoust dans l'Oural) où des cristaux gemmes jusqu'à 9 cm en coupe transversale ont été découverts. Dans la même région de l'Oural, il y a des dépôts similaires à Sysert, Biserskoye, Bilimbaevsk et autres.

Parmi les autres gisements, il faut mentionner en Finlande, (Pitkaranta au bord du lac Lagoda) et le gisement de sulfure de cuivre d'Outokumpu près de Kuusjärvi avec des cristaux jusqu'à 5 cm, des cristaux atteignant 45 x 30 cm ont également été récoltés, mais ils étaient opaques du fait d'une grande quantité d'inclusions minérales,

Récemment, de l'uvarovite a été découverte en Afrique du Sud, dans le gisement de Hendriksplatz dans des chromites du massif du Bushveld, Prov. du Nord, où se trouvait la variété d'uvarovite, la trautwinité variété rempli d'éléments supplémentaires.

Autres gisements : Norvège (Roros), Suisse, Pologne.(en Silésie, à Jordanow), Turquie (Makri), Ethiopie, Afrique du Sud (massif de Bushveld au Transvaal), Canada (Oxford au Québec), États-Unis (comté de Lancaster au Texas ; Wood's chromite mine, Oregon ; New Idria dans le comté de San Benito en Californie), Nouvelle-Calédonie...

Gemmologie-Collection

L'un des grenats les plus rares, très recherché par les collectionneurs.

Notons qu'à Outokumpu (Finlande) furent découvert en 1896, dans un bloc de quartz de douze kilos, extrait d'un puits de 300 mètres de profondeur, les plus beaux cristaux connus jusqu'alors : l'un d'eux mesurait 4,6 x 2,7 centimètres, plus un dodécaèdre de deux centimètres, sept autres dépassant le centimètre. Il fallut trois mois pour les dégager de la gangue quartzreuse.

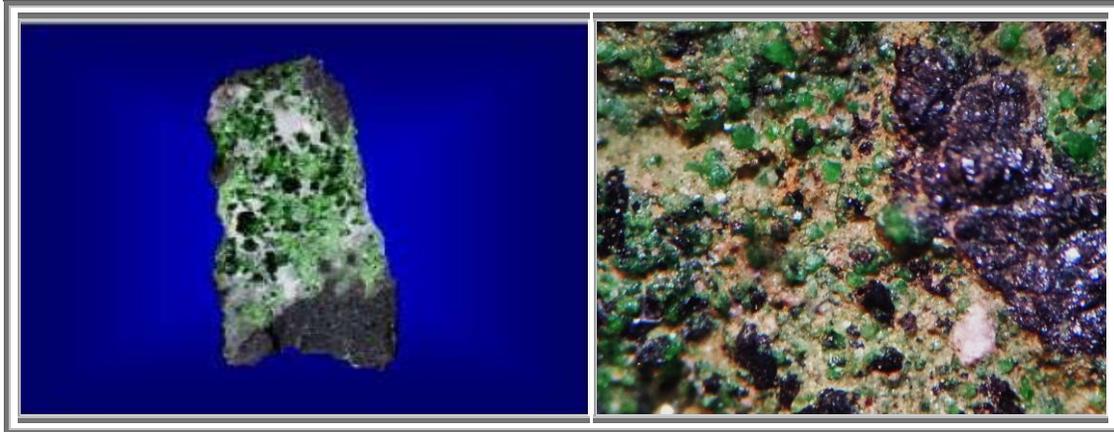


Photo 35 : Uvarovite, Russie

Photo 36 : Uvarovite, Nouvelle Calédonie

KNORRINGITE



Etymologie

Baptisée en l'honneur d'Oleg von Knorring, du département des sciences de la Terre de l'université de Leeds (G.-B.), par Péter H. Nixon et George Homung en 1968. Elle remplace la « hanléite », étudiée par Fennor en 1952, désormais discréditée, car c'est une uvarovite, selon Sastri (1963). Grenat à magnésium et chrome, elle portait le nom du monastère de Hanle, au Cachemire, où elle fut trouvée en 1864.

Propriétés

dureté estimée autour de 7

densité de 3,70 à 3,85

indice de réfraction de 1,803, biréfringence nulle.

Système cubique, avec $a = 11,65 \text{ \AA}$;

Isotrope

Composition : SiO₂ : 39.78%, Cr₂O₃ : 33.54 %, MgO : 26.68%

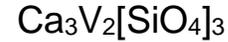
Elle a les propriétés du pyrope chromifère, le pyrope type contenant environ 2 à 3% de Cr₂O₃ et 5 à 8% de molécules d'uvarovite.

Gisement

Très rare, c'est un constituant important de quelques kimberlites.

Cette espèce chromifère, distincte du pyrope, où le chrome l'emporte sur l'aluminium, de couleur rouge tirant vers le violet, et le vert, à cause du chrome, fut trouvée dans le pipe de kimberlite de Kao, à Liqobong au nord-est du Lesotho.

GOLDMANITE



Etymologie

Baptisée par Moench & Meyrowitz en 1964, en l'honneur du pétrographe américain Marcus L. Goldman qui travailla trente-sept ans au service géologique et étudia plus spécialement les grès d'Entrada, la roche-mère où elle fut découverte.

Composition

L'analyse chimique donne 33,3% de CaO, 0,3% de MnO, 0,7% de MgO, 18,3% de V₂O₃, 5,4% de Fe₂O₃, 4,9% d'Al₂O₃, et 36,6% de SiO₂.

Propriétés

dureté non mesurée
densité de 3,737 à 3,91
Dimension de la maille, 12,011 Å ;
isotrope ; indice de réfraction de 1,821 à 1,855 ;
biréfringence nulle ou très, très faible.
Couleur vert jaune à vert, vert - brun.

Gisement

Très rare, on ne l'a encore extraite que de gisements d'uranium et de vanadium de la région d'Albuquerque aux Etats-Unis, où elle fut découverte en 1963.
Nouveau gisement en Slovaquie, souvent associée à la pyrite.

variété « Yamatoïte »

Grenat hypothétique, dont le nom n'est pas reconnu par la commission internationale et qui serait une goldmanite dans laquelle le manganèse l'emporterait sur le calcium.

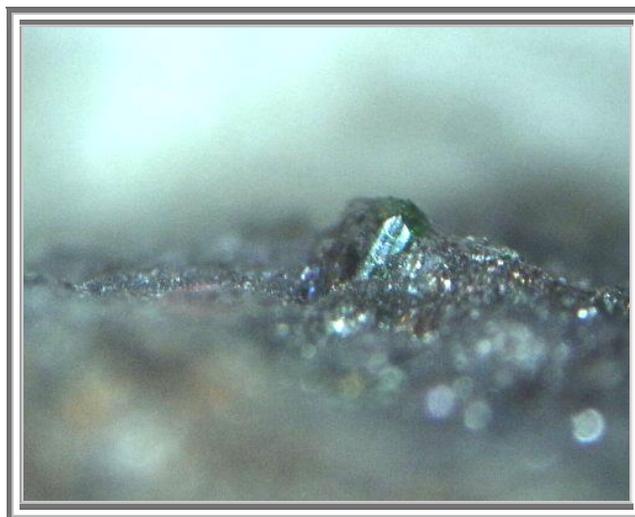
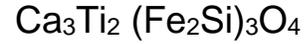


Photo 37 : Goldmanite et pyrite
Rybníček, Pezinok, Malé Karpaty Mts, Bratislava Region, Slovakia, 0.5 mm

SCHORLOMITE



Etymologie

A cause de sa couleur noire, par Shepard en 1846, en associant le grec omos-homos : semblable et l'allemand schorl (tourmaline noire).

Composition

Il s'agit d'une andradite, contenant 17% au moins de titane
Le titane vient en substitution du Fe.
Localité type : Magnet cove, Hot Springs County, Arkansas, USA

Propriétés

dureté d'environ 6,5.
densité de 3,8 ;
indice de réfraction d'environ 1,86 à 2,01 ;
biréfringence nulle ou très faible ;
Isotrope ;
Couleur brune tendant vers le noir.

Ses cristaux, en rhomboèdre ou en trapézoèdre présentent éventuellement sur leurs faces des striures suivant plusieurs directions incompatibles avec une structure cubique normale.

Gisement

provient de Pologne (Podzamek),
d'ex-U.R.S.S. (Kovdor), des Etats-Unis.

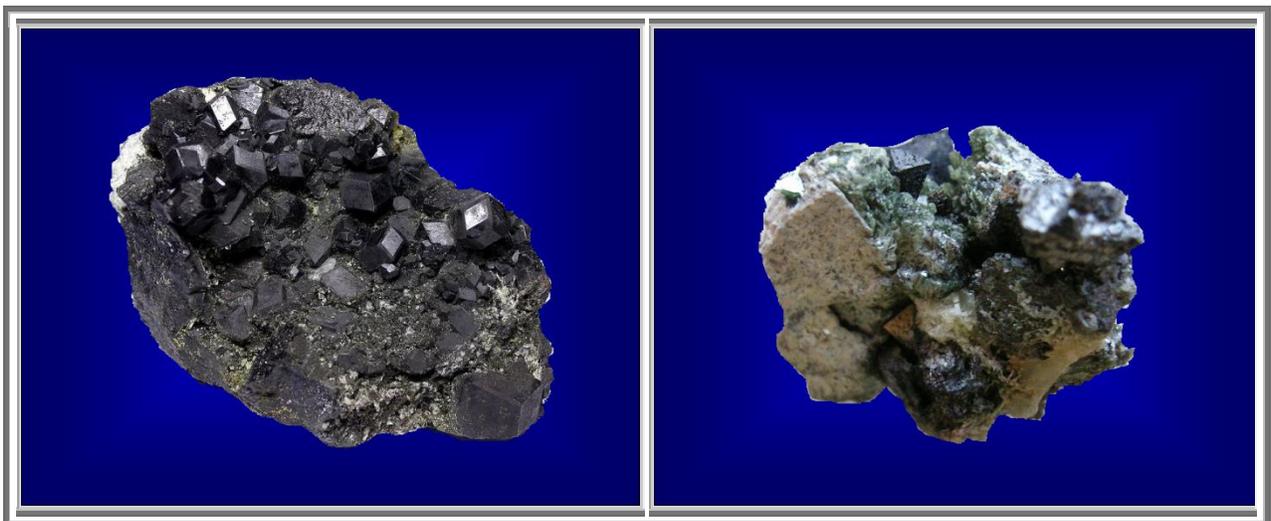


Photo 38 : Schorlomite, Tamazeght, Maroc

Photo 39 : Kimzeyite, magnetite et baddeleyite
Magnet Cove, Arkansas

KIMZEYITE



Etymologie

nommée en l'honneur de la famille Kimzey qui pendant des générations a facilité les travaux et les études sur le célèbre site minier de Magnet Cove (Arkansas, U.S.A.), par Milton et al en 1961

Composition

L'analyse a donné 29,8% de CaO, 29,9% de ZrO₂, 5% de Ti₂O₃, 0,5% de MgO, 0,8% de FeO, 1% de Nb₂O₅, 11% d'Al₂O₃, 13,4% de Fe₂O₃, 9,6% de SiO₂.

Le titane remplace le zirconium ; le fer (Fe³⁺) et l'aluminium remplace le silicium.

Propriétés

Densité 4

Dureté 7 environ

indice de réfraction de 1,94

isotrope

possède souvent une microstructure pœcilitique c'est-à-dire contenant de nombreux petits cristaux d'autres minéraux ; insoluble dans les acides.

Couleur brun jaune à brun foncé.

il se présente en cristaux combinant les faces du rhombododécaèdre et du trapézoèdre avec $a = 12,46 \text{ \AA}$,

Gisement

Découverte dans une carbonatite, décrite en 1961, et Appelée « grenat-zircon » à cause de sa teneur notable en zirconium

aussi connu dans la schorlomite de Magnet Cove et dans la « mélanite » du Kaiserstuhl.

TSAVORITE



Etymologie

Nom donné en raison du site de Tsavo au Kenya

Composition

Elle est composée de 36,50 à 40,48% de SiO₂, de 34,50 à 36,60% de CaO, de 20,50 à 22,50% d'Al₂O₃, avec des traces de vanadium, de chrome, de manganèse, de magnésium, de titane, de fer, de nickel...

Des études plus poussées permettent de dire que les composants extrêmes, miscibles entre eux et à l'origine de la solution solide sont le grossulaire (93,5 à 97%), la spessartite (2,9%) et le pyrope (2,4%).

Propriétés

densité : 3,50 à 3,64.

Son indice de réfraction varie avec la couleur, passant de 1,732 pour les teintes les plus claires, à 1,742 pour les plus colorées ;

Gisement

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.

Gemmologie-Collection

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.

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.

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.

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.



Photo 40 : Tsavorite, Afghanistan

Photo 41 : Tsavorite, Tsavo, Kenya

3. GROUPE HYDROGRENAT

Le terme hydrogrenat s'applique à différents types de grenats dans lesquels fut mis en évidence, à l'intérieur des tétraèdres ZO_4 , un taux élevé de remplacement du silicium par de l'eau, les deux « hydrogrenats » les plus communs se nommant « l'hydrogrossulaire » et « l'hydroandradite ».

Leur formule générale s'écrit : $X_3Y_2(ZO_4)_{3-m}(OH)_{4m}$

Leur densité et leur dureté apparaissent plus faibles que celles de leurs homologues silicates anhydres.

HYDROGROSSULAIRE

D'après la nomenclature internationale, « hydrogrossulaire » est un nom de groupe pour les grenats hydratés de la série hibschite $Ca_3Al_2(SiO_4)_{3-m}(OH)_{4m}$ (avec $m = 0,2$ à $1,5$) — katoïte $Ca_3Al_2(SiO_4)_{3-m}(OH)_{4m}$ (avec $m = 1,5$ à 3).

« L'hydrogrossulaire » de formule $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6(H_2O)$ est d'une grande rareté dans la nature mais c'est un constituant fréquent des ciments alumineux hydratés (ciments blancs à prise rapide). Il existe en fait une série continue depuis le grossulaire, la hibschite étant un terme médian de cette série. Les « hydrogrossulaires » naturels, rarement développés en cristaux de dimensions supérieure au millimètre, représentent toujours, en fait, des solutions solides entre la hibschite et « l'hydrogrossulaire ».

Le terme « hydrogrossulaire » reste applicable, en tant que nom de groupe, désignant tous les membres de la série contenant d'une manière appréciable (OH), mais avec un rapport $SiO_4/(OH)_4$, non spécifié.

Ce minéral massif, dense, opaque, de couleur verte, ressemble au jade d'où ses anciens noms de « jade du Transvaal », « grenat-jade » (appellations interdites).

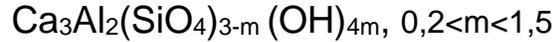
Il est moins résistant que le grossulaire et lentement soluble dans l'acide chlorhydrique ou nitrique.



Photo 42 : Katoïte sur Azurite

photo 43 : Hydrogrossulaire sur grossulaire
Asbestos, Québec

HIBSCHITE



Etymologie

Nom introduit par F. Cornu en 1906 pour désigner un nouveau silicate de faible densité et qui se déshydrate au chauffage.

Propriétés

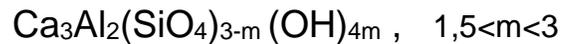
Dureté de 6 à 6,5
densité de 3,00 à 3,30
indice de réfraction de 1,675 à 1,734
parfois fluorescence en orangé (U.v. courts)
infusible.

Elle se présente sous forme d'octaèdres réguliers.
incolore, et souvent trouble
parfois légèrement biréfringente ;

Gisements

Fut découvert dans une phonolite, à Marianskà Hors (Marienberg), en Bohême.
On en a aussi récolté près d'Aubenas (Ardèche, France).

KATOITE



Etymologie

Décrite en 1977 par Passaglia et Galli qui l'ont baptisée en l'honneur d'Akira Kato, du musée des Sciences de Tokyo, membre influent de l'Association internationale de minéralogie.

Propriétés

Système cubique avec $a = 12,358 \text{ \AA}$.

Gisements

Elle a été dégagée dans une carrière, à Campomorto, près de Montalto-di-Castro (Viterbo, Italie), d'une phonolite intrusive mise en place au Pliocène et recoupant des marnes argileuses.

REFERENCES

- (1) Jean Christian GOUJOU, Gérard GUITARD et Christian BERBAIN , Le Règne Minéral n°32 :Le massif de costabonne 2464 m (Pyrénées Orientales), p12-30
- (2) Jean Christian GOUJOU, Le Règne Minéral n°30:Le massif de costabonne 2464 m (Pyrénées Orientales), p4-16
- (3) Jean Christian GOUJOU, Voyage dans les profondeurs, avec les minéraux du métamorphisme, Le Règne minéral n°36, p5-19.
- (4) Hubert PELISSIER : Réflexions sur la Métallogénie, Les ouvrages de l'industrie minière
- (5) J. KOURIMSKI, Encyclopédie des Minéraux, GRUND
- (6) Le Grand Atlas des Pierres et Minéraux, Editions Atlas
- (7) R. PIERROT, L. CHAURIS, C. LAFORET et F. PILLARD, Inventaire minéralogique de la France , Morbihan, Editions du BRGM
- (8) C. POMEROL, Y. LAGABRIELLE, M. RENARD, Eléments de géologie, MASSON Sciences, DUNOD
- (9) R. DUDA et L. REJI, La grande encyclopédie des Minéraux, GRUND
- (10) C. NICOLLET, cours de métamorphisme :
<http://christian.nicollet.free.fr/page/enseignement/licencemetam.html>
- (11) Micaschistes à grenat de l'Hermitain
http://www.ac-poitiers.fr/svt/res_loc/Geol/Fiches/79-Fiches/79-hermitain.htm
- (12) Structure 3D des minéraux
<http://www.ill.fr/dif/3D-crystals/minerals.html>
- (13) C. NICOLLET, cours de métamorphisme, Les roches métamorphiques : témoins de l'évolution de la lithosphère dans le temps et dans l'espace
<http://www.obs.univ-bpclermont.fr/lmv/cursus/licenceST/metam.html>
- (14) P. DEZES, Géologie du Cachemire, La zone de cisaillement du Zanskar : un exemple d'extension syn-orogénique dans l'Himalaya du Nord-Ouest
http://compl.geol.unibas.ch/~zanskar/Abstract_Fr/GEOLOGIE.html
- (15) Les Roches métamorphiques – Glossaires
http://www.univ.lille1.fr/geosciences/cours/cours_mineralo/cours_mineralo_10.html
- (16) Les roches ignées
<http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s2/r.ign.html>
- (17) Les minéraux du métamorphisme
<http://les.mineraux.free.fr/metamorphisme.htm>
- (18) C. BRUNET , Un témoignage des profondeurs terrestres, cosinus, sept 2000, n°9, p2
- (19) A.A. SNELLING, Regional Metamorphism within a creationist framework : what garnet compositions reveal, 3rd International Conference on creationism, Pittsburgh, PA, 18-23/07/1994
<http://www.icr.org/research/as/regionalmetamorphism.html>
- (20) Ste Marie de campan – Arbizon, Monde des minéraux
- (21) C. BAILLARGEAT, Un gisement de grenats en Autriche, La Granatenkogel, Monde des minéraux
- (22) Influence de l'Evolution Granulométrique des Abrasifs sur l'Enlèvement de Matière lors de la découpe par Jet d'Eau Abrasif
thèse soutenue le 14 décembre 2001 à 14h00
- (23) University of colorado, Mineral structure data, garnet,
<http://ruby.colorado.edu/~smyth/min/garnet.html>
- (24) P. NAUGIER, Déformation des roches et transformations de leurs minéraux
- (25) A. PUTAIS, Introduction to mineral Sciences
- (26) A. BARONNET, Minéralogie
- (27) Encyclopédie Universalis
- (28) Géologie des Sables d'Olonne
<http://www.qc.nantes.fr/peda/disc/svt/geol85/doc04.htm>
- (29) Académie de Rennes : Les micaschistes et gneiss du conquet

- <http://www.ac-rennes.fr/pedagogie/svt/travaux/leon/conquet.htm>
- (30) J.M. FERRY et F.S. SPEAR, synthèse de J. BERTHOLON, V. DUPRAZ et L. GONIN, Calibrage expérimental du fer et du magnésium entre la biotite et le grenat
<http://christian.nicollet.free.fr/page/enseignement/licencemetam.html#Transformations>
- (31) A. M. AGHZER, A. RHOJJATI, F. BENCHEKROUN, F. HAISSSEN et A. EI ARCHI, Thermobarométrie et trajet P-T des gneiss migmatiques de l'unité de FILALI (Massif de Beni Boussera ; rif interne)
- (32) A. BENDAOUD, K. OUZEGANE et J.R. KIENAST, Granulites de Tidjneouine (Hoggar, Algérie)
- (33) Joan DEVILLE, Les grenats, minéraux et fossiles
- (34) Les micaschistes de Sauveterre
- (35) Géologie de la Provence cristalline
<http://www.ac-nice.fr/sorties/argens/compléments.htm>
- (36) APGiens les amis de la préqu'île de Giens
<http://www.apgiens.com/asso/massif%20des%20maures.htm>
- (37) Le pointement de péridotite à grenat-spinelle de La croix Valmer : un cumulat d'affinité océanique impliqué dans la subduction éohercynienne, Jacky Boulmoton, Philippe Goncalves et Christian Pin, site P. Goncalves
- (38) Exposé de Yves Masson « une auréole de métamorphisme de contact dans les Pyrénées, Le massif de l'Arbizon », CMS bulletin n°56
- (38) Exposé de Yves Lmasson « une auréole de métamorphisme de contact dans les Pyrénées, Le massif de l'Arbizon », CMS bulletin n°56
- (38) Jean Christian GOUJOU, « Les conditions de formation et de stabilité du stoïque staurotide », règne minéral n°56, pp7-27
- (39) Pierre Zeisser, « Monde et Minéraux » n°49, sept – oct 82