

NUANCES DE COULEUR DES GRENATS

La principale particularité des grenats est d'être composés de solutions solides de pôles limites. Ainsi, en fonction des concentrations en ces pôles limites, les grenats nous offrent tout un panel de couleur.

Néanmoins, il existe certaines dominantes en fonction du groupe Pyralspite ou Ugrandite, auquel un grenat appartient.

Groupe pyralspite

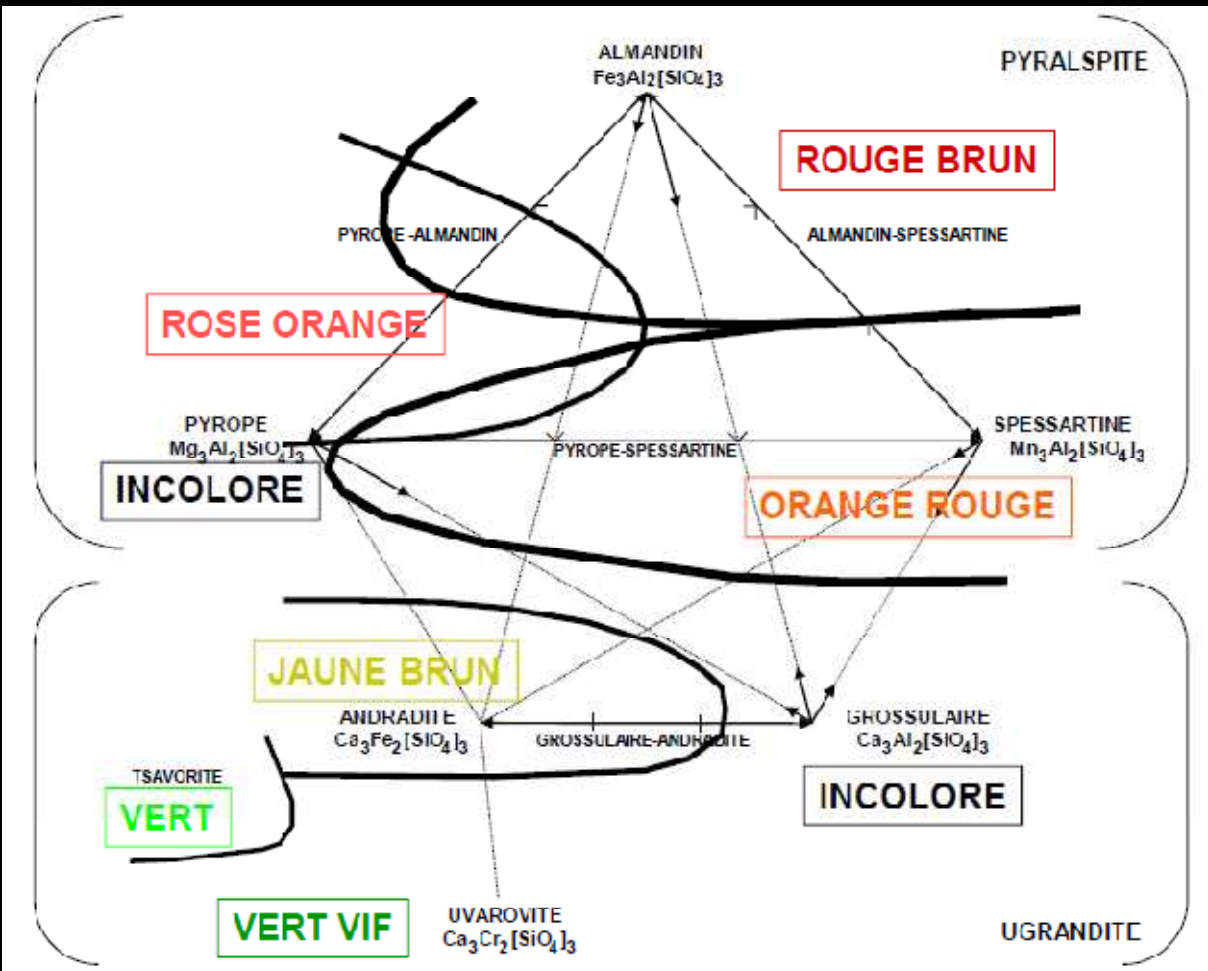
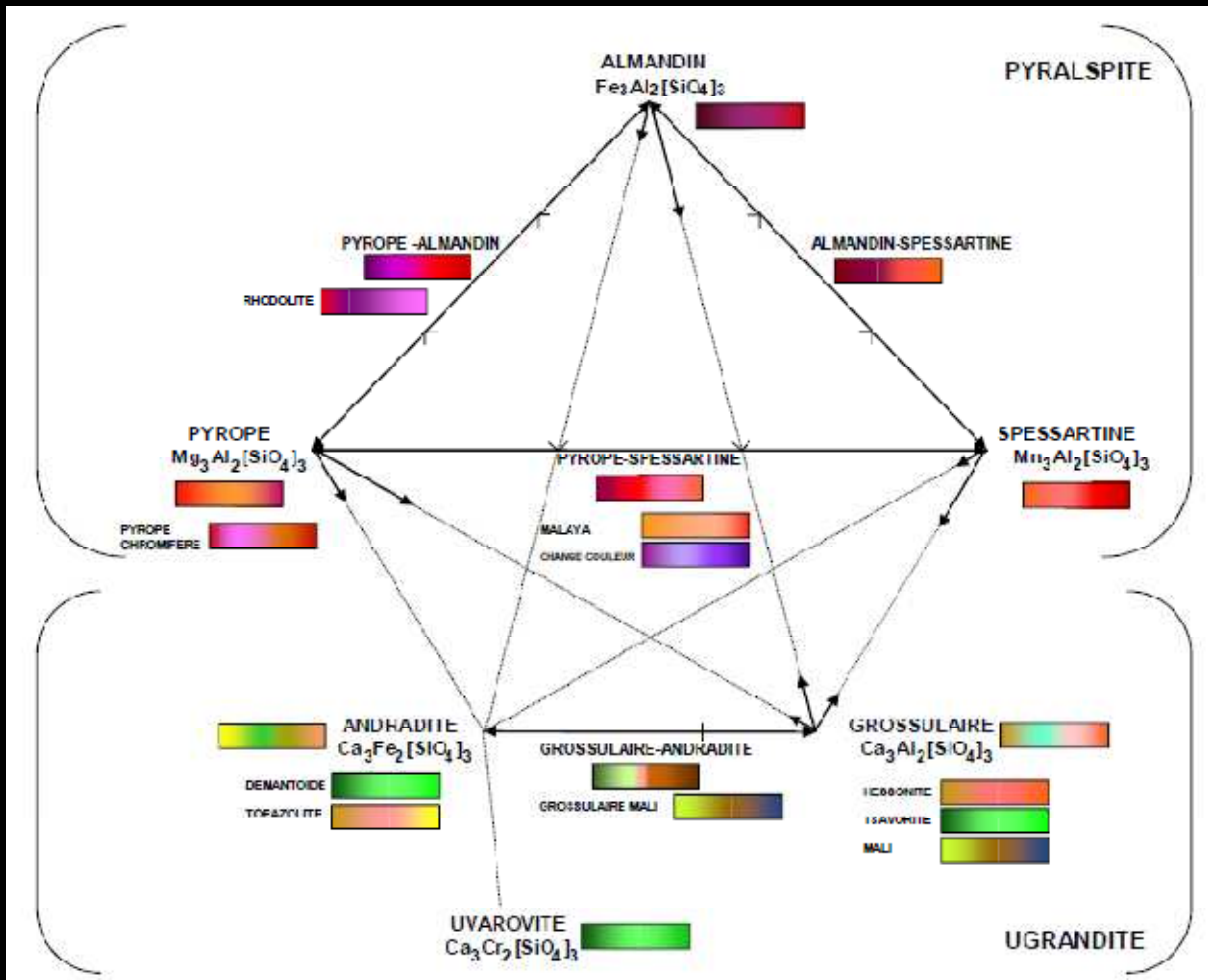
Les grenats du groupe pyralspite sont à dominante de couleurs chaudes. Elles vont du rose au brun en passant par le rouge, si la couleur provient principalement de l'almandin, et davantage vers le rouge orange, si le pôle limite dominant est le spessartine.

- Le pôle pyrope $Mg_3Al_2[SiO]_4$ ne renferme pas d'éléments métalliques susceptibles d'apporter une quelconque coloration par transfert d'électrons d-d, il est donc naturellement incolore.
- Le pôle spessartine $Mn_3Al_2[SiO]_4$ est coloré en orange par la présence d'ions Mn^{2+} en site pseudo cubique.
Il est à noter que les grossulaires roses du Mexique sont colorés en rose par la présence de Mn^{3+} , et ce pour une teneur inférieure à 1%.
- Le pôle almandin $Fe_3Al_2[SiO]_4$ est fortement coloré en rouge – brun par la présence de Fe^{3+} .
Il est surprenant, en fait que les almandins soient de cette couleur alors que le fer est essentiellement sous sa forme ferreux de degré d'oxydation +II. L'almandin devrait donc être davantage vert que brun.

Groupe ugrandite

Le groupe ugrandite est principalement marqué par la présence de grossulaire $Ca_3Al_2[SiO]_4$, parfaitement incolore. Ainsi, la présence d'éléments métalliques, même en faible quantité, confèrera au grenat une forte coloration allochromatique.

- Le pôle grossulaire $Ca_3Al_2[SiO]_4$ ne renferme pas d'éléments métalliques susceptibles d'apporter une quelconque coloration par transfert d'électrons d-d, il est donc naturellement incolore.
- Le pôle andradite $Ca_3Fe_2[SiO]_4$ présente une coloration qui varie du vert vif au noir en passant par le jaune-brun en fonction de la teneur en Cr^{3+} et Fe^{3+} .
La présence de Fe^{3+} se traduit par une bande d'absorption principale à 860 nm, ainsi qu'une autre bande entre 400 et 480 nm (bande commune à V^{3+} et Cr^{3+}). L'absorption se trouve donc en dehors du domaine du visible.
- Le pôle uvarovite $Ca_3Cr_2[SiO]_4$ présente une coloration verte extrêmement marquée. L'eskolaïte Cr_2O_3 a d'ailleurs un pouvoir couvrant très important (50 g suffisent à colorer 5 m² sans souci, si ce n'est le nettoyage).



Coloration des grenats en fonction de leur composition

- Nuancier des différentes nuances des couleurs des grenats par nomenclature des grenats
- Tendance plus générale de la coloration des grenats en fonction de leur composition

ref	Color		origine	Analyse et Formule des grossulaires										IR %pds	
				Ca	Mg	Fe2+	Mn	Al	Fe3+	Cr	V	Ti	Si	H	H2O
42	Brun	Orange	Mc gall mine?, skarn clacaire, Ramona, CA,USA	2,89	0,00	0,08	0,01	1,89	0,11	0,00	na	0,00	3,02	na	0,10
52	Brun	Orange	Vesper peak?, WA, USA	3,03	0,00	0,00	0,05	1,67	0,30	0,00	na	0,02	3,00	na	0,14
53	Orange	Pale	Asbestos, Quebec, canada	2,93	0,00	0,03	0,04	1,96	0,06	0,00	na	0,00	2,98	na	0,30
227	Vert	tsavorite	Campbell bridges mine, Tsavo national Park, kenya	2,99	0,05	0,00	0,07	1,78	0,01	0,01	0,07	0,02	2,96	na	0,09
229	Vert	tsavorite	Stream gravel, kenya	2,99	0,05	0,00	0,05	1,84	0,00	0,02	na	0,02	3,01	na	0,15
771	Incolore		Meralini hills, Tanzanie	2,95	0,04	0,00	0,01	1,97	0,01	0,00	0,01	0,02	2,99	na	0,18
936	Orange		Bric Camula, Cogoleto, Liguria, Italie	2,92	0,00	0,08	0,00	1,05	0,84	0,00	0,00	0,11	2,99	na	1,26
937	Rouge	Orange sombre	Passo del faiallo, Genova, Ligurie, Italie												1,01
938	Rouge	Brun sombre	Ossola valley, Italie	2,78	0,02	0,03	0,18	1,60	0,37	0,00	0,00	0,03	2,96	na	0,08
941	Jade	Rose	Buffelsfontein, rustenberg, Afrique du sud		0,01									5,00	-
946	Brun	Rouge	Auerbach, Allemagne	2,85	0,01	0,13	0,01	1,66	0,25	0,00	0,01	0,01	2,97	na	0,26
1037	Orange		Dos cabezas, Imprial County, CA, USA	2,90	0,00	0,08	0,01	1,78	0,20	0,00	0,01	0,01	3,01	na	0,08
1038	Vert		Mine jeffrey, Asbestos, Québec, Canada	2,96	0,00	0,05	0,07	1,93	0,04	0,02	na	0,01	3,01	na	0,08-0,19
1042	Orange	Brun	Vesper peak, WA, USA												0,12
1051	Orange	Pale	Belvidere mountain?, Eden mills, VT, USA	2,98	0,00	0,01	0,01	1,33	0,68	0,00	na	0,00	2,98	na	0,03
1058A			synthetic lager et al 1989	3,00	na	na	na	2,00	na	na	na	na	2,28	2,88	-
1059A			synthetic lager et al 1987a	3,00	na	na	na	2,00	na	na	na	na	0,00	12,00	-
1113	Brun	Orange	north hill, riverside county, CA, USA	2,86	0,01	0,11	0,01	1,52	0,43	0,00	na	0,05	2,99	na	0,09
1122	Orange	Brun	commercial Quarry?,Crestmore, CA, USA	2,91	0,00	0,06	0,02	1,55	0,44	0,00	na	0,02	2,99	na	0,13
1124	Incolore		chihuahua, Mexique	2,95	0,06	0,00	0,01	1,93	0,05	0,00	0,00	0,00	3,02	na	0,11
1125B	Incolore		Lake jaco, Mexique	2,98	0,05	0,00	0,01	1,70	0,24	0,00	na	0,02	2,99	na	0,03
1125C	Incolore		Lake jaco, Mexique	3,01	0,12	0,00	0,01	1,29	0,48	0,00	na	0,28	2,80	na	0,04
1129	Orange	Pale	Belvidere mountain? VT, USA	2,93	0,00	0,06	0,01	1,85	0,17	0,00	0,00	0,00	2,97		0,17
1131	Noire	Zonée	Lake jaco, Mexique	2,95	0,09	0,00	0,01	1,76	0,14	0,00	0,00	0,05	3,00	na	0,01
1198	Jade	Vert	Transvaal, Afrique du sud												3,59
1326	Orange		Val d'ala, Piemont, Italie	2,86	0,04	0,09	0,01	1,74	0,25	0,00	0,00	0,02	3,00	na	0,37
1327	Orange		Sciarborosca, Ligurie, Italie	2,74	0,03	0,20	0,03	1,66	0,29	0,00	0,00	0,05	2,99	na	0,47
1329D	veine massive		commercial Quarry,Crestmore, CA, USA	3,00	na	na	na	2,00	na	na	na	na	1,64	5,43	-
1357A	Orange	Rouge	bric canizzi, ligurie, Italie	2,67	0,16	0,14	0,02	0,99	0,80	0,00	na	0,21	2,84	0,63	-
1358AD	Incolore		commercial Quarry,Crestmore, CA, USA	3,00	na	na	na	2,00	v		na	na	1,53	5,88	-
1359	Rouge	Orange	iron gabbro metarodinite, gruppo di Voltri , Italie	2,05	0,03	0,90	0,02	1,80	0,16	0,00	0,01	0,03	2,96	na	0,28
1360	Orange		metarodinite basaltique, masif de Voltri, Italie	2,87	0,02	0,09	0,02	1,47	0,48	0,00	0,00	0,05	2,88	na	0,85
1409e	Rouge	Brun	skarn, calcite, Saline valley, Darwin, CA, USA	2,49	0,01	0,09	0,41	1,41	0,57	0,00	0,01	0,01	2,97	na	0,20
1409f	Rouge	Brun		2,88	0,00	0,04	0,08	1,54	0,44	0,00	0,00	0,02	3,00	na	0,17
1411	Birefrin		skarn, Munam, Corée du nord	2,92	0,01	0,03	0,04	1,27	0,68	0,00	0,00	0,05	2,97	na	0,08
1412a	Brun		mine Mul-kum, Corée du sud	2,85			0,15	2,00					3,00		0,10
	Vert	Pale	Vilyi river, sibérie, russie												
1413				2,91	0,07	0,02	0,01	1,71	0,27	0,00	0,00	0,02	2,98	na	0,00
1419	Orange	Pale	Minot ledge, Minot, ME, USA	2,85	0,01	0,12	0,01	1,86	0,11	0,00	0,00	0,03	2,96	na	0,16
1420	Brun		Rauris, salzbourg, Autriche	2,85	0,01	0,12	0,03	1,60	0,38	0,00	0,00	0,02	2,95	na	0,26
1422	Brun		Wakefield, ontario, Canada	2,91	0,08	0,00	0,01	1,87	0,08	0,00	0,00	0,04	2,96	na	0,02
1423	Rouge	Brun	Mountain Beauty mine, Oak grove, CA, USA	2,12	0,01	0,59	0,28	1,88	0,10	0,00	0,01	0,01	2,99	na	0,06
1424	Orange		garnet Queen mine?,Santa Rosa mountains, CA, USA	2,83	0,00	0,13	0,03	1,72	0,24	0,00	0,00	0,04	2,96	na	0,17
1427	Jaune	massive	Mavora lakes, tago, south island, Nouvelle zélande												
1429	Rouge	Brun	Essx county, NY, USA	2,79	0,02	0,18	0,01	1,70	0,28	0,00	0,00	0,02	2,91	na	0,05
1430	Orange		Eden Mills, VT, USA	2,86	0,00	0,12	0,02	1,89	0,10	0,00	0,00	0,00	3,00	na	0,06
1444a	Katoite		Pietramassa, Viterbo, Italie	2,93	0,00			1,97					0,64	9,44	-

Analyses et formule de grenats grossulaires Rossman et Aines [41],
Le tableau est segmenté en $X^{2+}_3 Y^{3+}_2 Si_3 O_{12}$, en insérant les éléments de substitution Ti, V, Cr.

ETUDE STATISTIQUE DES COULEURS DES GRENATS

Les grenats présentent donc un large panel de couleur, allant du jaune au rouge en passant par le vert et le noir, seule la couleur bleue n'est pas représentée.

En bref, il n'est pas possible d'étudier la coloration des grenats d'une manière systématique sans un protocole bien établi qui se résume en deux points principaux :

L'étude de la coloration des grenats ne peut être effectuée que :

- statistiquement, de manière à négliger les particularités d'un échantillon donné.
- Par comparaison de grenats dont les compositions ne diffèrent que pour les concentrations en un seul élément

Malheureusement, compte tenu de la diversité des sites, des solutions solides mais surtout du prix pour obtenir des échantillons, ce protocole reste difficile à suivre. Néanmoins deux études, celles de Rossman et Aines sur des grenats bruts et celle entreprise en gemmologie par Dominique Flies sous la direction d'Emmanuel Fritsch nous apportent des outils plus qu'appréciables.

Rossman et Aines ont également remarqué que les compositions de grenats étaient très représentatives d'un site, allant même jusqu'à proposer l'identification de l'origine d'un grossulaire à partir de sa composition. Cette propriété permet donc d'établir une corrélation directe entre la composition d'un grenat d'une part, et la composition du milieu et les conditions de formation des grenats dans un site donné d'autre part.

On trouve ici une nouvelle confirmation de l'importance et surtout de la justesse d'exploiter les grenats en tant que géobaromètre.

Le tableau 1 de Rossman et Aines présente les compositions chimiques de nombre de grenats recueillis à travers le monde.

L'analyse de ce tableau permet d'établir quelques règles :

- 1- le grossulaire, pôle limite pur $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_4$ est incolore
- 2- Des grossulaires contenant 0,1 cation Fe^{3+} par maille sont de couleur orange pâle, d'autres contenant 0,2 cations Fe^{3+} /maille sont incolores, et enfin d'autres grossulaires contenant 0,3 cations Fe^{3+} /maille sont fortement colorés en orange-rouge-brun.

Il ne semble donc y avoir aucune corrélation entre la teneur en cations Fe^{3+} et la couleur des grossulaires, ce qui est en accord avec les études d'Allen et Buseck (1988) sur l'influence du vanadium dans les tsavorites du Kenya et ceux de Kobayashi et Shoji (1984) sur les hydrogrenats artificiels contenant des OH. Ces auteurs ont en effet respectivement vérifié et démontré que les substitutions en site octaédrique n'ont que peu d'effet sur les spectres d'absorption et donc sur la structure des grossulaires.

Les cations Y^{3+} de la formule générale $\text{X}^{2+}_3 \text{Y}^{3+}_2 (\text{SiO}_4)_3$, sont localisés dans des sites octaédriques non perturbés et ne sont donc pas responsables de la coloration des grossulaires, ni de la biréfringence des grenats oranges d'Asbestos.

- 3- Les cations Fe^{2+} et Mn^{2+} ont une forte incidence sur la coloration rouge du grossulaire. Ces cations forment à l'intérieur même du grossulaire, des solutions solides d'almandin $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_4$ et de spessartine $\text{Mn}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_4$. Ces deux grenats pôles limites sont très fortement colorés en rouge, et grâce à leur pouvoir couvrant, ils parviennent à colorer macroscopiquement l'ensemble des grossulaires.
- 4- Il ressort de cette étude que les grossulaires provenant de rodingites comme les grenats d'Asbestos sont les plus riches en OH-, alors que ceux provenant de skarns sont les plus pauvres en groupement hydroxyles.