



*DSCN 5347, Kasolite, Musonoi, Shaba, République du Congo.  
Photo et collection Ulrich Wagner*

# Les minéraux radioactifs sont-ils dangereux ?

Une monographie du 4M asbl  
avec photographies couleur des plus beaux minéraux uranifères.  
Copyright 4M, D/2005/7187/10

**Par André Foucart**

**Qui sommes nous ?**

L'ASBL 4M (Association des Micro-Monteurs de Montigny-le-Tilleul) créée en 1979, a pour but l'étude et la vulgarisation des sciences de la terre, en particulier de la minéralogie de la région.

L'association plus spécifiquement, entend promouvoir parmi ses membres une relation d'aide et de confiance orientée vers la constitution de collection de micro-montages de minéraux.

L'association déclare que sa spécificité lui permet de ne pas entrer en concurrence avec les cercles existants.

Nous sommes un groupe de personnes qui partagent un intérêt commun, le micro-montage; certains d'entre nous sont intéressés par la paléontologie et la géologie, d'autres par les gros spécimens.

Il y a aussi ceux qui font toutes ces choses à la fois., nous, nous sommes "Les Micro-Monteurs".

**Que faisons-nous ?**

Nous nous réunissons régulièrement pour mieux connaître notre violon d'Ingres, en discuter les différents aspects et apprendre toutes les facettes de ce plaisir. Nous aimons aussi partager notre temps avec des personnes qui ont le même intérêt.

Nous organisons des excursions sur les sites reconnus pour prélever des échantillons dans les strictes règles de la déontologie en la matière.

**Quand nous réunissons-nous?**

Les réunions mensuelles plénières ont lieu chaque premier lundi du mois sauf en juillet et août, à 19h30 au foyer culturel de Montigny-le-Tilleul. Les ateliers ont lieu chaque second vendredi du mois de 19h30 à 22h.

**Comment nous rejoindre?**

C'est très simple, il suffit de venir à une de nos réunions et ensuite vous pourrez acquérir le statut de membre adhérent en versant votre cotisation au compte postal du 4M: C.C.P. N° 000-1390920-37  
Aces. Micro monteurs de Minéraux ASBL  
c/o Mr Alain Loeber  
Rue de la Blanche Borne, 19-2  
B6200 Châtelet, Belgique  
Tel: (+32) 472 64 91 44

Cette quote-part minimum se monte à:

- Membres adhérents 13 Euros
- Membres juniors 6,5 Euros
- Membres d'honneur 19 Euros
- Famille 17 Euros
- Hors Belgique,C.E: 19 Euros par virement inter frontalier UE en Euros et en mentionnant avec soin les codes:.

Code BIC: BPOTBEB1  
Code IBAN: BE35 0001 3909 2037  
-Hors C.E: se renseigner.

Cette cotisation minimum est instituée pour subvenir aux frais de fonctionnement de l'association.

**Pour nous joindre sur Internet:**

E-mail: [quatrem@advalvas.be](mailto:quatrem@advalvas.be)  
<http://www.quatrem.be>

**Editeur responsable:**

André Foucart  
2 avenue des Eglantines, 6110 Montigny-le-Tilleul, Belgique  
tel & fax: +32 (071) 51 57 69  
E-mail: [sky53711@skynet.be](mailto:sky53711@skynet.be)

**Secretariat:**

Dr. Ph. Dubus  
Chaussée de Fleurus, 129, B6060 Gilly, Belgique. +32 (071) 42 16 59.  
E-mail: [philippe.dubus@brutele.be](mailto:philippe.dubus@brutele.be)

**Présidence:**

Francis Hubert  
70 rue de Marbaix, B6110 Montigny-le-Tilleul, Belgique.  
Tel: +32 (071) 51 71 03.  
E-mail: [francis.hubert@advalvas.be](mailto:francis.hubert@advalvas.be)

**Services:**

- ☞ Bibliothèque
- ☞ Magazine mensuel
- ☞ Excursions
- ☞ Cours
- ☞ Réunions mensuelles
- ☞ Echanges
- ☞ Bourse d'échange
- ☞ Achats groupés
- ☞ Microscopes
- ☞ Prêts d'ouvrages spécialisés. ■

**ASSOCIATION DES MICRO  
MONTEURS DE MINÉRAUX DE  
MONTIGNY-LE-TILLEUL,  
A.S.B.L.**

en abrégé:

**le 4M**  
asbl

**CODE DE DEONTOLOGIE  
DES MEMBRES DU 4M**

**Article 1 Le respect.**

Le respect des personnes, de la nature, de la propriété privée et des us et coutumes sera la règle de conduite de chaque membre du 4M.

**Article 2 La sécurité.**

Les membres du 4M s'engagent à ne faire courir aucun risque, ni à eux-mêmes ni aux autres, de façon à ne créer aucun préjudice physique ou financier à qui que ce soit. A cette fin ils s'engagent à avoir un comportement réfléchi et à être assurés en responsabilité civile.

**Article 3 Le non-profit.**

Les membres du 4M s'engagent à ne faire que des prélèvements limités, à l'aide des seuls outils classiques du géologue à seule fin d'enrichir leurs collections et de pouvoir éventuellement procéder à des échanges. La vente des récoltes ne se fera qu'en quantité limitée et dans le cas où l'échange n'est pas possible.

**Article 4 Les découvertes exceptionnelles.**

Les membres du 4M s'engagent à signaler toute découverte importante aux autorités compétentes, Musée ou Université.

**Article 5 Les infractions à ce code de déontologie.**

Tout membre qui adopterait un comportement s'écartant de ce code déontologique sera exclu de l'association, suivant les modalités prévues par les statuts de l'ASBL. Le 4M, sur décision du comité, publiera éventuellement les faits s'il juge que ceux-ci peuvent causer un préjudice à l'ensemble de la communauté des amateurs. Pour le 4M, suivent les signatures des administrateurs... ■

Ce code de déontologie est un abrégé du code de déontologie déposé aux annexes du "Moniteur Belge".

## Les minéraux radioactifs sont-ils dangereux?

Par André Foucart

### Préambule

Certains d'entre nous possèdent des minéraux comme de la kasolite par exemple ou des minerais radioactifs, de la pechblende toute noire mate qui est composée principalement d'uraninite ou encore des superbes cristaux de sklodowskite très brillants ou de la curite jaune orange, parfois de dimensions importantes et il est certain que la beauté des micro-cristaux formés par les uranifères nous attirent presque aussi sûrement que la femme attire l'homme. (Rien à voir bien entendu car comparaison n'est pas raison!).

Et c'est vrai que la plupart de ces minéraux sont superbes, colorés et de formes géométriques extraordinaires, pour nous les amateurs de petits objets géologiques et de microcristaux c'est un rêve, ils méritent bien le travail et la valeur ajoutée de les micro monter.

Pour nous minéralogistes, le mot "uranifère" signifie "beauté particulière".

Les principaux minéraux que nous collectionnons sont principalement:

- L'uraninite;
- La ianthinite;
- La becquerelite;
- La schoepite;
- La fourmarierite;
- La curite;
- La kasolite;
- La soddyite;
- La sklodowskite et la cuprosklodowskite;
- La dewindtite;
- La dumontite;
- La renardite;
- La parsonsite;
- La torbernite;
- L'uranophane etc.

Ils ont presque tous --à l'exception de l'uraninite qui est le plus souvent présente sous forme de pechblende noire mate-- une propension à cristalliser en formes élégantes et colorées, ils ont l'air de dire: **"Regardez-moi, je suis beau comme l'Afrique !"**.

Et les belges y ont joué un rôle important, dans leur découverte, leur détermination et l'exploitation des gisements, ils sont nombreux à avoir passé leur vie

là-bas, au Katanga d'où la plupart des minéraux uranifères et autres radioactifs nous viennent.

Ces minéraux, quand ils sont accumulés ne sont-ils pas dangereux ou ne faut-il pas craindre de vivre près d'eux pendant des années, nous voulons aussi parfois les rompre, les travailler pour les micro monter, mettre leur esthétique mieux en valeur, cela peut-il être fait sans danger ? C'est à toutes ces questions que cette petite brochure veut répondre.

Nous allons voir ensemble ce qu'il en est, nous allons essayer de débroussailler cette question, grâce à la littérature en cette matière et aux conseils avertis de professionnels. Nous examinerons aussi la législation en la matière car nul ---même pas vous amis collectionneurs--- n'est sensé ignorer la loi.

Si j'adopte  
parfois un ton  
badin cela  
n'empêche pas  
que le propos  
soit sérieux.

Le propos n'est pas facile car l'utilisation du nucléaire a commencé par des tragédies comme Hiroshima et Nagasaki, elle ne s'en est jamais remise et le seul mot "radioactif" ou "nucléaire" fait dresser les cheveux sur la tête à la plupart d'entre nous.

Il n'est pas facile non plus sur le plan scientifique car le domaine est vaste et compliqué mais dans ce texte nous ferons

"simple" tout en veillant à l'exactitude des propos. Et nous ne voulons ni ne pouvons rédiger un traité ou un précis, même pas un petit cours adapté, nous voulons seulement reprendre quelques notions fondamentales pour vous faire prendre conscience des phénomènes liés à ces substances.

Ce texte comprend souvent des redites, un index très fourni vous permettra d'y plonger facilement sans crainte de vous y noyer.

Si par ailleurs j'adopte dans ce texte un ton plutôt "badin", *ces quelques textes plus ou moins incongrus sont en italique*, (si vous êtes très sérieux vous pouvez les passer sans compromettre votre compréhension du texte) mais pourquoi ne pourrais-je avoir des "états d'âme" et des "coups de gueule"hein? Je vous le demande !

D'ailleurs, au 4M nous sommes très sérieux mais pas tristes et cela est une forme de culture.

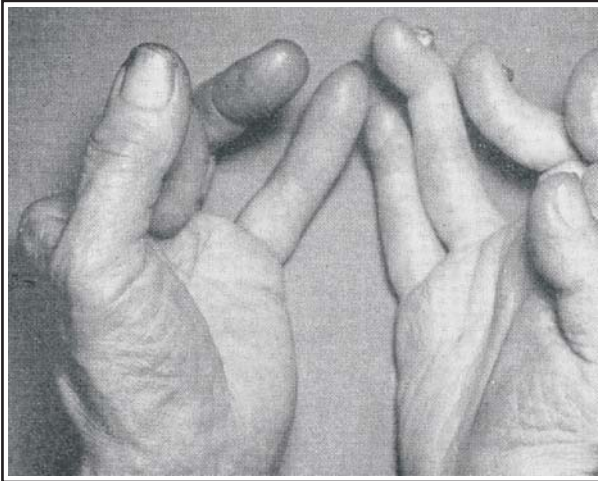
Ce ton badin n'empêche pas le propos d'être important pour les détenteurs de minéraux uranifères.



## Introduction.

### Dangereux ?

Pourquoi y aurait-il danger? Les minéraux radioactifs émettent des rayons, comme vos lampes infrarouges ou les rayons ultraviolets du soleil ou



*Les mains de l'assistant du professeur Roentgen à l'Université de Goettingen, Allemagne.*

l'appareil à rayons X qui sert à faire des radiographies, des rayons plus ou moins nocifs. Les rayons du soleil peuvent provoquer des brûlures graves; il en est de même pour les rayons émis par un appareil à rayons X. L'assistant de l'université de Wurzburg en Allemagne qui aidait le professeur Röntgen à fabriquer et à tester ses appareils à tubes émetteurs de Rx avait les mains fort abîmées par ces rayons et la photo ci-dessus en témoigne, remarquez que les pouces de ce pauvre homme sont moins abîmés que les autres doigts, cela est dû à ce qu'ils étaient souvent cachés des RX par les supports des objets qu'il manipulait comme les supports de films par exemple qui étaient garnis de plomb.

Excusez-moi de vous montrer une horreur mais bien peu d'entre vous savent que le chemin de l'étude des Rx ainsi que la radioactivité sont jalonnés d'horribles choses.

Les radiodermites dont était atteinte Marie Curie en témoignent aussi, les rayons émis par les tubes à rayon X ou par les minéraux radioactifs sont dangereux.

### Un danger insidieux

Leur danger est insidieux, ils peuvent faire du mal à un enfant dans le ventre de sa mère et peuvent même introduire du désordre dans notre pa-

trimoine génétique avant même qu'un enfant soit conçu!

Même les plus faibles doses sont nocives, on peut faire un parallèle avec la circulation routière et je ferai souvent ce parallèle, plus vous roulez vite plus il y a danger potentiel, il en est de même avec les rayonnements ionisants, plus ils sont intenses plus il y a risque de dégâts dans vos cellules, cela ne veut pas dire que vous serez malade --comme l'accident n'est pas certain sur la route-- mais il y a danger.

### Le principe de précaution

La sauvagerie du développement industriel et scientifique a parfois donné lieu à des situations de risques qui n'étaient pas du tout prises en charge, puis la sagesse est venue quand le bouillonnement s'est calmé, le principe de précaution qui veut qu'on adapte sa vitesse à l'état de la route est le même que celui qui veut qu'on minimise le plus possible les rayonnements ionisants à recevoir. C'est tout le monde de la radioprotection. Il ne concerne pas seulement les fortes doses mais aussi les faibles doses et là --détenteurs de minéraux radioactifs--vous êtes concernés.

### Comment la matière est-elle faite?

Déjà les Grecs il y a 25 siècles pensaient à cette notion d'atome... Le mot "atome" vient d'ailleurs du grec et signifie "insécable". Démocrite et Leucippe comme tous les grecs de cette époque se payaient de mots et ont écrit beaucoup à ce sujet, tant écrit qu'il est impossible de se rendre compte si leur idée était due à une géniale intuition ou un hasard heureux. En fait beaucoup de ce qu'ils ont écrit fut perdu et nous n'avons plus que des bribes de leurs écrits. Mais ce n'est certainement pas la logique et l'expérimentation qui les ont guidé (*ils ne connaissaient même pas encore le poste à galène !*) et il faudra attendre le XVIII<sup>ème</sup> siècle pour que des faits d'expérience incitent à réfléchir à la structure de la matière. On sait maintenant que ce que les grecs pensaient n'est pas vrai, l'atome n'est pas insécable, que du contraire !

### Les atomes

Les atomes sont les plus petites parties d'un corps simple (fer, hydrogène...) qu'on puisse concevoir sans que ses propriétés soient inchangées. Notre propos n'est pas de vous exposer les diverses théories qui ont conduit à ce que nous acceptons aujourd'hui comme explication de ce qu'est un atome.

En effet, ce que vous allez lire ci-dessous n'est qu'une explication, une image de l'atome qui tient la route et qui "colle" avec la physique et avec la chimie.

## L'atome de Bohr

Un atome est constitué d'un noyau qui lui-même est formé de deux types de particules, des protons et des neutrons.

Autour de ce noyau gravitent des électrons, en nombre égal au nombre de protons du moins dans les atomes stables et non excités, on dit justement qu'un atome est excité quand il manque ou qu'il y a trop d'électrons. Vous avez aussi quelque chose de trop quand vous êtes excités ! Et encore, si on y regarde plus près ces électrons ne gravitent pas mais sont présents ci et là, sur des orbites mais ils n'y circulent pas comme la lune autour de la terre, ils sont seulement plus souvent là qu'ici et tout cela appartient au monde de la statistique.

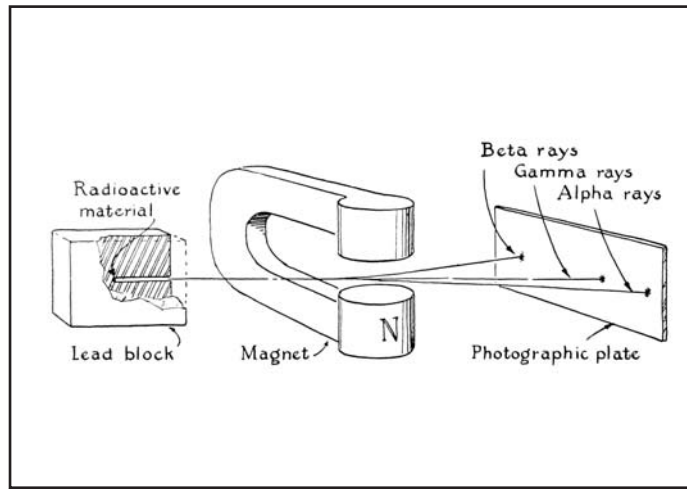
Les électrons sont donc statistiquement plus présents sur des orbites, des couches qu'on appelle couches K, L, M, N. Les électrons complètent une couche avant de se positionner sur la couche supérieure, le passage d'un électron d'une couche à l'autre est une variation d'énergie et s'accompagne d'une émission, d'un rayonnement. Ces explications du fonctionnement d'un atome sont dues au Pr. Niels Bohr, c'est **l'atome de Bohr**.

Oh ! Non, ce n'est pas aussi simple mais c'est compréhensible et ce n'est déjà pas mal. Comme l'atome de Bohr n'expliquait pas tout il a fallu modifier son concept et il y eut successivement les atomes de Sommerfeld, de Uhlenbeck-Goudsmit, de de Broglie, de Schrödinger-Born et enfin de Dirac. Ce dernier explique presque tout mais est difficile à représenter et à expliquer sans des notions ardues de mathématique statistique et autre où on parle de transformations quadridimensionnelles. Dès le modèle de Schrödinger-Born c'est devenu complètement abstrait. (*Ça va la tête ?*)

## Les électrons libres

Tous les électrons du monde ne sont pas sagement frétilants sur leur orbite mais certains sont libres, *rien à voir avec les hommes qu'on qualifie parfois d'électrons libres mais c'est un peu la même chose* car les électrons baladeurs font bouger les choses, ils circulent dans les métaux et on appelle cela le courant électrique ou encore peuvent être éjecté d'un corps sous l'influence de la lumière (effet photoélectrique) ou de la chaleur comme la cathode du tube de votre téléviseur et ils forment en fait le rayonnement bêta des corps radio-actifs. Une fois émis on peut les influencer, les accélérer par un champ magnétique comme le fait le magnétron du four à micro ondes de votre épouse ou encore comme au CERN à Genève où on leur im-

pose une vitesse énorme ou chez votre vétérinaire préféré (*Ah ! Vous êtes soigné par un vétérinaire ?*) chez qui, dans un tube à rayons X, les électrons percutent une anode portée à un très haut voltage où ils sont brutalement stoppés, produisant des rayons X. Stoppés par l'écran du tube cathodique de la télé ils produisent de la lumière. L'électron est une particule légère.



*Le comportement des particules dans un champs magnétique.*

## Les particules lourdes

Le proton et le neutron sont des particules lourdes, ils sont les constituants principaux de la matière et du noyau des atomes.

### Le proton

Le proton possède une charge électrique positive et peut dès lors être accéléré.

### Le neutron

Le neutron ne possède pas de charge électrique, il est neutre. Quand le neutron quitte son noyau il est radioactif et se décompose, il se transforme en proton et libère un électron, d'ailleurs sa liberté est restreinte, il ne vit que quelques minutes, un quart d'heure tout au plus. Le neutron ne peut être accéléré mais on peut le ralentir par des chocs sur des atomes obstacles et alors il cède son énergie cinétique sous forme de chaleur.

Ces particules dont les caractéristiques physiques sont reprises dans le tableau ci-dessous sont extrêmement petites et le vide qui les séparent est (à leur échelle) gigantesque. Notez qu'un Amu est une unité de masse qui vaut  $1,659 \times 10^{-24}$  grammes.

En gros c'est le ralentissement des neutrons par un modérateur qui produit la chaleur dans un réacteur nucléaire de centrale électrique.

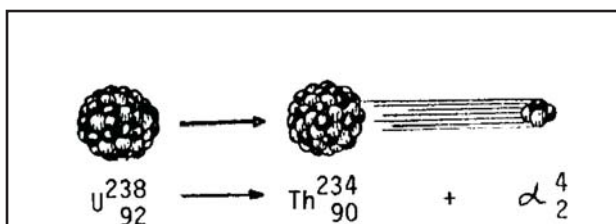


## La radioactivité

Certains éléments ne sont pas stables, ils perdent spontanément des particules, (*à ne pas confondre avec les gens qui avec une particule ont perdu la tête lors de la révolution française...*) ces atomes se transforment, avec une certaine rapidité ils retournent à un état stable différent.

L'uranium 238 qui contient 238 particules en perd 4, il perd 2 neutrons et deux protons en se transformant en thorium 234 qui d'ailleurs aura disparu pour la moitié après 24 jours.

Les particules perdues forment ensemble une particule alpha qui a la même structure qu'un atome d'hélium, composé de deux neutrons et de deux protons.



*L'acte de naissance d'une particule alpha.*

Le thorium 234 perd ensuite un électron pour devenir du protactinium 234. Cet électron ainsi éjecté est appelé une particule "bêta" (voir plus loin); et les phénomènes ne s'arrêtent pas là, une très grande quantité de transformations spontanées, les unes rapides et les autres extrêmement lentes conduisent enfin au dernier état qui est stable et est représenté par un isotope du plomb. Le dessin ci-dessous symbolise cela, c'est la radioactivité naturelle de la chaîne de l'uranium-radium.

## Les isotopes

Les isotopes d'un corps simple sont identiques entre eux sauf le fait qu'ils ne possèdent pas le même nombre de neutrons dans leur noyau; c'est ainsi que l'aboutissement de la chaîne de désintégration de l'uranium est le plomb 206 ou le plomb 207 selon que la désintégration a pris un chemin passant par le radium ou par l'actinium; le plomb final de la chaîne de désintégration du thorium est le plomb 208, autre isotope stable du plomb.

## Les corps simples et les isotopes

Il existe 111 corps simples mais 300 isotopes naturels et plus de 2.000 isotopes artificiels.

## La demi-vie

Nous avons dit que ces phénomènes ne sont pas instantanés, ils prennent un certain temps et toutes les particules qui quitteront un bloc d'U238 ou de Pa234 ne le font pas en même temps. On appelle demi-vie ou période le temps qu'il faut pour que la moitié des particules volages soient parties ou encore le temps pour que l'activité soit réduite de moitié.

La période du Pa 234 est de 6,7h et celle du Th 234 est de 24,1j.

Cela est fort bien, même si les particules peuvent être nocives, après quelque temps c'est fini, on n'en parle plus. Hélas, certaines périodes nous laissent pantois, la période du C 14, le carbone 14 est de 5500 ans! Que dire alors de la période du plutonium 239 qui est de 24400 ans...Et un des records est détenu par l'uranium 238 qui représente plus de 99 % de l'uranium naturel avec une demi-vie de 4,7 milliards d'années.

Mais la demi-vie c'est une chose et l'activité en est une autre, c'est ainsi que l'activité du carbone 14 que nous absorbons cependant tous les jours ne pose aucun problème et 5500 ans plus tard après notre mort, encore la moitié moins de problèmes et c'est la base de la datation nucléaire par le carbone 14 car notre dépouille n'est plus alimentée et donc la décroissance de l'activité du carbone 14 contenu dans notre carcasse, mesurée, permettra dans quelques milliers d'années de déterminer que nous sommes passés de l'autre côté du miroir, quelque part au XXI<sup>ème</sup> siècle.

## Des transformations spontanées

Vous pensez posséder un minéral? Eh bien non, il s'est transformé, la ianthinite par exemple se transforme en schoepite ou en sharpite.

## Des particules

Les particules émises lors de la désintégration ou de la radioactivité naturelle ou provoquée ont des caractéristiques bien différentes;

### Alpha

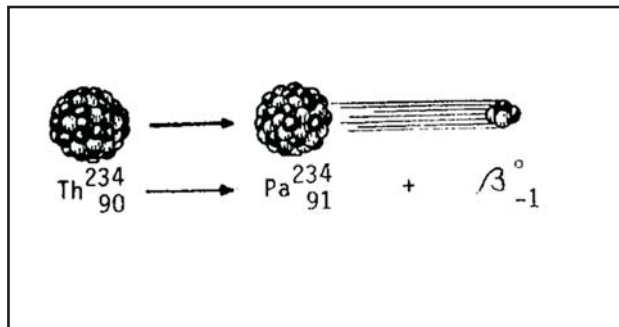
Les particules alpha sont largement les plus lourdes et sont vite absorbées, elles sont aussi les plus dangereuses. Elles sont en fait chargées positivement et sont des noyaux d'hélium à haute vitesse.

### Bêta

Les particules bêta sont très légères et sont très pénétrantes, il suffit d'une feuille de papier pour arrêter une



particule alpha mais il faut 4,5 cm de plomb pour arrêter une particule bêta. Ce sont ni plus ni moins que des électrons se mouvant à haute vitesse.



L'acte de naissance d'une particule bêta.

### Gamma

Les rayons gamma ont une énergie considérable, de plus, leur comportement dans un champ magnétique est différent comme le montre le dessin vu plus haut, ils n'ont pas de poids et sont analogues aux rayons X "durs" et ne sont aucunement influencés par le champ magnétique.

### Les rayons X

Disons en passant que les rayons X très durs émis par un tube à très haute tension sont proches des rayons cosmiques. La lumière visible (les photons), les ultraviolets, les rayons X mous, durs et extra durs ainsi que les rayons cosmiques sont tous des phénomènes électromagnétiques. Votre GSM aussi émet des ondes électromagnétiques qui peuvent échauffer votre matière grise.

### Les unités

Avant de parler un peu des effets biologiques, il faut parler d'unités de mesure. On peut parler d'**activité**, des désintégrations par seconde sont une activité ou d'**énergie** comme quand vous faites chauffer de l'eau de 20°C à 90°C en fournissant de l'énergie électrique, des Kw.h. On parlera de *dose* quand on évoquera une quantité d'énergie absorbée. Allons, un peu de courage voyons cela avec un peu plus de détails.

### L'activité

Les unités quantifiant l'activité rappellent fortement l'histoire des découvertes, celle de Marie Curie, de son nom de jeune fille Marie Sklodowska (La sklodowskite ça vous dit quelque chose ?...) ou encore de Becquerel, savant professeur.

La propreté et le micro-montage sont de précieux alliés.

Le **curie (Ci)** est une unité d'activité, c'est l'activité d'une quantité de matière radioactive telle que  $3,70 \times 10^{10}$  atomes se désintègrent par seconde; c'est une grande quantité, pour le radium par exemple c'est un gramme de radium. Cette quantité de radium n'est bien sûr pas due au hasard, on a voulu rendre hommage à Marie Curie en choisissant ces unités. Cette définition du Curie (*qui n'est pas "La Curie" romaine*) a cependant fait place à  $3.700 \times 10^{10}$  désintégrations par seconde. On n'utilise plus cette unité.

Marie Curie avait observé que la pechblende, minerai d'uranium principalement formé de  $U_3O_8$  était fort active, elle voulut séparer la pechblende en ses différents composants et découvrit ainsi un premier corps simple inconnu, elle l'a appelé "polonium". La même année, les époux Curie découvrirent un autre corps simple-- le "radium"-- 3 millions de fois plus radioactif que l'uranium. Marie Curie avait isolé 0,1 gramme de radium. Vous trouverez ci-dessous quelques chiffres depuis des isotopes à longue durée de vie et donc à faible activité jusqu'aux corps les plus fugaces et méchants.

Isotope	Demi-vie	Activité en Ci/gr
Thorium 232	$1,39 \times 10^{10}$ ans	$1,11 \times 10^{-7}$
Uranium 238	$4,49 \times 10^9$ ans	$3,36 \times 10^{-7}$
Carbone 14	5568 ans	4,61
Radium 226	1622 ans	1
Cobalt 60	5,27 ans	$1,14 \times 10^3$
Polonium 210	138,3 jours	$4,5 \times 10^3$
Thorium 234	24,1 jours	$2,32 \times 10^4$
Iode 131	8,14 jours	$1,23 \times 10^5$
Sodium 24	15,06 heures	$8,69 \times 10^6$
Prazéodyme 144	17,5 minutes	$7,48 \times 10^7$
Polonium 212	$3 \times 10^{-7}$ secondes	$1,8 \times 10^{17}$

Le **becquerel (Bq)** est une unité d'activité valant une désintégration par seconde ce qui est produit par  $0,03 \cdot 10^{-9}$  g de radium 226. Essayons de nous rendre compte de ce qu'est cette unité fort petite en faisant quelques calculs:

- 5 mégabecquerels correspondent à l'activité de 0,15 milligrammes de radium ou à 500 grammes d'uranium ou à 5 grammes de thorium.
- 50 kilobecquerels correspondent à l'activité de 1,5 micro grammes de radium ou à 5 grammes d'uranium ou à 50 milligrammes de thorium.

Le choix de ces exemples chiffrés n'est pas dû à mon seul caprice, vous verrez plus loin la raison du calcul



sur base de ces valeurs.

De façon plus commune on assimile la notion d'activité et la notion de quantité et on parlera d'une quantité de matières radio-actives en becquerels, on dira qu'on possède cinq méga becquerels d'uranium au lieu de dire qu'on possède autant de grammes de matières radio-actives produisant une activité de cinq méga becquerels. C'est une simple question de vocabulaire.

Les mésaventures de Becquerel méritent d'être brièvement comptées...

Début 1896 Becquerel faisait des expériences avec des matières fluorescentes soumises aux rayons X découverts quelques mois avant par Roentgen, il pensait que les matières fluorescentes bombardées par des rayons X émettaient à leur tour des rayons et tentait de les photographier à l'aide d'une plaque photosensible emballée dans du papier noir et cela marchait, on voyait l'image du morceau de minéral fluorescent sur la photo.

Il utilisa aussi un minéral très fluorescent, du bisulfate d'uranium et de potassium, tellement fluorescent qu'il émettait aussi des rayons sous la lumière du soleil, la plaque photographique montrait cela.

Becquerel était prêt pour publier sa découverte et rangea le tout dans un tiroir.

Quelque temps après il ressortit ce matériel qui avait été à l'abri du soleil et des rayons X, le bisulfate d'uranium et de potassium avait été posé sur la plaque photographique bien emballée, il décida de développer cette plaque à toute fin utile et constata avec stupeur que l'image était sur la photo malgré qu'il n'y avait pas eu de soleil ! Le bisulfate d'uranium et de potassium émettait donc spontanément des rayons du même genre que les rayons X qui dans le tiroir ont impressionné la plaque photographique, il avait découvert la radioactivité un peu par accident et grâce à une curiosité sans limite.

A noter pour fermer cette parenthèse que ni Roentgen ni les Curies ni Becquerel ne tirèrent vraiment profit de leurs découvertes, ils ne prirent pas de brevets et étaient plutôt des cigales que des fourmis.

### L'énergie

Les unités d'énergie absorbée qualifient l'impact des rayons ionisants, cette énergie provoque une élévation de température et/ou des transformations chimiques comme entre-autre l'impression sur une plaque photographique et/ou des désordres dans les cellules, les voici:

### Le rad

(Radiation absorbed dose) vaut 0,01 j/Kg. C'est donc une énergie dissipée pendant une seconde par kilo, le joule si vous l'avez oublié est une énergie de 1 watt par seconde. Un rad est une "dose d'irradiation"; on parle plus couramment d'intensité de doses et de doses plutôt que d'énergies.

### Le Gray

Le Gray est aussi une unité de rayonnement absorbé, il vaut 1 joule par Kg soit 100 rads.

### Le rem.

Les particules n'ont pas toutes le même effet et on a convenu d'appeler "rem" l'unité équivalente au rad mais corrigée par un coefficient d'efficacité biologique (EBR comme Efficacité Biologique Relative). Ce coefficient vaut 1 pour les particules bêta et gamma et pour les rayons X et elle vaut 10 pour les particules alpha.

**Le Sievert** On parle aussi de Sievert, un Sv valant 100 rems.

### Les effets biologiques

Les effets biologiques sont complexes, le corps humain possède une faculté de récupération, de réparation des dégâts. Les conséquences des dégâts aux organes humains sont variables selon l'organe touché et vous comprendrez facilement qu'un cristallin fichu vous invalide plus qu'une rougeur à l'avant bras, dans le cas du cristallin de votre oeil gauche vous pouvez revendre la moitié de votre binoculaire et dans le cas de l'avant bras eh bien mettez de la crème après soleil...Ce qui complique encore la chose est de nature statistique, les particules peuvent provoquer des dégâts irréparables ou bénins suivant le hasard...

Pour simplifier et pour comprendre faisons une analogie; rouler vite sur une route difficile est dangereux, rouler très vite est très dangereux, et il existe une vitesse à laquelle on peut être sûr d'y laisser sa peau. Il en est de même pour l'irradiation par des particules, une dose de 50 rems entraîne des désordres du sang alors qu'une dose de 100 à 200 rems entraîne une indisponibilité et que 400 rems tue 50% des individus qui ont été exposés endéans les 3 semaines. Ceux qui survivent après ce délai ont des chances de se remettre et c'est de doses de ce genre que sont morts certains pompiers de Tchernobyl, une dose de 10 rems par an pendant 10 ans n'entraîne pas cette mort par hémorragie mais comporte des risques sérieux de cancer, de leucémie etc... à moins

d'avoir de la chance et d'être comme le chauffard que j'évoquais plus haut sous la haute protection des dieux du hasard.

Poursuivons l'analogie, une autoroute peut écouler un certain nombre de voitures à l'heure, cela peut se faire par un trafic de beaucoup de voitures à faible vitesse ou par peu de voitures à grande vitesse, la situation sera bien sûr plus dangereuse au point de vue conséquences (morts) dans un cas que dans l'autre. Il en est de même avec les rayonnements ionisants, une même dose pouvant provoquer des dégâts différents selon la façon dont cette dose est reçue.

Un débit de dose = nombre de voitures à l'heure.

Une dose = un nombre de voitures.

### Dose efficace

Dans le souci de bien mesurer la nuisance des rayons ionisants sur le corps humain on a pondéré aussi en fonction de l'organe irradié, on parle alors de **dose efficace**, ce facteur vaut à titre d'exemple 0,2 pour les gonades (testicules et ovaires) et 0,01 pour la peau.

### TEL

Quand on étudie le risque de perturbation des cellules humaines et donc le risque de cancers on fait intervenir une notion plus subtile, un flux de rayons n'est pas homogène, il peut être composé de particules bien réparties ou de paquets de particules, il faut tenir compte de la répartition des particules au niveau de la cellule c'est-à-dire au niveau microscopique, c'est la notion du **TEL**, mais cela peut nous entraîner loin de notre propos.

### Doses acceptables

On appelle les **doses acceptables** les "normes" de radioprotection. Nous reviendrons sur ce sujet plus loin.

### Des jalons historiques

- En novembre 1895 Roentgen découvre les rayons X.
- En 1896 Becquerel découvre la radioactivité.
- Marie Curie découvre le radium le 26 décembre 1898.
- Le premier gramme de radium est isolé le 15 octobre 1922.
- Marie Curie souffre en 1934 de radiodermite aux mains, son époux est mort d'un accident, renversé par un fiacre en 1906.

- La première bombe atomique explose à Alamogordo le 16 juillet 1945.
- La même année, le 6 août à Hiroshima puis le 11 à Nagasaki d'autres bombes explosent et mettent fin à la guerre américano japonaise, elles mettent aussi fin à de nombreuses vies innocentes.
- Le premier réacteur nucléaire belge a produit son premier watt en 1956, un réacteur à puissance nulle avait été expérimenté bien avant et s'appelait..."Venus".

*Début mai 1956 on travailla d'arrache pied mais avec une prudence extrême, testant et retestant les appareillages, le nez sur les enregistreurs, jour après jour on chargea le combustible pendant que tous les paramètres des chaînes de régulation étaient contrôlés. Pendant l'après-midi du 11 mai on constata que le réacteur divergeait. Exactement à 7 heures du soir le directeur du CEAN Mr Goens déclara que le réacteur BRI était entré en réaction en chaîne pour la première fois en Belgique.*

- Tchernobyl, le réacteur numéro 4 explose le 26 avril 1986.

...des minéraux radioactifs de collection sont régulièrement découverts parmi les déchets ménagers

**Alamogordo...** La Belgique avait signé une convention avec les USA, le minerai d'uranium du Katanga fut la première source de matière première ayant servi dans cet effort de guerre américain. La principale condition de ce marché était que la Belgique aurait accès au know-how américain. Une sorte de clause de nation privilégiée. Cette clause fut difficile à faire respecter après la guerre mais la Belgique et ses ingénieurs nucléaires furent longtemps renommés grâce à ces transferts de technologies et leur savoir faire.

Dès la première explosion à Alamogordo le directeur général de la Société Générale de Belgique (E. Sengier), du groupe financier auquel appartenait l'Union Minière du Haut Katanga, félicitait le Major Général L.R. Groves et se réjouissait du succès de ce projet qui marquait un tournant dans la guerre et un grand progrès pour l'humanité.

Un progrès pour l'humanité? Hiroshima et Nagasaki?

Voilà, c'était simplement un petit "coup de gueule", fermons la parenthèse..

## L'irradiation naturelle

### Du cosmos

Le rayonnement cosmique, comme le nom le dit bien vient de l'espace et ses rayons gamma sont très pénétrants, ce rayonnement est de 30 à 350 mrem par an; on n'a à ce jour aucune explication de ce rayonnement, il vient des espaces interstellaires et peut-être intergalactiques. Il n'est pas dangereux pour l'homme, du moins on le pense car alors comment se ferait-il que l'homme existe alors que les rayons cosmiques existaient avant lui?

Bien sûr ces rayons cosmiques frappent plus en altitude que dans la plaine. Tant pis pour les suisses et tant mieux pour les hollandais. Quant aux pilotes d'avions de ligne alors là !

La particule cosmique la plus énergétique jamais détectée faisait  $5.10^{-5}$  joules.

### De la terre

#### Le rayonnement terrestre

Il est extrêmement variable et vaut de 50 à 750 mrem/an, il est plus intense dans les régions granitiques que dans les régions sédimentaires, il est par place très intense mais heureusement les régions où le rayonnement terrestre est intense sont très peu habitées. Nos amis ardennais me pardonneront ce court circuit !

Il est cependant curieux d'apprendre qu'il existe au Gabon une région où l'activité est telle que certaines zones chauffent par suite de l'énergie fournie par la radioactivité! Il existe là bas une sorte de réacteur nucléaire naturel.

#### Le radon

Le radon est un produit de fission, c'est un gaz radioactif naturel et nocif. Les roches contiennent de l'uranium et dégagent du radon, particulièrement les granites. Il ne faut donc pas s'étonner qu'il y ait plus de radon dans une cave d'un collectionneur de Stavelot que de La Panne. Il y a aussi du radon dégagé par les plafonnages etc. Il faut veiller à éviter les introductions de ce gaz par une bonne étanchéité des sols et une bonne ventilation. Votre collection d'uranifère produit du radon.

### De notre corps

Notre corps génère aussi une radioactivité de 20 à 50 mrem/an.

Tout cela conduit à constater que nous subissons un rayonnement naturel d'un total de 100 à 1200 mrem par an.

Les risques dus à cette irradiation sont faibles mais certains n'ont pas de chance et des mutations génétiques peuvent avoir lieu, reprenant l'analogie faite plus haut, les chauffeurs roulent raisonnablement mais le risque existe toujours.

## Les "NORMES" de radioprotection.

Ici nous entrons dans un autre domaine, nous ne subissons plus, nous nous défendons. L'homme travaille parfois dans des conditions anormales d'irradiation, c'est le cas d'un travailleur du nucléaire mais aussi du dentiste qui fait une radio de votre dent ou du vétérinaire qui radiographie un animal à soigner. Et c'est encore différent pour le travailleur qui doit intervenir sur un engin proche d'un réacteur nucléaire.

Les normes disent les doses et les cumuls de doses à ne pas dépasser pour ne pas prendre de risques inutiles, elles sont basées sur le principe de précaution et concernent tout le monde, depuis l'individu jusqu'aux populations entières. Elles fixent les doses acceptables à court terme ainsi qu'à long terme, elles sont bien sûr différentes selon qu'on cherche à protéger l'individu de maladies ou une population de désordres génétiques.

Ces normes dépendent, tout comme la vitesse conseillée sur route de l'âge, du sexe, de la profession de l'individu, nous aborderons ce propos de manière simplifiée car ce domaine est trop vaste pour ces colonnes, mais avant de plonger dans les chiffres parlons un peu de la loi.

## Le Roi, la Loi, la Liberté.

### Le Roi

Vous savez amis minéralogistes belges que le Roi des Belges n'a rien à dire, mais c'est lui qui signe les lois et pas du tout à la légère, le législateur c'est-à-dire le parlement propose la loi au roi et doit expliquer cela dans le détail. En matière de radioprotection cette explication comporte aussi des notions d'homogénéisation de la loi belge aux recommandations de la commission européenne, ce qui me permet de dire après examen de ces "explications au roi" ou de ces "rapports au roi" que les notions très importantes qui vont suivre comptent aussi pour le Micro monteurs de minéraux habitant l'hexagone. En effet la loi française doit aussi respecter les recommandations européennes. Mais les micro monteurs français ont intérêt à se pencher sur le "Journal Officiel".

*Ouais, certains états traînent la patte, se font rappeler à l'ordre par la Commission, certains de leurs citoyens sont obligés d'aller se plaindre à la Cour des*



*Droits de l'homme à Strasbourg pour faire valoir leur droit, l'état concerné traîne encore malgré l'obligation d'adapter sa législation suite au jugement rendu ! Ceci étant dit en italique.*

### La loi

En Belgique c'est l'Arrêté Royal du 20 juillet 2001 portant règlement général de la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement contre le danger des rayonnements ionisants contient quelques dispositions qui peuvent être appliquées au cas des minéraux radioactifs:

- L'article 3.2 précise que "des établissements où sont mis en œuvre ou détenus de l'uranium naturel et appauvri et du thorium naturel sont exemptés de déclaration et d'autorisation pour autant que ces substances figurent en quantité inférieure ou égale à respectivement 5 mégabecquerel et 50 kilobecquerel".

- L'article 20 rappelle les principes généraux de la radioprotection justification, optimisation (maintenir l'exposition à un niveau aussi bas que possible) et limitation. L'article 20.1.1 fournit les limites de dose pour les personnes du public (non-professionnellement exposées).

- La limite de dose efficace pour les personnes du public est fixée à 1 millisievert par an.
- La limite de dose équivalente pour le cristallin est de 15 millisieverts par an.
- La limite de dose équivalente pour la peau est fixée à 50 millisieverts par an en valeur moyenne pour toute surface de 1 cm<sup>2</sup> de peau, quelle que soit la surface exposée.

N'oubliez pas que vous êtes censés avoir lu TOUTE la loi.

### La liberté

Ben oui, la liberté s'arrête dès qu'on devient une nuisance pour les autres.

*Ce qui est dit par la loi doit donc être respecté sans discussion possible. Notez bien que si vous dérapez dans ce domaine même avec des circonstances tout à fait particulières le juge appliquera la loi, c'est son job, la loi, rien que la loi, toute la loi ! Un juge ne dit pas la justice, il dit la loi même si elle n'est pas juste. Il ne reste alors qu'à espérer que la loi soit un jour changée.*

La lecture de la loi montre qu'un collectionneur peut donc garder chez lui un minerai sans autorisation pour autant que l'activité en uranium ou en thorium naturel soit inférieure aux seuils mentionnés. Il devra néanmoins prendre les mesures de radioprotec-

tion nécessaires pour maintenir le niveau d'exposition aussi bas que possible, la limite de 1 mSv/an ne devant jamais être dépassée. Il s'agit en particulier d'éviter tout risque de contamination: manipuler le minerai avec des gants, ne l'exposer que derrière une vitrine, le mettre hors de portée des enfants, etc.

### Parenthèse philosophique

Je ne peux m'empêcher de faire une parenthèse à caractère philosophique, la voici:

*La recherche nucléaire a progressé énormément pendant la dernière guerre, dans le plus grand secret, sans que le grand public soit tenu au courant des aspects prometteurs de l'exploitation de l'énergie atomique; quand le grand public a été mis au courant ce fut d'une manière explosive, il apprit avec effroi et incompréhension qu'Hiroshima et Nagasaki étaient détruites. D'où une terrible méfiance envers cette branche de la science.*

*D'autre part, il a raison (le grand public) quand il se méfie de tout ce qui ressemble de près ou de loin au nucléaire car quand les savants nous parlent de "dose maximum admissible" ils font un fameux court circuit ! C'est comme s'ils parlaient de vitesse maximale autorisée. Un panneau 60Km/h n'a aucune valeur scientifique, c'est tout au plus un conseil qui est fonction de l'état de la route et qui a été transformé en obligation durement sanctionnée si on la transgresse. La notion de l'admissible dans le domaine de la radioprotection comme les panneaux de vitesse n'appartient pas aux scientifiques mais bien à la "philosophie du risque", pas à la science. Ces aspects "explosif" et "admissible" ont plongé le public dans la confusion et accru sa méfiance envers les hommes de science.*

*Ce n'est que tout récemment (quand on a commencé à parler de désarmement nucléaire) que les savants ont admis que tout rayonnement ajouté au rayonnement naturel est nocif et qu'il faut dans chaque cas rétablir le niveau naturel au plus vite ! Avant cette prise de conscience on faisait sauter des bombes atomiques à tour de bras, dans l'air ou dans l'eau ou sous le sol. (Voir Mururo, Bikini etc.)*

*Dès lors les études et les organismes de contrôle se sont multipliés, les règles de radioprotection se sont affinées avec les progrès de la science dont la génétique.*

*Les applications du nucléaire n'ont fait que progresser, chaque hôpital possède maintenant un service de médecine nucléaire allant de l'utilisation d'isotopes à courte durée au bombardement de tumeurs malignes.*

Fermons la parenthèse.

## Comment se protéger

On peut se protéger de trois façons;

- En prenant la fuite, c'est-à-dire en prenant ses distances avec la source car l'énergie des rayons ionisants diminue comme le carré de la distance, si la source est un tube à rayons X c'est facile, il suffit de s'écarter un peu. Pour fixer un peu les idées voici quelques chiffres...
  - Les alpha parcourent quelques centimètres;
  - Les bêta parcourent quelques mètres;
  - Les gamma et les rayons X parcourent quelques centaines de mètres;
  - Les neutrons quelques centaines de mètres.
- En limitant le temps d'exposition aux rayonnements, on ne met pas de minéraux radio-actifs dans le tiroir de sa table de nuit ni non plus dans sa poche;
- En mettant un écran entre la source et nous, nos petites boîtes arrêtent les alpha mais pas du tout les bêta et gamma, pour les arrêter il faut des feuilles de plomb et mesurer ce qui reste de rayonnement;
- En réduisant le poids de la source de rayonnements ionisants, ah ! Les micro monteurs font cela par plaisir!
- En prenant toutes les précautions possibles pour éviter l'ingestion de poussières, travailler avec des gants et un masque, se laver les mains avant de manger, ne pas boire en micromontant (*non, ce n'est pas une question de teneur en alcool, c'est vrai aussi pour de l'eau*). Manipulez vos minéraux le moins souvent possible. Ne pas fumer, *d'ailleurs même sans uranifères cela nuit gravement à la santé*. Surveillez bien les curieux qui ne savent regarder qu'en touchant, les enfants en particulier.
- En ventilant en permanence le local où se trouvent ces minéraux. Si vous possédez beaucoup d'uranifères dans une vitrine mettez-y une pompe du genre pompe d'aquarium avec une sortie de l'air pompé vers l'extérieur.

Mais on peut bien sûr combiner ces méthodes en mettant nos cageots au fond du jardin, en mettant notre lit dans une autre pièce, en mettant sous plomb

le spécimen qui crache beaucoup (allusion au bruit du compteur Geiger), en collectionnant petit, le micromontage résout pas mal de choses.

Il faut prendre garde aux poussières radioactives dont l'ingestion ou la respiration peut avoir de graves conséquences (cancers), pour cela, la propreté et le micro montage sont de précieux alliés. Travaillez les minéraux radioactifs avec la plus grande prudence, sur un papier blanc (ou noir selon la couleur des poussières) pour retrouver la moindre parcelle en pensant qu'il s'agit d'un minéral extrêmement salissant même si cela n'est pas vrai. N'oubliez jamais que l'ingestion de poussières va soumettre vos cellules à un rayonnement alfa, dangereux, 24h sur 24h et tout le reste de votre vie. Si on ne la déloge pas cette parcelle radioactive sera comme l'asbeste ou l'amiante, une bombe à retardement. Les mineurs de Bohême, des mines de Schneeberg et de Joachimstal présentent des carcinomes pulmonaires qui les emportent bien plus vite que nos anciens mineurs qui

**Il faut respecter la loi sinon on va en prison, il faut respecter des règles de protection sinon on va au cimetière !**

souffrent de silicose et on a bien identifié une maladie fréquente chez les peintres de cadrans lumineux (profession qui n'existe plus), ces peintres utilisaient des peintures à base d'uranifères et contractaient des sarcomes ostéogéniques c'est à dire de redoutables cancers des os. Si par malheur vous vous retrouvez avec des uranates dans une plaie (Eh oui, on a tout vu!) courez chez votre médecin pour qu'il les déloge rapidement.

Les poussières qui résultent du travail de minéraux uranifères contaminent votre table de travail et il faut décontaminer, cela revient à déplacer la contamination, la mettre dans votre poubelle spécialisée ou ailleurs mais alors ne mettez pas votre tête dans le sable, votre poubelle est contaminée et vous allez contaminer l'ICDI si vous la transvasez dans la poubelle des déchets ménagers. Oui, la destruction des restes de minéraux radioactifs pose un grave problème.

## Collections en déshérence

Certains minéraux de collection traînent parfois sans contrôle et peuvent même être purement et simplement jetés à la poubelle. Ces dernières années, de nombreuses entreprises de traitement des déchets (incinérateurs de déchets ménagers, décharges) se sont équipées de portiques de détection de radioactivité et des minéraux de collection sont régulièrement découverts parmi les déchets ménagers. Je pense qu'il est important d'attirer votre attention sur

ce dernier point. Une organisation comme le 4M peut certainement jouer un rôle pour vous aider à mettre de telles collections sur les bons rails, cela est à discuter avec vous en plein respect de leur origine. Souvent en effet ces collections furent celles de pères ou grand-pères qui les ont chéries. Ces collections possèdent parfois une valeur qu'on ne peut chiffrer car faisant partie du domaine psychique, la valeur du souvenir. Parfois aussi le récolteur --toujours parmi nous mais fort âgé-- leur attribue une valeur qui n'est rien d'autre que le prix de sa vie, ignorant la réglementation et méprisant le danger, même éminemment respectable il n'est plus dans la réalité, c'est son droit mais gare aux petits enfants qui tournent autour de lui !

Parfois quand les matériaux n'ont aucune valeur scientifique ou esthétique il n'y a d'autre choix que de les éliminer par principe de précaution. Il faut néanmoins garder à l'esprit le coût élevé lié au traitement des déchets radioactifs !

Veillez également à l'aération des locaux contenant ces minéraux radioactifs, il y a formation de gaz radioactif, le radon, le radon fait partie intégrante de la chaîne de fission de l'uranium, il faut donc une aération permanente. Les collections en déshérence sont quasi ignorées, elles dorment dans un coin ou dans une armoire et sont loin d'être inactives ne serait-ce que comme source de radon.

### Comment mesurer

Tout cela est bien beau mais comment mesurer l'activité ou les doses question

L'activité peut être aisément mesurée à l'aide de détecteur spécialisés, si vous avez un problème d'évaluation adressez vous au 4M qui mesurera l'activité de vos minéraux et vous donnera un avis.

Dans certains cas limite nous pouvons vous prêter un dosimètre permettant de connaître au mieux la dose que vous recevez, le risque que vous encourez.

Cet avis tout en n'engageant pas l'asbl vous permettra de prendre attitude en connaissance de cause.

### Et mes minéraux ?

Les minéraux radioactifs contiennent de nombreux composants radioactifs et le fait qu'ils soient instables leur permet de se transformer et de donner naissance à des isotopes divers. Il n'empêche, il suffit pour avoir une bonne idée de s'intéresser à l'uranium et au thorium. En effet les autres substances jouent un rôle secondaire. L'irradiation due aux autres corps est comparativement faible.

### Méthode approchée

Si on fait l'hypothèse d'être exposé 3h par jour pendant 333 jours par an, on obtient:

Par Kg de thorium, compter 0,1 mrem/h à 1m de distance.

Par kg d'uranium, compter 0,3 mrem/h à 1m de distance.

Si on connaît le contenu d'un minéral en thorium et en uranium, alors on peut calculer sa radioactivité, voyons cela par un exemple, les tables en fin de brochure vous donnent les pourcentages d'uranium ou de thorium pour les minéraux les plus rencontrés:

Soit un bloc de 1 kg de pechblende, cela donne:

470 gr d'U soit 0,141 mrem/h à 1m de distance

450 gr de Th soit 0,045 mrem/h à 1m de distance

Ce qui donne 0,186 mrem/h à 1m de distance ou encore 1607 mrem/an ou encore une dose efficace interdite par la loi., c'est trop pour rester auprès sans limite de temps, il vaut mieux mettre ce bloc à la cave que sur le meuble du salon. L'irradiation diminue avec le carré de la distance, il faut donc mettre ces minéraux au moins à 7 mètres de tout emplacement de vie. Surtout quand ces emplacements de vie.

### Méthode plus précise.

La mesure de l'activité donne souvent des résultats sensiblement inférieurs au calcul, cela n'est pas de nature à inquiéter, que du contraire, car cela montre que le calcul va dans le sens de la sécurité.

Vous trouverez en fin d'ouvrage une table alphabétique des minéraux radioactifs avec mention de leur activité, du plus bénin au plus méchant.

Pesez soigneusement vos minéraux et empoignez votre calculatrice.

### La réglementation

C'est un euphémisme de dire que le monde a bien changé ces dernières années, le terrorisme n'est pas une notion nouvelle mais bien le terrorisme d'état, la déglingue d'une grande puissance a mis sur le marché des quantités phénoménales de matières radioactives et les états démocratiques ont dû se protéger par des lois et des règlements très sévères ayant pour but de détecter toutes détention, utilisation, ou transport illicites de ces matières.

L'A.R. du 20 juillet a pour but de protéger les individus et la société des rayonnements ionisants mais sachez aussi que d'autres lois et organismes veillent pour nous, ne jouez pas avec le feu, prenez conseil



dans tous les cas de transport un peu important de matières fissiles sinon vous courrez droit dans le mur ou plutôt derrière le mur...de la prison.

### En guise de conclusion

Il faut respecter la loi sinon on va en prison.

Il faut respecter les mrem/s sinon on va au cimetière.

Mais en fait, votre collection de minéraux uranifères ne présente aucun danger, à condition de respecter les conseils de cet article, aussi bien en quantité de matière (les becquerels) qu'en dosimétrie, les sieverts. La propreté est impérative; si votre collection est assez importante je vous conseille de calculer, de faire une évaluation de sa nuisance, repensez à la "parenthèse philosophique" ci-dessus, tout rayonnement ajouté au rayonnement naturel est une nuisance et vous avez certainement bien compris que les jeunes femmes sont particulièrement à protéger (*on le ferait déjà pour d'autres raisons d'ailleurs...*).

Les tables des principaux minéraux radioactifs et leurs contenu en U et Th ainsi que la table de l'activité des minéraux sont données en annexe afin de vous permettre un calcul d'évaluation de l'activité de votre collection, voilà, vous n'avez plus aucune excuse de ne pas savoir.

### Bibliographie

- C. Cahen et P.Treille, Précis d'énergie nucléaire
- "La radioactivité des roches", René Coppens, col. Que sais-je? N741. 1964.
- "L'Uranium", Georges Jurain, Col. Que sais-je N 1070. 1964.
- "Protection against radiation", John Abbatt et al. Ed. Cassel, Londres, 1961.
- La science devant le profane, ACEC, Revue des Jeunes, N4, 1962, (Auteur inconnu ou collectif?)
- Rayonnements ionisants, effet de faibles doses, ONDRAF 1996
- College chemistry, Linus Pauling, Ed. Freeman and Compagny, 1950.
- Protection against radiations, John Abbat and Al. Ed. Cassel, London, 1961.
- Conférence donnée par P Van Elegem dans le cadre du Cercle des Géologues de Belgique.

- Arrêté Royal du 20 juillet 2001 portant règlement général de la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement contre le danger des rayonnements ionisants.
- Revue ACEC  
1/1957---3/1960---2/1961---2/1966 auteurs divers, Max Hoyaux, Paul Gans, Charles Gérard.

### EXERCICES

Voilà, faisons ensemble un exercice, notre but est de vérifier si nous pouvons cohabiter avec une collection, notre exercice portera sur une collection fictive dont toute ressemblance avec une collection existante est totalement fortuite.

Soit une collection comportant:

450 grammes de pechblende, un gros bloc moche comme tout mais "qui crache !". Rappelons que la pechblende est composée de plusieurs minéraux, elle contient en moyenne 47 % d'U et 45% de Th.

Soit dans notre cas  $0,450\text{Kg} \times 47\% \times 0,063 \text{ mrem/h/Kg}$   
plus  $0,450\text{Kg} \times 45\% \times 0,1 \text{ mrem/h/Kg}$   
 $= 0,020 \text{ mrem/h}$ .

70 gr de sklodowskite soit  $0,070\text{Kg} \times 55,44\% \times 0,3 \text{ mrem/h/Kg} = 0,012 \text{ mrem/h}$

30 gr de curite soit  $0,030\text{Kg} \times 63,34\% \times 0,3 \text{ mrem/h/Kg} = 0,006 \text{ mrem/h}$

80 gr de Thorite soit  $0,080\text{Kg} \times 63,34\% \times 0,1 \text{ mrem/h/Kg} = 0,005 \text{ mrem/h}$

Total pour la collection:  $0,083 + 0,012 + 0,006 + 0,005 = 0,106 \text{ mrem/h}$ .

Si vous vivez par exemple 3 heures par jour à 1 mètres de cette source de rayonnement ionisants vous recevez:  $0,106 \times 3 \times 365 = 116 \text{ mrem/an}$  soit  $1,16 \text{ mSv/an}$  alors que la dose annuelle limite pour le public est de  $1 \text{ mSv /an}$ !

- **Oui, il est grand temps de micro monter et de mettre le reste au fond du jardin ou encore d'appeler le 4M.**



## Remerciements

Nous tenons à remercier tout particulièrement:

- Ulrich Wagner pour les remarquables photos qu'il nous a permis d'utiliser.
- L'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire, AFCN, Département Contrôle et Surveillance.
- Le webmaster du site <http://webmineral.com> pour leur aimable autorisation.

Notez enfin que les erreurs ou omissions qui subsisteraient ne sont dues qu'à l'auteur.

J'ai fais ce que j'ai pu pour vous sensibiliser aux problèmes résultant de la détention de substances radioactives et en particulier de collections en deshérence, j'ai donc fait ce que je devais faire, les personnes concernées par les propos tenus dans cette brochure peuvent contacter le 4M sans appréhension. Le sérieux, la sagesse et la confidentialité leurs sont dus. Le verso de la page de garde vous renseigne à ce sujet, vous y trouverez les informations essentielles concernant cette asbl.

**André Foucart**

## Liste alphabétique des minéraux radioactifs avec mention de leur activité.

### Lecture de la table.

#### Nom du minéral

Seuls sont repris les minéraux IMA possédant une certaine activité, leur nom est parfois la forme anglo-saxonne mais vous êtes bien sûr polyglottes.

#### Becquerel/Kg

C'est le nombre de désintégrations par seconde et par kilo. En ce qui concerne les uranifères au delà de 5 mégabecquerels vous êtes dans l'illégalité. Mais 1,5 Kg d'uranocircite ne se trouve pas chez le commun des collectionneurs.

#### Curies/gr

Une curie vaut  $3.700 \times 10^{10}$  Bq, c'est aussi l'activité d'un gramme de radium226 pur. Et c'est une activité énorme. L'activité du minéral est exprimée ici par gramme.

#### mRem/h/gr

Cette unité tient compte du type de radiation et représente un centième de watt par seconde et par kilo, elle est exprimée ici par gramme.

#### Dangerosité

0 Ne présente pas de danger, repris dans la liste par souci d'autoportance.

1 Détectable seulement avec des détecteurs très sensibles, sans danger.

2 Activité très réduite, il ne faut pas de précautions spéciales dans le cas de quantités normales pour nous.

3 Activité réduite mais aisément détectable, précautions usuelles.

4 Activité certaine, limiter l'exposition et faire attention aux manipulations.

5 Très actif, limiter l'exposition, faire très attention aux manipulations, conserver en lieu sûr et éloigné.

6 Dangereux, potentiellement mortel, ne garder qu'une petite quantité et sous plomb.

#### Thorium

\* L'activité du thorium est prise en compte sur base d'un calcul à partir de la présence des terres rares.

Non Le propos n'a pas de sens.

#### Source des informations

Les données ci-dessous peuvent être trouvées actualisées sur le site <http://webmineral.com/>

Danger	Thorium	Nom	Becquels/kg	Curies/gr	GammaRays(API)	mRem/hr/gr
2		Abenakiite-(Ce)	663314	1.79E-08	29815.3	0.010
4		Abernathyite.	81,922,397	2.21E-06	3,480,238.6	1.144
1	*	Adamsite-(Y).	201,090	5.43E-09	9,505.7	0.003
2	*	Aeschynite-(Ce).	616,015	1.66E-08	27,088.8	0.009
2	*	Aeschynite-(Nd).	921,499	2.49E-08	39,739.7	0.013
0		Afghanite.	691	1.87E-11	32.5	0.000
1	*	Agardite-(Ce).	215,137	5.81E-09	9,635.5	0.003
2	*	Agardite-(Dy).	259,024	7E-09	11,521.5	0.004
1	*	Agardite-(La).	218,437	5.9E-09	9,751.1	0.003
1	*	Agardite-(Nd).	90,046	2.43E-09	4,023.4	0.001
4		Agrinierite.	127,957,694	3.46E-06	5,138,379.0	1.689
0		Ajoite.	679	1.84E-11	31.6	0.000
4		Albrechtschraufite.	59,632,812	1.61E-06	2,686,674.6	0.883



2	*	Allanite-(Ce).	612,697	1.66E-08	27,438.6	0.009
2	*	Allanite-(La).	522,708	1.41E-08	23,574.1	0.008
2	*	Allanite-(Y).	314,576	8.5E-09	14,180.8	0.005
0		Almarudite.	1,019	2.75E-11	47.9	0.000
0		Alsakharovite-Zn.	602	1.63E-11	28.0	0.000
4		Althupite.	107,006,392	2.89E-06	4,388,253.6	1.443
1		Altisite.	5,922	1.6E-10	276.3	0.000
1		Aluminoceladonite.	2,928	7.91E-11	138.9	0.000
1		Alumokiyuchevskite.	4,731	1.28E-10	218.9	0.000
0		Alumopharmacosiderite.	1,582	4.28E-11	73.8	0.000
1		Alunite.	2,860	7.73E-11	136.8	0.000
1		Amicite.	3,431	9.27E-11	163.7	0.000
0		Ammonioleucite.	1,463	3.95E-11	70.2	0.000
0		Anandite.	499	1.35E-11	22.6	0.000
2	*	Ancylite-(Ce).	819,951	2.22E-08	35,701.9	0.012
2	*	Ancylite-(La).	816,577	2.21E-08	35,486.7	0.012
4		Andersonite.	66,139,193	1.79E-06	2,933,371.0	0.964
2	*	Androsite-(La).	421,099	1.14E-08	18,922.4	0.006
0		Andyrobbersite.	986	2.66E-11	43.7	0.000
1		Annite.	2,310	6.24E-11	107.2	0.000
0		Anorthoclase.	1,112	3.01E-11	52.5	0.000
1		Aphthalite.	8,321	2.25E-10	390.9	0.000
0		Apophyllite.	1,306	3.53E-11	63.1	0.000
0		Aqualite.	632	1.71E-11	29.9	0.000
4		Arapovite.	32,614,703	8.81E-07	1,460,807.2	0.480
1		Arcanite.	13,597	3.67E-10	639.1	0.000
1		Archerite.	6,792	1.84E-10	326.3	0.000
1		Arnhemite.	4,642	1.25E-10	224.1	0.000
0		Arrojadite.	551	1.49E-11	25.3	0.000
2	*	Arsenoflorencite-(Ce).	535,586	1.45E-08	23,926.9	0.008
2	*	Arsenoflorencite-(La).	445,829	1.2E-08	20,050.2	0.007
2	*	Arsenoflorencite-(Nd).	469,024	1.27E-08	20,907.0	0.007
4		Arsenuranospathite.	71,476,902	1.93E-06	3,157,581.2	1.038
4		Arsenuranylite.	108,267,237	2.93E-06	4,441,111.8	1.460
4	*	Ashanite.	37,157,510	1E-06	1,548,144.2	0.509
2	*	Ashcroftine-(Ce).	665,052	1.8E-08	30,089.7	0.010
0		Ashcroftine-(Y).	1,555	4.2E-11	72.0	0.000
4		Asselbornite.	79,187,595	2.14E-06	3,151,395.6	1.036
4	*	Astrocyanoite-(Ce).	45,190,726	1.22E-06	1,955,205.5	0.643
0		Astrophyllite.	1,838	4.97E-11	85.2	0.000
0		Atlasovite.	937	2.53E-11	41.7	0.000
4		Autunite.	86,401,546	2.34E-06	3,754,510.8	1.234
1		Avogadrite.	5,949	1.61E-10	261.8	0.000
0		Bannermanite.	419	1.13E-11	18.9	0.000
0		Bannisterite.	254	6.86E-12	11.9	0.000
0		Baratovite.	841	2.27E-11	39.5	0.000
1	*	Bario-oligite.	69,979	1.89E-09	3,046.6	0.001
0		Barium-zinc-alumopharmacosiderite shtm-l	86	2.32E-12	3.9	0.000
0		Bariumbannisterite.	244	6.59E-12	11.3	0.000
0		Barrerite.	468	1.26E-11	22.6	0.000
1		Bartonite.	3,160	8.54E-11	144.8	0.000
4		Bassetite.	91,631,532	2.48E-06	3,903,742.2	1.283
2	*	Bastnasite-(Ce).	1,432,338	3.87E-08	60,386.6	0.020
2	*	Bastnasite-(La).	1,427,855	3.86E-08	59,907.7	0.020

0		Batiferrite.	55	1.49E-12	2.5	0.000
0		Batisite.	1,137	3.07E-11	50.7	0.000
4		Bauranoite.	105,666,081	2.86E-06	4,255,234.1	1.399
4		Bayleyite.	51,774,300	1.4E-06	2,408,698.9	0.792
1		Baylissite.	8,043	2.17E-10	390.0	0.000
4		Becquerelite.	129,741,151	3.51E-06	5,229,958.0	1.719
0		Bellbergite.	479	1.29E-11	22.8	0.000
2	*	Belovite-(Ce).	630,641	1.7E-08	27,414.9	0.009
2	*	Belovite-(La).	900,262	2.43E-08	38,416.9	0.013
0		Benyacarite.	370	1E-11	17.7	0.000
0		Berezanskite.	1,218	3.29E-11	57.2	0.000
4		Bergenite.	77,474,726	2.09E-06	3,242,386.2	1.066
4		Betafite.	30,791,419	8.32E-07	1,310,418.3	0.431
4	*	Bijvoetite-(Y).	96,533,248	2.61E-06	4,018,906.4	1.321
4		Billietite.	128,103,605	3.46E-06	5,074,315.4	1.668
1		Biotite.	2,733	7.39E-11	129.1	0.000
1		Biphosphammite.	2,462	6.65E-11	120.9	0.000
0		Birnessite.	549	1.48E-11	25.3	0.000
3		Bismutopyrochlore.	22,711,287	6.14E-07	979,049.0	0.322
4		Blatonite.	122,416,042	3.31E-06	4,957,539.7	1.630
0		Boleite.	108	2.92E-12	4.5	0.000
4		Boltwoodite.	99,264,650	2.68E-06	4,162,620.2	1.369
0		Bornemanite.	130	3.51E-12	5.9	0.000
1		Boromuscovite.	3,092	8.36E-11	146.0	0.000
3		Brabantite.	22,497,798	6.08E-07	945,983.4	0.311
2	*	Braitschite-(Ce).	385,719	1.04E-08	17,724.3	0.006
4	*	Brannerite.	60,220,716	1.63E-06	2,547,582.0	0.838
0		Brannockite.	1,063	2.87E-11	48.7	0.000
0		Brewsterite-Sr.	18	4.86E-13	0.8	0.000
0		Brinrobertsite.	155	4.19E-12	7.4	0.000
3		Britholite-(Ce).	8,178,079	2.21E-07	354,673.9	0.117
3		Brockite.	14,133,249	3.82E-07	620,988.9	0.204
1	*	Burbankite.	133,361	3.6E-09	5,871.7	0.002
1		Butschliite.	9,943	2.69E-10	468.9	0.000
2	*	Byelorussite-(Ce).	445,760	1.2E-08	19,532.5	0.006
0		Bystrite.	1,926	5.21E-11	90.7	0.000
2	*	Calcio-ancylite-(Ce).	936,234	2.53E-08	41,758.7	0.014
2	*	Calcio-ancylite-(Nd).	952,082	2.57E-08	42,483.7	0.014
0		Calcio-andyrobartsite-1M.	1,049	2.84E-11	47.0	0.000
0		Calcio-andyrobartsite-2O.	1,049	2.84E-11	47.0	0.000
3		Calciobetafite.	13,442,791	3.63E-07	588,995.5	0.194
2	*	Calcioburbankite.	487,982	1.32E-08	22,208.1	0.007
2	*	Calciogadolinite.	682,784	1.85E-08	30,585.5	0.010
4		Calciouranoite.	108,443,660	2.93E-06	4,473,379.2	1.471
4		Calcurmolite.	81,823,746	2.21E-06	3,461,981.8	1.138
2	*	Calcybeborosilite-(Y).	740,625	2E-08	33,356.5	0.011
2	*	Calkinsite-(Ce).	1,178,003	3.18E-08	51,800.1	0.017
0		Canasite.	1,884	5.09E-11	89.3	0.000
2	*	Cappelenite-(Y).	466,953	1.26E-08	20,180.1	0.007
2	*	Carbocernaite.	356,436	9.63E-09	15,876.8	0.005
1	*	Carbokentbrooksite.	116,929	3.16E-09	5,405.7	0.002
0		Carletonite.	865	2.34E-11	41.1	0.000
0		Carlosruizite.	1,744	4.71E-11	76.4	0.000
1		Carnallite.	4,264	1.15E-10	207.5	0.000
4		Carnotite.	94,456,845	2.55E-06	3,928,699.7	1.292

1		Carobbiite.	20,391	5.51E-10	936.0	0.000
0		Cavoite.	79	2.14E-12	3.6	0.000
1	*	Caysichite-(Y).	85,999	2.32E-09	3,989.0	0.001
2	*	Cebaite-(Ce).	609,282	1.65E-08	25,457.9	0.008
2	*	Cebaite-(Nd).	619,017	1.67E-08	25,880.9	0.009
4		Cejkaite.	80,325,051	2.17E-06	3,407,967.9	1.120
1		Celadonite.	2,761	7.46E-11	130.2	0.000
3		Cerianite-(Ce).	13,320,854	3.6E-07	533,226.1	0.175
2	*	Ceripyrochlore-(Ce).	672,002	1.82E-08	28,068.6	0.009
2	*	Cerite-(Ce).	1,402,894	3.79E-08	59,588.4	0.020
2	*	Cerite-(La).	1,231,087	3.33E-08	52,941.9	0.017
2	*	Cerotungstite-(Ce).	479,294	1.3E-08	19,587.9	0.006
2		Cervandonite-(Ce).	1,638,408	4.43E-08	72,378.2	0.024
1		Cetineite.	2,933	7.93E-11	126.3	0.000
0		Chabazite-Ca.	228	6.16E-12	11.1	0.000
0		Chabazite-K.	1,408	3.81E-11	68.2	0.000
0		Chabazite-Na.	1,189	3.21E-11	57.3	0.000
0		Chabazite-Sr.	665	1.8E-11	31.8	0.000
4		Chadwickite.	108,152,248	2.92E-06	4,340,174.0	1.427
0		Challacolloite.	1,878	5.08E-11	76.0	0.000
1		Charoite.	3,239	8.75E-11	154.2	0.000
0		Chayesite.	1,138	3.08E-11	53.6	0.000
3		Cheralite-(Ce).	13,002,232	3.51E-07	548,540.6	0.180
4		Chernikovite.	97,261,512	2.63E-06	4,144,441.5	1.363
2	*	Chernovite-(Ce).	884,166	2.39E-08	37,401.2	0.012
0		Chessexite.	937	2.53E-11	45.9	0.000
2		Chevkinite-(Ce).	862,490	2.33E-08	37,661.0	0.012
1		Chlorbartonite.	2,946	7.96E-11	134.4	0.000
1		Chlormanganokalite.	11,175	3.02E-10	509.5	0.000
1		Chlorocalcite.	6,385	1.73E-10	295.0	0.000
1		Chlorothionite.	7,675	2.07E-10	352.8	0.000
1		Chromceladonite.	2,809	7.59E-11	132.6	0.000
0		Chromphyllite.	2,138	5.78E-11	99.2	0.000
2	*	Chukhrovite-(Ce).	285,427	7.71E-09	13,324.7	0.004
2	*	Chukhrovite-(Nd).	280,522	7.58E-09	13,167.5	0.004
1	*	Chukhrovite-(Y).	98,191	2.65E-09	4,619.6	0.002
2	*	Churchite-(Dy).	1,213,230	3.28E-08	52,821.5	0.017
2	*	Churchite-(Nd).	1,173,868	3.17E-08	51,584.5	0.017
3		Ciprianiite.	7,581,620	2.05E-07	340,906.3	0.112
4		Clarkeite.	120,300,852	3.25E-06	4,787,701.0	1.574
3		Cleusonite.	20,518,161	5.55E-07	895,863.5	0.295
4		Cliffordite.	55,708,487	1.51E-06	2,219,835.2	0.730
0		Clinoholmquistite.	60	1.62E-12	2.8	0.000
0		Clinoptilolite-Ca.	454	1.23E-11	21.9	0.000
0		Clinoptilolite-K.	1,976	5.34E-11	95.0	0.000
0		Clinoptilolite-Na.	574	1.55E-11	27.6	0.000
1		Clinoungemachite.	3,039	8.21E-11	145.3	0.000
4		Cobalt-zippeite.	102,893,442	2.78E-06	4,322,774.9	1.421
4		Coconinoite.	55,335,738	1.5E-06	2,491,383.7	0.819
4		Coffinite.	130,016,203	3.51E-06	5,176,585.3	1.702
4		Compreignacite.	127,280,060	3.44E-06	5,142,010.1	1.691
0		Coombsite.	557	1.51E-11	25.9	0.000
2	*	Cordylite-(Ce).	986,431	2.67E-08	41,352.5	0.014
0		Corrensite.	193	5.22E-12	9.3	0.000
0		Corvusite.	214	5.78E-12	9.8	0.000

2	*	Coskrenite-(Ce).	895,041	2.42E-08	40,641.9	0.013
4		Cousinite.	84,510,644	2.28E-06	3,544,080.6	1.165
4		Coutinhoite.	122,118,216	3.3E-06	4,883,482.2	1.606
1	*	Crichtonite.	52,812	1.43E-09	2,371.6	0.001
0		Cryptomelane.	1,613	4.36E-11	72.6	0.000
4		Cuprosklodowskite.	98,874,373	2.67E-06	4,140,993.7	1.361
4		Curienite.	79,847,765	2.16E-06	3,263,540.1	1.073
4		Curite.	113,373,892	3.06E-06	4,367,144.7	1.436
1		Cyanochroite.	5,361	1.45E-10	257.6	0.000
0		Dachiardite-Ca.	608	1.64E-11	29.2	0.000
0		Dachiardite-Na.	465	1.26E-11	22.3	0.000
1		Dalyite.	4,100	1.11E-10	190.5	0.000
2	*	Daqingshanite-(Ce).	569,247	1.54E-08	24,935.8	0.008
0		Daraposite.	1,050	2.84E-11	48.7	0.000
1		Davanite.	4,432	1.2E-10	208.4	0.000
3	*	Davidite-(Ce).	5,859,192	1.58E-07	260,609.6	0.086
3	*	Davidite-(La).	5,874,875	1.59E-07	261,510.5	0.086
0		Davyne.	2,094	5.66E-11	98.3	0.000
2	*	Decrespignyite-(Y).	321,155	8.68E-09	14,333.2	0.005
0		Delhayelite.	917	2.48E-11	43.9	0.000
4		Deliensite.	97,266,631	2.63E-06	4,081,435.8	1.342
0		Delindeite.	267	7.22E-12	11.9	0.000
0		Dellaventuraite.	551	1.49E-11	25.8	0.000
2	*	Deloneite-(Ce).	494,425	1.34E-08	22,031.0	0.007
4		Deloryite.	45,033,053	1.22E-06	1,931,080.3	0.635
4		Demesmaekerite.	39,232,952	1.06E-06	1,629,107.8	0.536
1		Denisovite.	2,568	6.94E-11	121.6	0.000
4		Derriksite.	48,407,758	1.31E-06	2,063,735.8	0.678
3		Dessauite.	6,884,805	1.86E-07	306,521.3	0.101
4		Dewindtite.	88,035,941	2.38E-06	3,568,741.8	1.173
0		Dickinsonite.	278	7.51E-12	12.8	0.000
2	*	Dissakisite-(Ce).	586,711	1.59E-08	26,565.3	0.009
2		Dissakisite-(La).	1,784,664	4.82E-08	80,834.3	0.027
2	*	Diversilite-(Ce).	259,991	7.03E-09	11,575.2	0.004
1		Djferfisherite.	2,842	7.68E-11	129.4	0.000
2	*	Dollaseite-(Ce).	569,568	1.54E-08	25,889.6	0.009
0		Dorallcharite.	576	1.56E-11	25.8	0.000
1		Douglasite.	7,597	2.05E-10	352.6	0.000
4		Dumontite.	83,189,999	2.25E-06	3,341,364.0	1.099
0		Dusmatovite.	1,611	4.35E-11	74.7	0.000
1		Eastonite.	2,829	7.65E-11	133.8	0.000
0		Eifelite.	1,159	3.13E-11	54.9	0.000
3		Ekanite.	12,131,773	3.28E-07	542,060.8	0.178
1		Elpasolite.	9,784	2.64E-10	446.4	0.000
0		Englishite.	1,001	2.71E-11	47.9	0.000
0		Erionite-Ca.	628	1.7E-11	30.4	0.000
0		Erionite-K.	1,329	3.59E-11	64.3	0.000
0		Erionite-Na.	843	2.28E-11	40.6	0.000
1		Ershovite.	3,477	9.4E-11	165.1	0.000
1		Erythrosiderite.	7,195	1.94E-10	330.8	0.000
0		Euchlorine.	2,127	5.75E-11	97.8	0.000
1	*	Eudialyte.	158,171	4.27E-09	7,287.9	0.002
1	*	Euxenite-(Y).	80,008	2.16E-09	3,420.6	0.001
1		Eveslogite.	3,705	1E-10	172.7	0.000
1	*	Ewaldite.	106,480	2.88E-09	4,627.4	0.002



3		Eylettersite.	8,642,959	2.34E-07	392,834.9	0.129
1		Fairchildite.	9,943	2.69E-10	468.9	0.000
0		Fedorite.	793	2.14E-11	37.9	0.000
1		Fedotovite.	4,135	1.12E-10	190.4	0.000
1	*	Feklichevite.	5,146	1.39E-10	240.1	0.000
1		Fenaksite.	2,644	7.15E-11	124.1	0.000
2	*	Fergusonite-(Ce).	948,539	2.56E-08	40,097.1	0.013
2	*	Fergusonite-(Nd).	961,270	2.6E-08	40,812.3	0.013
2	*	Fergusonite-beta-(Ce).	1,095,394	2.96E-08	46,060.1	0.015
2	*	Fergusonite-beta-(Nd).	1,018,182	2.75E-08	42,918.5	0.014
0		Ferri-clinoholmquistite.	42	1.14E-12	2.0	0.000
0		Ferri-ottoliniite.	96	2.59E-12	4.5	0.000
2	*	Ferriallanite-(Ce).	470,393	1.27E-08	21,252.9	0.007
0		Ferrierite-K.	930	2.51E-11	44.7	0.000
0		Ferrierite-Mg.	540	1.46E-11	25.9	0.000
0		Ferrierite-Na.	441	1.19E-11	21.2	0.000
0		Ferripedrizite.	56	1.51E-12	2.6	0.000
0		Ferritungstite.	569	1.54E-11	23.6	0.000
0		Ferriwhittakerite.	191	5.16E-12	8.9	0.000
1		Ferro-aluminoceladonite.	2,766	7.48E-11	130.4	0.000
1		Ferroceladonite.	2,952	7.98E-11	139.4	0.000
1	*	Ferrokentbrooksite.	99,277	2.68E-09	4,574.7	0.002
0		Ferrokinoshitalite.	900	2.43E-11	41.1	0.000
2	*	Ferronordite-(Ce).	395,758	1.07E-08	17,822.5	0.006
2	*	Ferronordite-(La).	410,185	1.11E-08	18,425.4	0.006
0		Ferrosaponite.	23	6.22E-13	1.1	0.000
2		Fersmite.	1,329,471	3.59E-08	57,336.7	0.019
1		Filatovite.	3,205	8.66E-11	146.0	0.000
2	*	Florencite-(Ce).	611,753	1.65E-08	27,822.5	0.009
2	*	Florencite-(La).	608,869	1.65E-08	27,655.5	0.009
2	*	Florencite-(Nd).	621,512	1.68E-08	28,268.9	0.009
2	*	Fluocerite-(Ce).	1,591,897	4.3E-08	65,341.7	0.021
2	*	Fluocerite-(La).	1,588,698	4.29E-08	64,914.8	0.021
1		Fluorannite.	2,250	6.08E-11	104.4	0.000
0		Fluorapophyllite.	1,324	3.58E-11	62.8	0.000
2	*	Fluorbritholite-(Ce).	653,822	1.77E-08	29,444.1	0.010
2	*	Fluorcaphite.	467,481	1.26E-08	20,739.7	0.007
0		Fluoro-edenite.	283	7.65E-12	13.4	0.000
0		Fluoro-magnésio-arfvedso- nite.	429	1.16E-11	20.2	0.000
0		Fluoro-magnésiohastingsite.	782	2.11E-11	36.7	0.000
0		Fluoronyboite.	84	2.27E-12	3.9	0.000
4		Fontanite.	115,126,517	3.11E-06	4,740,220.1	1.558
4		Fourmarierite.	115,513,587	3.12E-06	4,578,280.4	1.505
4		Francevillite.	87,062,253	2.35E-06	3,545,301.0	1.166
0		Francoanellite.	1,430	3.86E-11	68.9	0.000
4	*	Francoisite-(Nd).	109,732,385	2.97E-06	4,512,098.3	1.483
1		Frankamenite.	2,646	7.15E-11	125.2	0.000
0		Franklinphilite.	375	1.01E-11	17.5	0.000
0		Franzinite.	1,837	4.96E-11	86.6	0.000
4		Fritzscheite.	85,296,722	2.31E-06	3,647,722.7	1.199
0		Fuenzalidaite.	1,979	5.35E-11	88.7	0.000
4		Furongite.	54,135,829	1.46E-06	2,443,466.5	0.803
2	*	Gadolinite-(Ce).	1,023,758	2.77E-08	44,145.8	0.015
0		Gainsite.	556	1.5E-11	25.4	0.000

2	*	Galgenbergite-(Ce).	1,085,843	2.93E-08	47,558.6	0.016
0		Ganophyllite.	1,174	3.17E-11	55.4	0.000
0		Ganterite.	757	2.05E-11	34.9	0.000
2	*	Gasparite-(Ce).	1,124,800	3.04E-08	47,220.8	0.016
2	*	Gatelite-(Ce).	862,230	2.33E-08	38,208.9	0.013
1	*	Georgbarsanovite.	29,622	8.01E-10	1,368.7	0.000
1		Georgechaoite.	2,837	7.67E-11	132.0	0.000
2	*	Gerenite-(Y).	278,368	7.52E-09	12,675.3	0.004
1		Giuseppettite.	2,187	5.91E-11	102.9	0.000
0		Gjerdingenite-Fe.	1,907	5.15E-11	88.6	0.000
0		Gjerdingenite-Mn.	1,440	3.89E-11	66.8	0.000
0		Glauconite.	1,665	4.5E-11	78.3	0.000
0		Gmelinite-Ca.	63	1.7E-12	3.0	0.000
0		Gmelinite-K.	1,894	5.12E-11	91.5	0.000
0		Gmelinite-Na.	95	2.57E-12	4.6	0.000
0		Gobbinsite.	1,857	5.02E-11	89.2	0.000
1		Goldichite.	3,299	8.92E-11	158.3	0.000
0		Goldquarryite.	48	1.3E-12	2.2	0.000
1		Gorgeyite.	2,714	7.34E-11	129.1	0.000
2	*	Gramaccioliite-(Y).	488,303	1.32E-08	21,765.1	0.007
2	*	Graulichite-(Ce).	397,220	1.07E-08	17,614.4	0.006
3		Grayite.	19,590,538	5.29E-07	806,367.9	0.265
1		Gregoryite.	6,178	1.67E-10	289.4	0.000
4		Grimselite.	70,042,492	1.89E-06	3,026,383.2	0.995
4		Guilleminite.	99,288,776	2.68E-06	3,981,128.6	1.309
0		Gutkovaite-Mn.	1,572	4.25E-11	73.1	0.000
1		Gwihabaite.	3,472	9.38E-11	170.5	0.000
2	*	Gysinite-(Nd).	633,697	1.71E-08	26,314.2	0.009
0		Haigerachite.	1,125	3.04E-11	53.6	0.000
0		Haineaultite.	540	1.46E-11	25.6	0.000
1	*	Hainite.	44,464	1.2E-09	2,065.4	0.001
4		Haiweeite.	85,162,025	2.3E-06	3,647,558.8	1.199
2	*	Haleniusite-(La).	1,791,778	4.84E-08	72,901.5	0.024
4		Hallimondite.	44,277,941	1.2E-06	1,761,687.6	0.579
0		Hanksite.	757	2.05E-11	35.5	0.000
0		Harmotome.	168	4.54E-12	7.9	0.000
4		Haynesite.	107,585,659	2.91E-06	4,381,059.3	1.440
4		Heinrichite.	73,881,695	2E-06	3,123,500.6	1.027
2	*	Hellandite-(Ce).	854,050	2.31E-08	37,966.7	0.012
2	*	Hellandite-(Y).	466,887	1.26E-08	21,088.8	0.007
1		Hendricksite.	2,162	5.84E-11	100.3	0.000
0		Herschelite.	907	2.45E-11	43.8	0.000
0		Heulandite-Ba.	147	3.97E-12	6.9	0.000
0		Heulandite-Ca.	180	4.86E-12	8.7	0.000
0		Heulandite-K.	980	2.65E-11	47.1	0.000
0		Heulandite-Na.	239	6.46E-12	11.5	0.000
0		Heulandite-Sr.	90	2.43E-12	4.3	0.000
1	*	Hibonite.	88,177	2.38E-09	4,081.6	0.001
1		Hieratite.	10,756	2.91E-10	493.0	0.000
2	*	Hingganite-(Ce).	907,533	2.45E-08	39,570.8	0.013
2	*	Hingganite-(Yb).	854,334	2.31E-08	37,212.5	0.012
4		Holfertite.	113,317,830	3.06E-06	4,643,476.4	1.527
2	*	Huanghoite-(Ce).	753,634	2.04E-08	31,539.2	0.010
4		Hugelite.	78,688,597	2.13E-06	3,155,632.1	1.037
1		Humberstonite.	3,130	8.46E-11	149.1	0.000

0		Hummerite.	1,726	4.66E-11	81.0	0.000
4		Huttonite.	32,072,280	8.67E-07	1,281,657.3	0.421
1		Hyalophane.	2,941	7.95E-11	135.8	0.000
0		Hyalotekite.	445	1.2E-11	19.1	0.000
0		Hydroastrophyllite.	488	1.32E-11	22.7	0.000
0		Hydrobiotite.	765	2.07E-11	36.6	0.000
0		Hydrodelhayelite.	1,565	4.23E-11	75.6	0.000
0		Hydroxyapophyllite.	1,327	3.59E-11	63.1	0.000
2	*	Hydroxylbastnasite-(Ce).	1,445,472	3.91E-08	61,499.1	0.020
2	*	Hydroxylbastnasite-(La).	1,441,022	3.89E-08	61,017.6	0.020
2	*	Hydroxylbastnasite-(Nd).	1,460,285	3.95E-08	62,228.2	0.020
4		Ianthinite.	140,135,627	3.79E-06	5,530,896.8	1.818
1	*	Ikranite.	45,584	1.23E-09	2,128.8	0.001
2		Ilimaussite-(Ce).	465,356	1.26E-08	20,501.2	0.007
0		Illite.	1,826	4.94E-11	87.5	0.000
1	*	Ilmajokite.	114,865	3.1E-09	5,492.7	0.002
2		IMA1999-004a.	758,696	2.05E-08	30,884.0	0.010
0		IMA2002-041.	824	2.23E-11	35.4	0.000
2	*	IMA2002-042a.	476,922	1.29E-08	21,860.9	0.007
2	*	IMA2002-049.	508,211	1.37E-08	22,745.4	0.007
2	*	IMA2003-017.	790,265	2.14E-08	34,885.0	0.011
1	*	IMA2003-031a.	86,275	2.33E-09	3,814.0	0.001
0		IMA2003-045a.	1,221	3.3E-11	57.6	0.000
4		IMA2004-001.	28,127,129	7.6E-07	1,149,752.5	0.378
0		IMA2004-008.	195	5.27E-12	9.0	0.000
0		IMA2004-013.	583	1.58E-11	26.4	0.000
2	*	IMA2004-014.	261,503	7.07E-09	11,699.2	0.004
2	*	IMA2004-015.	514,673	1.39E-08	23,048.2	0.008
2	*	IMA2004-019.	757,786	2.05E-08	31,768.8	0.010
4		IMA2004-022.	76,950,793	2.08E-06	3,063,512.9	1.007
2	*	IMA2004-026.	241,486	6.53E-09	10,978.8	0.004
4	*	IMA2004-029.	100,675,421	2.72E-06	4,142,763.9	1.362
0		IMA2004-043.	1,356	3.66E-11	63.9	0.000
0		Innelite.	185	5E-12	8.1	0.000
1		Iquiqueite.	2,424	6.55E-11	114.9	0.000
3		Iraqite-(La).	4,452,385	1.2E-07	202,415.9	0.067
4		Iriginite.	67,851,275	1.83E-06	2,860,808.1	0.941
4		Ishikawaite.	43,410,131	1.17E-06	1,808,442.7	0.595
2	*	Isolueshite.	614,852	1.66E-08	26,455.0	0.009
4		Jachymovite.	124,920,842	3.38E-06	5,092,729.6	1.674
1		Jarosite.	2,366	6.39E-11	111.1	0.000
0		Jeppeite.	2,216	5.99E-11	98.6	0.000
0		Jinshajiangite.	602	1.63E-11	27.3	0.000
2	*	Joaquinite-(Ce).	442,304	1.2E-08	19,322.8	0.006
4		Johannite.	87,501,143	2.36E-06	3,756,556.4	1.235
0		Johillerite.	58	1.57E-12	2.6	0.000
1		Johnwalkite.	2,217	5.99E-11	101.3	0.000
4		Joliotite.	116,391,582	3.15E-06	4,784,407.2	1.573
0		Jonesite.	971	2.62E-11	43.5	0.000
1		Kafehydrocyanite.	11,219	3.03E-10	531.2	0.000
4		Kahlerite.	79,497,749	2.15E-06	3,404,509.3	1.119
1		Kainite.	4,758	1.29E-10	229.3	0.000
2	*	Kainosite-(Y).	236,288	6.39E-09	10,825.8	0.004
1		Kalborsite.	7,183	1.94E-10	338.7	0.000
0		Kaliborite.	1,653	4.47E-11	79.5	0.000

1		Kalicinite.	11,833	3.2E-10	562.8	0.000
0		Kalifersite.	1,849	5E-11	87.9	0.000
1		Kalinite.	2,596	7.02E-11	128.9	0.000
1		Kaliophilite.	7,490	2.02E-10	351.8	0.000
0		Kalipyrochlore.	738	1.99E-11	33.4	0.000
1		Kalistrontite.	6,619	1.79E-10	302.9	0.000
1		Kalsilite.	7,490	2.02E-10	351.8	0.000
1		Kamchatkite.	2,503	6.76E-11	114.3	0.000
4		Kamitugaite.	101,519,420	2.74E-06	4,169,698.4	1.371
4	*	Kamotoite-(Y).	95,318,788	2.58E-06	3,988,550.3	1.311
2	*	Kamphaugite-(Y).	443,923	1.2E-08	20,640.0	0.007
1	*	Kapitsaite-(Y).	45,851	1.24E-09	2,002.5	0.001
2	*	Kapustinite.	627,236	1.7E-08	29,152.8	0.010
3		Karnasurtite-(Ce).	2,770,190	7.49E-08	123,861.6	0.041
0		Karupmollerite-Ca.	430	1.16E-11	20.1	0.000
4		Kasolite.	72,544,315	1.96E-06	2,893,808.4	0.951
0		Katayamalite.	852	2.3E-11	40.2	0.000
0		Katophorite.	378	1.02E-11	17.7	0.000
0		Kazakovite.	183	4.95E-12	8.6	0.000
2	*	Keiviite-(Y).	499,438	1.35E-08	21,757.4	0.007
2	*	Keiviite-(Yb).	1,231,341	3.33E-08	51,783.1	0.017
2	*	Kemmlitzite.	242,798	6.56E-09	11,117.6	0.004
2	*	Kentbrooksite.	663,890	1.79E-08	29,710.4	0.010
1	*	Khanneshite.	153,596	4.15E-09	6,828.3	0.002
1		Khibinskite.	7,018	1.9E-10	320.7	0.000
2	*	Khristovite-(Ce).	627,829	1.7E-08	28,179.5	0.009
0		Kinoshitalite.	976	2.64E-11	44.6	0.000
4		Kivuite.	103,543,377	2.8E-06	4,266,547.6	1.403
1		Klyuchevskite.	4,642	1.25E-10	214.5	0.000
1		Klyuchevskite-Duplicate.	4,556	1.23E-10	210.3	0.000
3		Kobeite-(Y).	13,352,469	3.61E-07	585,028.9	0.192
1	*	Kochite.	14,561	3.94E-10	671.9	0.000
1		Kokchetavite.	4,256	1.15E-10	201.0	0.000
1		Kosnarite.	2,339	6.32E-11	105.6	0.000
1		Kostylevite.	5,700	1.54E-10	263.8	0.000
2	*	Kozoite-(La).	1,144,472	3.09E-08	49,692.1	0.016
2	*	Kozoite-(Nd).	1,403,946	3.79E-08	60,011.3	0.020
1		Krausite.	3,883	1.05E-10	183.0	0.000
0		Kremersite.	1,989	5.38E-11	93.5	0.000
1		Kuannersuite-(Ce).	122,533	3.31E-09	5,158.9	0.002
2	*	Kukhareenkoite-(Ce).	511,339	1.38E-08	21,342.7	0.007
3		Kukhareenkoite-(La).	3,774,035	1.02E-07	157,305.4	0.052
1	*	Kuliokite-(Y).	137,398	3.71E-09	6,081.6	0.002
0		Kupletskite.	1,993	5.39E-11	91.7	0.000
0		Kupletskite-(Cs).	407	1.1E-11	18.4	0.000
0		Kuzmenkoite-Mn.	1,839	4.97E-11	86.6	0.000
0		Kuzmenkoite-Zn.	1,443	3.9E-11	67.8	0.000
0		Labuntsovite-Fe.	2,106	5.69E-11	97.9	0.000
1		Labuntsovite-Mg.	2,186	5.91E-11	102.0	0.000
0		Labuntsovite-Mn.	1,805	4.88E-11	83.8	0.000
0		Labyrinthite.	1,933	5.22E-11	89.7	0.000
0		Landauite.	137	3.7E-12	6.2	0.000
1		Langbeinite.	5,709	1.54E-10	269.9	0.000
2	*	Lanthanite-(Ce).	1,037,407	2.8E-08	46,718.7	0.015
2	*	Lanthanite-(La).	1,034,993	2.8E-08	46,539.9	0.015



2	*	Lanthanite-(Nd).	1,049,606	2.84E-08	47,280.2	0.016
2	*	Laplantite-(Ce).	330,519	8.93E-09	15,348.0	0.005
4		Larisaite.	106,542,780	2.88E-06	4,336,271.0	1.426
0		Latiumite.	1,792	4.84E-11	84.6	0.000
0		Lecontite.	1,660	4.49E-11	81.5	0.000
4		Lehnerite.	91,721,193	2.48E-06	3,901,982.7	1.283
1		Leightonite.	3,357	9.07E-11	157.7	0.000
0		Lemleinite-Ba.	1,754	4.74E-11	81.0	0.000
1		Lemleinite-K.	3,971	1.07E-10	185.6	0.000
0		Lemoynite.	992	2.68E-11	46.7	0.000
0		Lennilapeite.	759	2.05E-11	35.6	0.000
1		Leonite.	6,461	1.75E-10	312.1	0.000
4	*	Lepersonnite-(Gd).	119,704,119	3.24E-06	4,859,750.9	1.598
1		Lepidolite.	3,051	8.25E-11	143.7	0.000
0		Lepkhenimite-Zn.	498	1.35E-11	23.0	0.000
4		Lermontovite.	115,773,155	3.13E-06	4,733,699.1	1.556
1		Leucite.	5,428	1.47E-10	255.8	0.000
1		Leucophosphite.	3,009	8.13E-11	141.2	0.000
2	*	Levinsonite-(Y).	267,126	7.22E-09	12,853.2	0.004
0		Levyne-Ca.	157	4.24E-12	7.6	0.000
0		Levyne-Na.	292	7.89E-12	14.1	0.000
4		Liandratite.	73,683,041	1.99E-06	3,004,787.1	0.988
4		Liebigite.	58,495,840	1.58E-06	2,661,687.9	0.875
0		Liottite.	1,278	3.45E-11	60.3	0.000
1		Lisitsynite.	5,863	1.58E-10	276.3	0.000
1		Lithosite.	7,215	1.95E-10	340.4	0.000
1		Litidionite.	2,977	8.05E-11	138.9	0.000
1		Londonite.	9,980	2.7E-10	457.1	0.000
2	*	Loparite-(Ce).	570,395	1.54E-08	24,983.6	0.008
1		Lopezite.	8,054	2.18E-10	370.2	0.000
1	*	Loranskite-(Y).	67,586	1.83E-09	2,819.3	0.001
0		Lourenswalsite.	1,516	4.1E-11	70.3	0.000
0		Lovdarite.	1,713	4.63E-11	81.8	0.000
1	*	Loveringite.	56,098	1.52E-09	2,534.4	0.001
2	*	Lucasite-(Ce).	942,857	2.55E-08	40,733.0	0.013
2	*	Lukechangite-(Ce).	1,032,028	2.79E-08	44,923.7	0.015
0		Magbasite.	1,256	3.39E-11	57.3	0.000
0		Magnesiosadanagaite.	124	3.35E-12	5.8	0.000
4		Magnesium-zippeite.	112,795,525	3.05E-06	4,649,747.5	1.529
0		Magnesiumastrophyllite.	1,858	5.02E-11	86.4	0.000
1		Manaksite.	3,043	8.22E-11	142.2	0.000
0		Mangan-neptunite.	1,306	3.53E-11	60.7	0.000
1	*	Manganokukisvumite.	2,828	7.64E-11	132.4	0.000
1		Manganolangebeinite.	4,975	1.34E-10	230.8	0.000
2	*	Manganonordite-(Ce).	396,212	1.07E-08	17,815.8	0.006
0		Manjiroite.	320	8.65E-12	14.5	0.000
0		Mantienneite.	1,330	3.59E-11	64.8	0.000
4		Marecottite.	106,041,444	2.87E-06	4,452,862.6	1.464
4		Margaritasite.	87,427,050	2.36E-06	3,550,269.9	1.167
0		Marinellite.	1,997	5.4E-11	94.0	0.000
4		Marthozite.	98,047,698	2.65E-06	4,046,969.1	1.331
1		Masutomilite.	2,946	7.96E-11	137.4	0.000
4		Masuyite.	110,827,080	3E-06	4,374,479.0	1.438
0		Mathiasite.	422	1.14E-11	19.1	0.000
0		Matveevite.	1,173	3.17E-11	56.2	0.000

0		Mazzite.	802	2.17E-11	38.7	0.000
1	*	Mckelveyite-(Nd).	212,269	5.74E-09	9,813.3	0.003
3		Mckelveyite-(Y).	10,366,266	2.8E-07	447,732.5	0.147
0		Megacyclite.	948	2.56E-11	46.4	0.000
1		Megakalsilite.	7,490	2.02E-10	351.8	0.000
2		Melanocerite-(Ce).	2,302,227	6.22E-08	97,579.4	0.032
1		Mercallite.	8,700	2.35E-10	413.8	0.000
1		Mereiterite.	5,950	1.61E-10	284.6	0.000
0		Merlinoite.	1,895	5.12E-11	90.8	0.000
0		Merrihueite.	1,577	4.26E-11	73.9	0.000
4		Meta-ankoleite.	93,002,269	2.51E-06	3,943,965.1	1.297
4		Meta-autunite.	101,188,181	2.73E-06	4,234,081.1	1.392
4		Meta-uranocircite.	85,777,713	2.32E-06	3,585,364.5	1.179
4		Meta-uranopilite.	129,349,141	3.5E-06	5,210,867.6	1.713
4		Meta-uranospinite.	85,036,259	2.3E-06	3,604,467.2	1.185
4		Metacaicouranoite.	124,548,415	3.37E-06	4,941,873.4	1.625
4		Metahaiweeite.	82,438,182	2.23E-06	3,531,894.3	1.161
4		Metaheinrichite.	77,513,874	2.09E-06	3,236,710.5	1.064
4		Metakahlerite.	83,718,855	2.26E-06	3,540,649.8	1.164
4		Metakirchheimerite.	83,465,785	2.26E-06	3,527,062.4	1.160
4		Metalodevite.	80,131,086	2.17E-06	3,415,913.9	1.123
4		Metanovacekite.	89,671,876	2.42E-06	3,756,528.1	1.235
4		Metaschoepite.	136,103,402	3.68E-06	5,424,218.5	1.783
4		Metastudtite.	126,035,439	3.41E-06	5,112,999.3	1.681
4		Metatorbernite.	90,879,159	2.46E-06	3,867,591.0	1.272
4		Metatyuyamunitite.	98,621,142	2.67E-06	4,087,198.8	1.344
4		Metavandendriesscheite.	124,506,314	3.37E-06	4,910,484.3	1.614
4		Metavanmeersscheite.	123,846,413	3.35E-06	5,005,501.6	1.646
4		Metavanuralite.	88,946,102	2.4E-06	3,784,386.5	1.244
1		Metavoltine.	2,165	5.85E-11	103.2	0.000
4		Metazellerite.	88,000,445	2.38E-06	3,773,584.9	1.241
4		Metazeunerite.	83,090,386	2.25E-06	3,510,838.1	1.154
0		Meurigite.	1,014	2.74E-11	47.9	0.000
1	*	Micheelsenite.	54,571	1.47E-09	2,656.2	0.001
1		Microcline.	4,256	1.15E-10	201.0	0.000
0		Microsommite.	981	2.65E-11	46.0	0.000
0		Milarite.	1,196	3.23E-11	56.7	0.000
0		Millisite.	363	9.81E-12	17.4	0.000
0		Minamiite.	293	7.92E-12	14.0	0.000
1	*	Mineevite-(Y).	134,324	3.63E-09	6,134.7	0.002
0		Minehillite.	470	1.27E-11	22.3	0.000
1		Minguzzite.	7,235	1.96E-10	343.6	0.000
1		Minyulite.	3,180	8.59E-11	152.8	0.000
1		Misenite.	9,561	2.58E-10	453.8	0.000
1	*	Miserite.	175,450	4.74E-09	8,232.5	0.003
1		Mitscherlichite.	7,414	2E-10	342.5	0.000
4		Moctezumite.	51,431,587	1.39E-06	2,022,152.6	0.665
4		Moluranite.	68,281,215	1.85E-06	2,912,810.6	0.958
2		Monazite-(Ce).	2,163,836	5.85E-08	91,584.2	0.030
2		Monazite-(La).	2,166,564	5.86E-08	91,600.2	0.030
2		Monazite-(Nd).	2,159,203	5.84E-08	91,491.4	0.030
3		Monazite-(Sm).	7,064,893	1.91E-07	297,115.6	0.098
0		Monsmedite.	1,621	4.38E-11	74.1	0.000
0		Montdorite.	1,900	5.14E-11	88.3	0.000
0		Montregianite-(Y).	1,354	3.66E-11	64.2	0.000

1		Montesommaite.	4,187	1.13E-10	199.3	0.000
0		Mordenite.	136	3.68E-12	6.5	0.000
4		Moreauite.	47,126,619	1.27E-06	2,164,447.2	0.712
2	*	Mosandrite.	515,428	1.39E-08	23,082.7	0.008
1	*	Moskvinite-(Y).	140,806	3.81E-09	6,494.1	0.002
2		Mottanaite-(Ce).	1,032,165	2.79E-08	46,782.1	0.015
0		Mountainite.	1,448	3.91E-11	69.6	0.000
4		Mourite.	39,458,563	1.07E-06	1,698,362.2	0.558
4		Mundite.	109,426,316	2.96E-06	4,532,249.7	1.490
1	*	Murataite.	194,173	5.25E-09	8,626.1	0.003
1		Murunskite.	5,231	1.41E-10	236.5	0.000
1		Muscovite.	2,971	8.03E-11	140.5	0.000
1	*	Na-komarovite.	23,081	6.24E-10	1,045.9	0.000
0		Nabalamprophyllite.	234	6.32E-12	10.5	0.000
0		Nabokoite.	994	2.69E-11	44.7	0.000
2	*	Nacareniobsite-(Ce).	414,316	1.12E-08	18,715.9	0.006
0		Natrolemyonite.	315	8.51E-12	14.9	0.000
0		Nenadkevichite.	231	6.24E-12	10.8	0.000
0		Nepheline.	2,027	5.48E-11	95.1	0.000
0		Neptunite.	1,305	3.53E-11	60.7	0.000
1		Neskevaaraitite-Fe.	2,216	5.99E-11	103.2	0.000
4		Nickel-zippeite.	102,913,598	2.78E-06	4,332,358.5	1.424
4	*	Ningyoite.	92,291,564	2.49E-06	3,850,738.6	1.266
2	*	Niobo-aeschnite-(Ce).	512,207	1.38E-08	22,164.8	0.007
2	*	Niobo-aeschnite-(Nd).	771,221	2.08E-08	32,889.6	0.011
0		Niobokupletskite.	1,720	4.65E-11	78.8	0.000
0		Niobophyllite.	1,699	4.59E-11	78.0	0.000
1		Niter.	11,718	3.17E-10	551.9	0.000
2	*	Nordite-(Ce).	368,745	9.97E-09	16,721.8	0.005
2	*	Nordite-(La).	368,152	9.95E-09	16,691.0	0.005
1		Norrishite.	2,574	6.96E-11	119.3	0.000
4		Novacekite.	80,513,770	2.18E-06	3,463,108.4	1.139
0		Nyboite.	43	1.16E-12	2.0	0.000
0		Obradovicite.	660	1.78E-11	30.2	0.000
0		Odintsovite.	1,733	4.68E-11	81.4	0.000
0		Offretite.	896	2.42E-11	43.3	0.000
2		Okanoganite-(Y).	905,356	2.45E-08	39,466.3	0.013
1		Olmsteadite.	2,262	6.11E-11	102.8	0.000
0		Organovaite-Mn.	1,149	3.11E-11	52.9	0.000
0		Organovaite-Zn.	923	2.49E-11	42.8	0.000
4		Orthobrannerite.	95,362,286	2.58E-06	3,923,182.7	1.290
3		Orthochevkinite.	3,551,672	9.6E-08	154,977.3	0.051
1		Orthoclase.	4,256	1.15E-10	201.0	0.000
2	*	Orthojoaquinite-(Ce).	452,191	1.22E-08	19,824.0	0.007
2	*	Orthojoaquinite-(La).	438,943	1.19E-08	19,243.9	0.006
4		Orthowalpurkite.	28,714,589	7.76E-07	1,146,366.6	0.377
0		Osumilite-(Fe).	848	2.29E-11	39.8	0.000
0		Osumilite-(Mg).	875	2.36E-11	41.2	0.000
4		Oswaldpeetersite.	120,676,197	3.26E-06	4,947,829.6	1.627
4		Oursinite.	97,747,049	2.64E-06	4,116,513.5	1.353
0		Pahasapaite.	402	1.09E-11	19.2	0.000
1		Palmierite.	3,785	1.02E-10	162.8	0.000
0		Panethite.	733	1.98E-11	34.1	0.000
1		Panunzite.	5,764	1.56E-10	270.7	0.000
0		Parakuzmenkoite-Fe.	738	1.99E-11	34.1	0.000

1		Paralabuntsovite-Mg.	2,186	5.91E-11	102.7	0.000
0		Paranatrolite.	627	1.69E-11	30.0	0.000
4		Paraschoepite.	132,296,716	3.58E-06	5,320,653.4	1.749
0		Paratsepinite-Ba.	434	1.17E-11	20.1	0.000
0		Paratsepinite-Na.	363	9.81E-12	16.8	0.000
1		Paraumbite.	4,381	1.18E-10	203.7	0.000
0		Paravinogradovite.	223	6.03E-12	10.5	0.000
2	*	Parisite-(Ce).	1,163,860	3.15E-08	50,156.2	0.016
2	*	Parisite-(Nd).	1,198,456	3.24E-08	51,570.1	0.017
0		Parsettensite.	206	5.57E-12	9.7	0.000
4		Parsonsite.	46,800,445	1.26E-06	1,889,797.0	0.621
0		Paulingite-Ca.	928	2.51E-11	44.8	0.000
0		Paulingite-K.	1,460	3.95E-11	70.8	0.000
0		Paulingite-Na.	505	1.36E-11	24.5	0.000
0		Paulkerrite.	1,099	2.97E-11	52.9	0.000
2	*	Peprossite-(Ce).	768,221	2.08E-08	33,934.0	0.011
2	*	Percleveite-(Ce).	1,336,753	3.61E-08	56,880.1	0.019
1		Perlialite.	3,131	8.46E-11	147.9	0.000
0		Perraultite.	335	9.05E-12	15.1	0.000
2		Perrierite-(Ce).	432,894	1.17E-08	18,909.9	0.006
2	*	Petersenite-(Ce).	887,606	2.4E-08	39,054.9	0.013
1	*	Petersite-(Y).	136,397	3.69E-09	6,219.1	0.002
4		Petscheckite.	65,378,032	1.77E-06	2,675,159.5	0.880
1		Pezzottaite.	4,642	1.25E-10	213.0	0.000
0		Pharmacosiderite.	1,356	3.66E-11	62.7	0.000
0		Phillipsite-Ca.	1,080	2.92E-11	52.0	0.000
0		Phillipsite-K.	1,434	3.88E-11	69.0	0.000
0		Phillipsite-Na.	1,094	2.96E-11	52.7	0.000
1		Phlogopite.	2,826	7.64E-11	133.5	0.000
2	*	Phosinaite-(Ce).	260,818	7.05E-09	11,993.0	0.004
0		Phosphofibrite.	474	1.28E-11	22.2	0.000
0		Phosphovanadylite.	149	4.03E-12	7.1	0.000
4		Phosphowalpurkite.	27,860,008	7.53E-07	1,116,706.6	0.367
4		Phosphuranylite.	114,078,263	3.08E-06	4,687,518.4	1.541
4		Phuralumite.	95,661,484	2.59E-06	4,077,388.0	1.341
4		Phurcalite.	103,224,413	2.79E-06	4,318,872.8	1.420
1		Picromerite.	5,883	1.59E-10	286.6	0.000
4		Piretite.	102,736,531	2.78E-06	4,215,228.7	1.386
1		Pitiglianoite.	2,230	6.03E-11	105.1	0.000
1		Piypite.	5,731	1.55E-10	264.0	0.000
3	*	Plumbobetafite.	20,084,199	5.43E-07	841,646.7	0.277
3		Plumbomicrolite.	10,716,193	2.9E-07	425,848.8	0.140
3		Plumbopyrochlore.	8,803,095	2.38E-07	366,187.6	0.120
1		Pollucite.	10,687	2.89E-10	484.8	0.000
2		Polyakovite-(Ce).	828,034	2.24E-08	35,842.9	0.012
3		Polycrase-(Y).	14,211,312	3.84E-07	603,860.0	0.199
1		Polyhalite.	3,930	1.06E-10	187.5	0.000
1		Polythionite.	3,014	8.15E-11	141.9	0.000
1		Ponomarevite.	6,067	1.64E-10	273.7	0.000
0		Potassic-carpholite.	1,010	2.73E-11	47.4	0.000
0		Potassic-chlorohastingsite.	715	1.93E-11	33.3	0.000
0		Potassic-chloropargasite.	764	2.06E-11	35.8	0.000
0		Potassic-fluororichterite.	1,065	2.88E-11	50.3	0.000
0		Potassic-magnesiumsadana-gaite.	987	2.67E-11	46.5	0.000



0		Potassicarvedsonite.	1,215	3.28E-11	56.6	0.000
0		Potassicferrisadanagaite.	931	2.52E-11	43.5	0.000
0		Potassicleakeite.	811	2.19E-11	38.0	0.000
0		Potassicpargasite.	653	1.76E-11	30.8	0.000
0		Potassicrichterite.	1,067	2.88E-11	50.5	0.000
0		Potassicsadanagaite.	919	2.48E-11	43.0	0.000
1		Potassium-alum.	2,497	6.75E-11	124.3	0.000
0		Poudreiteite.	1,298	3.51E-11	61.5	0.000
0		Povondraite.	256	6.92E-12	11.9	0.000
0		Priderite.	1,490	4.03E-11	67.1	0.000
4		Protasite.	117,974,336	3.19E-06	4,687,272.5	1.541
4		Przhevalskite.	84,432,564	2.28E-06	3,441,926.0	1.132
4		Pseudo-autunite.	73,065,938	1.97E-06	3,210,037.5	1.055
1		Pseudocotunnite.	5,546	1.5E-10	232.4	0.000
4		Pseudojohannite.	92,946,949	2.51E-06	3,929,728.7	1.292
1	*	Pyatenkoite-(Y).	87,173	2.36E-09	4,095.4	0.001
1		Pyrocoprite.	6,071	1.64E-10	284.5	0.000
1		Pyrophosphite.	8,108	2.19E-10	380.5	0.000
0		Quadridavyne.	1,503	4.06E-11	70.4	0.000
4		Rabbittite.	57,361,606	1.55E-06	2,603,596.7	0.856
4		Rabejacite.	111,943,575	3.03E-06	4,635,795.1	1.524
5		Radiobarite.	31,847,200,	0.000861	1,351,539.3	444.342
4		Rameauite.	126,022,252	3.41E-06	5,088,214.9	1.673
0		Rankamaite.	435	1.18E-11	18.0	0.000
4		Ranunculite.	82,560,564	2.23E-06	3,595,714.8	1.182
0		Rastsvetaevite.	1,563	4.22E-11	73.0	0.000
1		Rasvumite.	4,796	1.3E-10	220.1	0.000
4		Rauvite.	46,672,943	1.26E-06	2,069,413.1	0.680
0		Rectorite.	151	4.08E-12	7.2	0.000
2	*	Remondite-(Ce).	819,050	2.21E-08	36,248.8	0.012
2	*	Remondite-(La).	739,775	2E-08	32,858.0	0.011
4		Renardite.	101,968,245	2.76E-06	4,148,546.0	1.364
1	*	Rengeite.	15,226	4.12E-10	678.6	0.000
2	*	Retzian-(Ce).	686,869	1.86E-08	29,920.7	0.010
2	*	Retzian-(La).	709,605	1.92E-08	30,949.2	0.010
2	*	Retzian-(Nd).	694,829	1.88E-08	30,270.8	0.010
0		Reyerite.	471	1.27E-11	22.5	0.000
2	*	Rhabdophane-(Ce).	1,238,849	3.35E-08	53,555.7	0.018
2	*	Rhabdophane-(La).	1,236,449	3.34E-08	53,346.7	0.018
2	*	Rhabdophane-(Nd).	1,248,321	3.37E-08	53,990.3	0.018
2		Rhenium.	1,020,000	2.76E-08	39,127.0	0.013
0		Rhodesite.	970	2.62E-11	46.8	0.000
0		Rhodizite.	1,141	3.08E-11	52.6	0.000
0		Rhonite.	145	3.92E-12	6.8	0.000
4		Richetite.	118,405,135	3.2E-06	4,653,668.7	1.530
2	*	Rinkite.	382,581	1.03E-08	17,466.0	0.006
1		Rinneite.	8,693	2.35E-10	396.9	0.000
0		Roedderite.	574	1.55E-11	27.1	0.000
4		Romanite.	70,011,733	1.89E-06	2,881,544.6	0.947
1		Ronneburgite.	4,313	1.17E-10	195.0	0.000
2	*	Rontgenite-(Ce).	1,096,780	2.96E-08	47,585.8	0.016
1		Roscoelite.	2,882	7.79E-11	135.6	0.000
4		Roubaultite.	106,939,612	2.89E-06	4,396,767.6	1.446
1		Rubicline.	183,355	4.96E-09	8,449.3	0.003
4		Rutherfordine.	129,098,201	3.49E-06	5,140,998.0	1.690

4		Sabugalite.	95,949,656	2.59E-06	4,084,841.4	1.343
0		Sacrofanite.	1,419	3.84E-11	66.9	0.000
0		Sadanagaite.	953	2.58E-11	44.7	0.000
2	*	Sahamalite-(Ce).	1,136,224	3.07E-08	49,262.2	0.016
4		Saleeite.	91,191,389	2.46E-06	3,922,094.0	1.289
4	*	Samarskite-(Y).	28,742,543	7.77E-07	1,202,299.5	0.395
0		Sampleite.	406	1.1E-11	18.8	0.000
1		Sanidine.	3,239	8.75E-11	152.9	0.000
1		Santite.	4,040	1.09E-10	194.2	0.000
3		Saryarkite-(Y).	3,372,852	9.12E-08	157,528.7	0.052
0		Satimolite.	1,413	3.82E-11	68.1	0.000
4		Sayrite.	108,326,397	2.93E-06	4,249,242.3	1.397
2	*	Sazhinite-(Ce).	483,116	1.31E-08	22,309.6	0.007
4		Schmitterite.	95,611,973	2.58E-06	3,759,848.4	1.236
4		Schoepite.	130,472,133	3.53E-06	5,270,031.4	1.733
4		Schrockingerite.	47,954,369	1.3E-06	2,189,746.4	0.720
2	*	Schullingite-(Nd).	393,275	1.06E-08	17,076.8	0.006
4		Sedovite.	76,370,064	2.06E-06	3,128,855.5	1.029
4		Seelite-1.	68,630,605	1.85E-06	2,984,809.8	0.981
4		Seelite-2.	77,727,707	2.1E-06	3,368,031.5	1.107
2	*	Seidite-(Ce).	429,161	1.16E-08	19,732.2	0.006
0		Selwynite.	1,758	4.75E-11	80.6	0.000
2	*	Semenovite.	322,792	8.72E-09	14,789.8	0.005
0		Senekevichite.	1,449	3.92E-11	66.7	0.000
4		Sengierite.	84,780,486	2.29E-06	3,566,750.3	1.173
4	*	Shabaite-(Nd).	44,526,785	1.2E-06	1,931,331.0	0.635
0		Shafranovskite.	2,005	5.42E-11	94.8	0.000
4		Sharpite.	119,660,032	3.23E-06	4,875,520.9	1.603
1		Shcherbakovite.	3,461	9.35E-11	159.3	0.000
1		Shibkovite.	2,208	5.97E-11	103.2	0.000
1		Shirokshinite.	2,814	7.61E-11	132.4	0.000
1		Shirozulite.	2,219	6E-11	103.0	0.000
1		Siderophyllite.	2,443	6.6E-11	113.2	0.000
0		Sigismundite.	53	1.43E-12	2.4	0.000
0		Sitinakite.	1,800	4.86E-11	83.4	0.000
4		Sklodowskite.	99,244,062	2.68E-06	4,205,041.9	1.382
0		Sobotkite.	268	7.24E-12	12.9	0.000
4		Soddyite.	127,534,099	3.45E-06	5,126,248.4	1.685
0		Sodic-ferripedrizite.	44	1.19E-12	2.1	0.000
4		Sodium%20meta-autunite.	94,463,795	2.55E-06	4,009,172.7	1.318
4		Sodium-autunite.	92,614,224	2.5E-06	3,949,575.8	1.298
4		Sodium-boltwoodite.	122,400,715	3.31E-06	4,956,281.9	1.629
0		Sodium-pharmacosiderite.	656	1.77E-11	30.4	0.000
4		Sodium-uranospinite.	89,466,276	2.42E-06	3,734,849.5	1.228
4		Sodium-zippeite.	103,977,663	2.81E-06	4,374,078.5	1.438
0		Sogdianite.	1,694	4.58E-11	79.1	0.000
0		Sosedkoite.	730	1.97E-11	29.6	0.000
0		Spheniscidite.	1,147	3.1E-11	54.5	0.000
0		Spodiophyllite.	1,301	3.52E-11	61.0	0.000
4		Spriggite.	105,787,479	2.86E-06	4,126,729.2	1.357
3		Steaeyite.	11,331,574	3.06E-07	506,988.4	0.167
2		Steenstrupine-(Ce).	827,017	2.24E-08	36,882.9	0.012
2	*	Stilwellite-(Ce).	1,149,425	3.11E-08	49,647.9	0.016
0		Stipnomelane.	671	1.81E-11	31.4	0.000
0		Straczekite.	673	1.82E-11	30.6	0.000

4		Strelkinite.	92,222,823	2.49E-06	3,878,241.8	1.275
2	*	Strontiochevkinite.	283,906	7.67E-09	12,568.1	0.004
1		Struvite-K.	4,446	1.2E-10	219.3	0.000
4		Studtite.	113,896,232	3.08E-06	4,755,437.1	1.563
0		Sugilite.	1,152	3.11E-11	54.1	0.000
0		Surkhobite.	328	8.86E-12	14.8	0.000
0		Sveite.	1,230	3.32E-11	59.8	0.000
4		Swamboite.	100,855,617	2.73E-06	4,293,994.5	1.412
4		Swartzite.	58,316,321	1.58E-06	2,660,578.8	0.875
1		Sylvite.	15,891	4.29E-10	730.8	0.000
2	*	Synchysite-(Ce).	983,233	2.66E-08	43,122.9	0.014
2	*	Synchysite-(Nd).	999,266	2.7E-08	43,855.6	0.014
1		Syngenite.	7,214	1.95E-10	343.1	0.000
2	*	Tadzhikite-(Ce).	471,292	1.27E-08	21,397.1	0.007
1	*	Tadzhikite-(Y).	158,494	4.28E-09	7,270.4	0.002
1		Tainiolite.	2,925	7.91E-11	137.6	0.000
0		Tamaite.	209	5.65E-12	9.8	0.000
1	*	Tantaloeschynite-(Y).	188,409	5.09E-09	7,723.3	0.003
1	*	Tanteuxenite-(Y).	65,274	1.76E-09	2,697.0	0.001
1		Taranakite.	2,648	7.16E-11	128.5	0.000
1		Tarapacaite.	12,201	3.3E-10	562.5	0.000
2		Tarkianite.	558,249	1.51E-08	23,197.4	0.008
0		Taseqite.	1,903	5.14E-11	87.1	0.000
0		Telyushenkoite.	647	1.75E-11	30.1	0.000
4		Tengchongite.	112,306,390	3.04E-06	4,586,014.0	1.508
0		Terranovaite.	43	1.16E-12	2.1	0.000
1		Tetra-ferri-annite.	2,288	6.18E-11	106.4	0.000
1		Tetra-ferriphlogopite.	2,655	7.18E-11	125.3	0.000
2	*	Thomasclarkite-(Y).	770,087	2.08E-08	35,249.1	0.012
3		Thorbastnasite.	20,415,521	5.52E-07	868,711.5	0.286
4		Thorianite.	39,370,657	1.06E-06	1,505,305.2	0.495
4		Thorite.	32,072,280	8.67E-07	1,281,657.3	0.421
3		Thornasite.	9,142,865	2.47E-07	418,148.6	0.137
4		Thorogummite.	32,312,076	8.73E-07	1,291,328.7	0.425
3		Thorosteenstrupine.	13,123,882	3.55E-07	591,737.7	0.195
4		Thorutite.	54,247,084	1.47E-06	2,271,069.4	0.747
4		Threadgoldite.	92,815,026	2.51E-06	3,966,721.4	1.304
1		Tiettaite.	4,012	1.08E-10	191.7	0.000
1		Tinaksite.	3,152	8.52E-11	148.5	0.000
1		Tinsleyite.	3,525	9.53E-11	167.8	0.000
1		Tiptopite.	2,856	7.72E-11	133.6	0.000
1	*	Titanite.	81,848	2.21E-09	3,805.8	0.001
0		Tobelite.	630	1.7E-11	30.1	0.000
0		Todorokite.	41	1.11E-12	1.9	0.000
1		Tokkoite.	3,123	8.44E-11	148.2	0.000
2	*	Tombarthite-(Y).	434,950	1.18E-08	19,942.1	0.007
4		Torbernite.	85,926,480	2.32E-06	3,705,085.4	1.218
2	*	Tornebohmite-(Ce).	1,235,973	3.34E-08	53,211.2	0.017
2	*	Tornebohmite-(La).	1,231,123	3.33E-08	52,888.1	0.017
0		Tounkite.	1,574	4.25E-11	74.2	0.000
0		Trattnerite.	82	2.22E-12	3.9	0.000
4		Triangulite.	99,314,284	2.68E-06	4,155,876.6	1.366
1		Trikalsilite.	5,764	1.56E-10	270.7	0.000
1		Trilithionite.	2,968	8.02E-11	138.8	0.000
2	*	Trimounsite-(Y).	340,628	9.21E-09	15,005.9	0.005

4		Trisramite.	55,020,734	1.49E-06	2,468,739.0	0.812
2		Tritomite-(Ce).	1,979,327	5.35E-08	85,580.7	0.028
2	*	Tritomite-(Y).	448,596	1.21E-08	19,858.6	0.007
4		Trogerite.	88,393,691	2.39E-06	3,737,526.0	1.229
0		Tschortnerite.	291	7.86E-12	13.8	0.000
0		Tsepinite-Ca.	553	1.49E-11	26.0	0.000
0		Tsepinite-K.	1,658	4.48E-11	76.8	0.000
0		Tsepinite-Na.	395	1.07E-11	18.5	0.000
0		Tuhualite.	434	1.17E-11	20.3	0.000
3		Tuliokite.	10,656,925	2.88E-07	470,300.7	0.155
2	*	Tundrite-(Ce).	1,020,362	2.76E-08	44,365.0	0.015
2	*	Tundrite-(Nd).	1,032,532	2.79E-08	44,921.9	0.015
3		Turkestanite.	9,457,327	2.56E-07	431,084.0	0.142
0		Tuscanite.	968	2.62E-11	45.9	0.000
4		Tyuyamunite.	92,815,635	2.51E-06	3,909,005.2	1.285
4		Ulrichite.	67,028,698	1.81E-06	2,922,418.6	0.961
1		Umbite.	1.54E-10	1.54E-10	263.8	0.000
3		Umbozerite.	8,209,815	2.22E-07	361,240.0	0.119
4		Umohoite.	95,109,413	2.57E-06	3,882,184.2	1.276
1		Ungemachite.	3,049	8.24E-11	144.7	0.000
4		Upalite.	107,764,301	2.91E-06	4,482,147.9	1.474
4		Uramphite.	97,480,643	2.63E-06	4,163,137.1	1.369
4		Uranocalcarite.	119,878,341	3.24E-06	4,904,035.4	1.612
4		Uraninite.	157,788,142	4.26E-06	6,010,359.6	1.976
4		Uranmicrolite.	48,987,270	1.32E-06	1,972,636.3	0.649
4		Uranocircite.	78,646,675	2.13E-06	3,359,656.5	1.105
4		Uranophane.	72,663,314	1.96E-06	3,210,163.9	1.055
4		Uranophane-beta.	108,645,930	2.94E-06	4,485,425.4	1.475
4		Uranopilite.	121,590,798	3.29E-06	4,990,065.8	1.641
4		Uranopolycrase.	63,987,397	1.73E-06	2,647,116.3	0.870
4		Uranosilite.	60,297,385	1.63E-06	2,649,369.5	0.871
4		Uranospathite.	77,166,041	2.09E-06	3,440,652.7	1.131
4		Uranosphaerite.	80,693,218	2.18E-06	3,143,806.0	1.034
4		Uranospinite.	82,084,889	2.22E-06	3,509,216.6	1.154
4		Uranotungstite.	72,986,104	1.97E-06	3,087,526.5	1.015
4	*	Uranpyrochlore.	31,952,933	8.64E-07	1,325,810.9	0.436
4		Ursilite.	75,368,791	2.04E-06	3,291,772.1	1.082
4		Uvanite.	61,397,000	1.66E-06	2,696,324.9	0.886
0		Vanadiumdravite.	107	2.89E-12	4.9	0.000
4		Vandenbrandeite.	106,092,745	2.87E-06	4,352,565.8	1.431
4		Vandendriesscheite.	121,282,828	3.28E-06	4,827,382.9	1.587
4		Vanmeersscheite.	120,686,526	3.26E-06	4,916,119.9	1.616
4		Vanuralite.	84,196,355	2.28E-06	3,628,690.5	1.193
4		Vanuranylite.	95,222,136	2.57E-06	3,966,375.9	1.304
2	*	Vastmanlandite-(Ce).	887,920	2.4E-08	39,314.4	0.013
3		Vicanite-(Ce).	4,068,978	1.1E-07	176,486.0	0.058
1	*	Vigezzite.	168,647	4.56E-09	7,219.4	0.002
0		Vinogradovite.	364	9.84E-12	16.9	0.000
0		Vishnevite.	1,138	3.08E-11	53.6	0.000
2	*	Vitusite-(Ce).	786,738	2.13E-08	34,715.3	0.011
4		Vochtenite.	94,367,869	2.55E-06	3,993,569.1	1.313
4		Voglite.	55,925,328	1.51E-06	2,495,819.8	0.821
0		Volkovskite.	1,914	5.17E-11	92.2	0.000
0		Voltaite.	1,168	3.16E-11	55.6	0.000
0		Vuoriyarvite-K.	1,810	4.89E-11	84.1	0.000



4		Vyacheslavite.	107,853,747	2.91E-06	4,498,259.4	1.479
2	*	Vyuntspakhkite-(Y).	568,218	1.54E-08	25,139.9	0.008
1		Wadeite.	5,958	1.61E-10	274.0	0.000
2	*	Wakefieldite-(Ce).	668,047	1.81E-08	27,671.4	0.009
0		Walkerite.	31	8.38E-13	1.5	0.000
4		Walpurgite.	28,714,589	7.76E-07	1,146,366.6	0.377
0		Watatsumiite.	1,230	3.32E-11	57.0	0.000
4		Weeksite.	86,962,008	2.35E-06	3,658,433.9	1.203
4		Widenmannite.	49,287,883	1.33E-06	1,965,698.0	0.646
1		Willhendersonite.	2,250	6.08E-11	108.3	0.000
0		Winchite.	143	3.86E-12	6.8	0.000
4		Wolsendorfitite.	107,375,584	2.9E-06	4,226,518.1	1.390
0		Wonesite.	294	7.95E-12	13.9	0.000
4		Wyartite.	121,307,691	3.28E-06	4,943,359.9	1.625
2	*	Xenotime-(Yb).	1,446,243	3.91E-08	60,129.1	0.020
4		Xiangjiangite.	88,906,705	2.4E-06	3,845,082.5	1.264
0		Yagiite.	446	1.21E-11	21.1	0.000
0		Yakhontovite.	28	7.57E-13	1.3	0.000
1		Yavapaiite.	4,127	1.12E-10	193.1	0.000
2	*	Yfite-(Y).	244,488	6.61E-09	10,663.2	0.004
0		Yimengite.	1,273	3.44E-11	57.9	0.000
4		Yingjiangite.	114,381,736	3.09E-06	4,679,031.7	1.538
3		Yttrialite-(Y).	12,448,137	3.36E-07	532,369.7	0.175
3		Yttrobetafite-(Y).	12,124,561	3.28E-07	519,736.6	0.171
2	*	Yttrocerite.	331,384	8.96E-09	14,495.4	0.005
4		Yttrocolumbite-(Y).	28,728,659	7.76E-07	1,204,680.9	0.396
3		Yttrocrasite-(Y).	17,782,956	4.81E-07	784,722.6	0.258
3		Yttropyrochlore-(Y).	18,687,600	5.05E-07	797,004.7	0.262
3		Yttrotantalite-(Y).	13,494,398	3.65E-07	558,049.4	0.183
2	*	Yttrotungstite-(Ce).	369,642	9.99E-09	15,150.5	0.005
0		Yuksporite.	1,861	5.03E-11	86.6	0.000
2	*	Zajacite-(Ce).	822,795	2.22E-08	36,050.0	0.012
4		Zellerite.	81,905,281	2.21E-06	3,568,852.7	1.173
0		Zemkorite.	1,636	4.42E-11	77.1	0.000
0		Zeravshanite.	11	2.97E-13	0.5	0.000
4		Zeunerite.	80,270,277	2.17E-06	3,420,590.6	1.125
2	*	Zhonghuacerite-(Ce).	511,479	1.38E-08	21,338.8	0.007
0		Zimbabweite.	395	1.07E-11	16.3	0.000
4		Zinc-zippeite.	102,361,419	2.77E-06	4,301,607.9	1.414
0		Zincovoltaitite.	1,141	3.08E-11	54.2	0.000
1		Zinnwaldite.	2,710	7.32E-11	126.4	0.000
4		Zippeite.	110,819,468	3E-06	4,565,950.8	1.501
1	*	Zirconolite.	172,512	4.66E-09	7,667.0	0.003
2		Zirconolite-3O.	1,617,638	4.37E-08	71,633.7	0.024
0		Zircophyllite.	1,415	3.82E-11	64.8	0.000
3		Zirkelite.	2,715,915	7.34E-08	119,140.1	0.039
1	*	Zirsilite-(Ce).	213,321	5.77E-09	9,787.1	0.003
4		Znucalite.	26,274,264	7.1E-07	1,185,087.1	0.390
2	*	Zugshunsite-(Ce).	474,205	1.28E-08	22,523.4	0.007

0



## La part de l'uranium en % d'un minéral.

88.00	Uraninite	UO <sub>2</sub>
78.29	Ianthinite	(UO <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> (UO <sub>3</sub> ) <sub>10</sub> (H <sub>2</sub> O)
76.04	Metaschoepite	UO <sub>3</sub> ·n(H <sub>2</sub> O)(n<2)
73.91	Paraschoepite	UO <sub>3</sub> ·2(H <sub>2</sub> O)(?)
72.89	Schoepite	(UO <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> O <sub>2</sub> (OH) <sub>12</sub> ·12(H <sub>2</sub> O)
72.63	Coffinite	U(SiO <sub>4</sub> ) <sub>1-x</sub> (OH) <sub>4x</sub>
72.48	Becquerelite	Ca(UO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> O <sub>4</sub> (OH) <sub>6</sub> ·8(H <sub>2</sub> O)
72.26	Meta-uranopilite	(UO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> (SO <sub>4</sub> )(OH) <sub>10</sub> ·5(H <sub>2</sub> O)
72.12	Rutherfordine	UO <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> )
71.57	Billietite	Ba(UO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> O <sub>4</sub> (OH) <sub>6</sub> ·8(H <sub>2</sub> O)
71.48	Agrinierite	(K <sub>2</sub> ,Ca,Sr)U <sub>3</sub> O <sub>10</sub> ·4(H <sub>2</sub> O)
71.25	Soddyite	(UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> ·2(H <sub>2</sub> O)
71.11	Compreignacite	K <sub>2</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> O <sub>4</sub> (OH) <sub>6</sub> ·8(H <sub>2</sub> O)
70.41	Metastudtite	UO <sub>4</sub> ·2(H <sub>2</sub> O)
70.40	Rameauite	K <sub>2</sub> CaU <sup>+++++</sup> (H <sub>2</sub> O)
69.79	Jachymovite	(UO <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> (SO <sub>4</sub> )(OH)
69.58	Metacalcouranoite	(Ca,Na,Ba)U <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ·2(H <sub>2</sub> O)
69.56	Metavandendriesscheite	PbU <sub>7</sub> O <sub>22</sub> ·n(H <sub>2</sub> O)(n<12)
69.19	Metavanmeersscheite	U <sup>+++++</sup> (UO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub> ·2(H <sub>2</sub> O)
68.39	Blatonite	UO <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ·(H <sub>2</sub> O)
68.38	Sodium-boltwoodite	(H <sub>3</sub> O)(Na,K)(UO <sub>2</sub> )SiO <sub>4</sub> ·(H <sub>2</sub> O)
67.93	Uranopilite	[(UO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sub>8</sub> (H <sub>2</sub> O)
67.77	Wyartite	Ca <sub>3</sub> U <sup>++++</sup> (UO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>18</sub> ·3·5(H <sub>2</sub> O)
67.76	Vandendriesscheite	Pb(UO <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> O <sub>6</sub> (OH) <sub>11</sub> ·11(H <sub>2</sub> O)
67.42	Vanmeersscheite	U <sup>+++++</sup> (UO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub> ·4(H <sub>2</sub> O)
67.42	Oswaldpeetersite	(UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub> ·4(H <sub>2</sub> O)
67.21	Clarkeite	(Na,Ca,Pb)(UO <sub>2</sub> )O(OH) <sub>0-1</sub> (H <sub>2</sub> O)
66.97	Uranalcarite	Ca(UO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> (CO <sub>3</sub> )(OH) <sub>6</sub> ·3(H <sub>2</sub> O)
66.85	Sharpite	Ca(UO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub> ·6(H <sub>2</sub> O)
66.83	Lepersonnite-(Gd)	CaGd <sub>2</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>24</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>8</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> ·48(H <sub>2</sub> O)
66.15	Richetite	PbU <sup>+++++</sup> 4O <sub>13</sub> ·4(H <sub>2</sub> O)
65.91	Protasite	Ba(UO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> O <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub> ·3(H <sub>2</sub> O)
65.02	Joliotite	(UO <sub>2</sub> )(CO <sub>3</sub> ) <sub>n</sub> (H <sub>2</sub> O), (n=2?)
64.68	Lermontovite	U <sup>++++</sup> (PO <sub>4</sub> )(OH)·(H <sub>2</sub> O)(?)
64.53	Fourmarierite	Pb(UO <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> O <sub>3</sub> (OH) <sub>4</sub> ·4(H <sub>2</sub> O)
63.90	Yingjiangite	(K <sub>2</sub> ,Ca)(UO <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>6</sub> ·6(H <sub>2</sub> O)
63.73	Phosphuranylite	KCa(H <sub>3</sub> O) <sub>3</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> O <sub>4</sub> ·8(H <sub>2</sub> O)
63.63	Studtite	UO <sub>4</sub> ·4(H <sub>2</sub> O)
63.34	Curite	Pb <sub>3+x</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> [(UO <sub>2</sub> ) <sub>4+x</sub> (OH) <sub>3-x</sub> ] <sub>2</sub> ·x-0.5
62.74	Tengchongite	CaU <sup>+++++</sup> 6Mo <sup>+++++</sup> 2O <sub>25</sub> ·12(H <sub>2</sub> O)
62.54	Rabejacite	Ca(UO <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub> ·6(H <sub>2</sub> O)
62.41	Fontanite	Ca(UO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ·3(H <sub>2</sub> O)
61.91	Masuyite	Pb[(UO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> O <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub> ] <sub>3</sub> (H <sub>2</sub> O)
61.91	Zippeite	K <sub>4</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH) <sub>10</sub> ·4(H <sub>2</sub> O)

61.26	Francoisite-(Nd)	(Nd,Y,Sm,Ce)(UO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> O(OH) <sub>6</sub> (H <sub>2</sub> O)
61.13	Mundite	Al(UO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> ·5(H <sub>2</sub> O)
60.58	Calciouranoite	(Ca,Ba,Pb)U <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ·5(H <sub>2</sub> O)
60.52	Sayrite	Pb <sub>2</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> O <sub>6</sub> (OH) <sub>2</sub> ·4(H <sub>2</sub> O)
60.48	Arsenuranylite	Ca(UO <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>4</sub> ·6(H <sub>2</sub> O)
60.42	Chadwickite	(UO <sub>2</sub> )H(AsO <sub>3</sub> )
60.25	Vyacheslavite	U <sup>++++</sup> (PO <sub>4</sub> )(OH) <sub>2</sub> ·5(H <sub>2</sub> O)
60.20	Upalite	Al(UO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> O(OH) <sub>7</sub> (H <sub>2</sub> O)
60.10	Haynesite	(UO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> (SeO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> ·5(H <sub>2</sub> O)
59.99	Woisendorfitite	(Pb,Ba,Ca)U <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ·2(H <sub>2</sub> O)
59.74	Roubaultite	Cu <sub>2</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> ·4(H <sub>2</sub> O)
59.27	Vandenbrandeite	Cu(UO <sub>2</sub> )(OH) <sub>4</sub> 401.60
59.13	Magnesium-zippeite	Mg <sub>2</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH) <sub>10</sub> ·16(H <sub>2</sub> O)
59.03	Bauranoite	BaU <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ·4·5(H <sub>2</sub> O)
58.56	IMA2001-056	[Mg <sub>3</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>28</sub> ](UO <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> O <sub>6</sub> (OH) <sub>2</sub>
58.28	Kamotoite-(Y)	(Y,Nd,Gd)U <sup>+++++</sup> 4(CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ·14·5(H <sub>2</sub> O)
58.09	Sodium-zippeite	Na <sub>4</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH) <sub>10</sub> ·4(H <sub>2</sub> O)
57.77	Althupite	ThAl(UO <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>5</sub> ·15(H <sub>2</sub> O)
57.67	Phurcalite	Ca <sub>2</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> O <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·7(H <sub>2</sub> O)
57.49	Nickel-zippeite	Ni <sup>++2</sup> (UO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH) <sub>10</sub> ·16(H <sub>2</sub> O)
57.48	Cobalt-zippeite	Co <sup>++2</sup> (UO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH) <sub>10</sub> ·16(H <sub>2</sub> O)
57.39	Piretite	Ca(UO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> (SeO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>4</sub> ·4(H <sub>2</sub> O)
57.19	Zinc-zippeite	Zn <sup>++2</sup> (UO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH) <sub>10</sub> ·16(H <sub>2</sub> O)
56.97	Renardite	Pb(UO <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>4</sub> ·7(H <sub>2</sub> O)
56.71	Kamitugaite	PbAl(UO <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>9</sub> ·9·5(H <sub>2</sub> O)
56.34	Swamboite	U <sup>+++++</sup> H <sub>6</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> ·30(H <sub>2</sub> O)
55.80	Kivuite *	(Th,Ca,Pb)H <sub>2</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>8</sub> ·7(H <sub>2</sub> O)
55.48	Triangulite	Al <sub>3</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>5</sub> ·5(H <sub>2</sub> O)
55.47	Guilleminite	Ba(UO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> (SeO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ·3(H <sub>2</sub> O)
55.45	Boltwoodite	HK(UO <sub>2</sub> )(SiO <sub>4</sub> )·1.5(H <sub>2</sub> O)
55.44	Sklodowskite	(H <sub>3</sub> O) <sub>2</sub> Mg(UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·4(H <sub>2</sub> O)
55.24	Cuprosklodowskite	Cu[(UO <sub>2</sub> )(SiO <sub>2</sub> OH)] <sub>2</sub> ·6(H <sub>2</sub> O)
55.10	Metatyuyamunitite	Ca(UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> V <sub>2</sub> O <sub>8</sub> ·3(H <sub>2</sub> O)
54.78	Marthozite	Cu[(UO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> (SeO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ] <sub>8</sub> (H <sub>2</sub> O)
54.61	Oursinite	(Co,Mg)(H <sub>3</sub> O) <sub>2</sub> [(UO <sub>2</sub> )SiO <sub>4</sub> ] <sub>2</sub> ·3(H <sub>2</sub> O)
54.46	Uramphite	(NH <sub>4</sub> )(UO <sub>2</sub> )(PO <sub>4</sub> )·3(H <sub>2</sub> O)
54.34	Deliensite	Fe <sup>++</sup> (UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> ·3(H <sub>2</sub> O)
54.34	Chernikovite	(H <sub>3</sub> O) <sub>2</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·6(H <sub>2</sub> O)
53.88	Bijvoetite-(Y)	(Y,REE) <sub>8</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>25</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> O <sub>8</sub> (OH) <sub>8</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>16</sub> ·14(H <sub>2</sub> O)
53.60	Sabugalite	HAl(UO <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> ·16(H <sub>2</sub> O)
53.44	Phuralumite	Al <sub>2</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub> ·10(H <sub>2</sub> O)
53.41	Schmitterite	(UO <sub>2</sub> )TeO <sub>3</sub>
53.28	Orthobrannerite	U <sup>++++</sup> U <sup>+++++</sup> Ti <sub>4</sub> O <sub>12</sub> (OH)
53.13	Umohoite	[(UO <sub>2</sub> )MoO <sub>4</sub> ] <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O

52.77	Sodium meta-autunite	$\text{Na}_2(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 6\text{-}8(\text{H}_2\text{O})$
52.77	Carnotite	$\text{K}_2(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8 \cdot 3(\text{H}_2\text{O})$
52.72	Vochtenite	$(\text{Fe}^{++}, \text{Mg})\text{Fe}^{+++}[(\text{UO}_2)(\text{PO}_4)]_4(\text{OH}) \cdot 12\text{-}13(\text{H}_2\text{O})$
51.96	Meta-ankoleite	$\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 6(\text{H}_2\text{O})$
51.93	IMA2000-019	$\text{Cu}_5(\text{UO}_2)_6(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{16} \cdot 14(\text{H}_2\text{O})$
51.85	Tyuyamunite	$\text{Ca}(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8 \cdot 5\text{-}8(\text{H}_2\text{O})$
51.85	Threadgoldite	$\text{Al}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH}) \cdot 8(\text{H}_2\text{O})$
51.74	Sodium-autunite	$\text{Na}_2(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8(\text{H}_2\text{O})$
51.57	Bergenite	$(\text{Ba}, \text{Ca})_2(\text{UO}_2)_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4 \cdot 5\text{-}5(\text{H}_2\text{O})$
51.52	Strelkinite	$\text{Na}_2(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8 \cdot 6(\text{H}_2\text{O})$
51.50	Ningyoite	$(\text{U}, \text{Ca}, \text{Ce})_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 1\text{-}2(\text{H}_2\text{O})$
51.24	Lehnerite	$\text{Mn}[(\text{UO}_2/\text{PO}_4)]_2 \cdot 8(\text{H}_2\text{O})$
51.19	Bassetite	$\text{Fe}^{++}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8(\text{H}_2\text{O})$
50.94	Saleeite	$\text{Mg}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10(\text{H}_2\text{O})$
50.77	Metatorbernite	$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8(\text{H}_2\text{O})$
50.10	Metanovacekite	$\text{Mg}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 4\text{-}8(\text{H}_2\text{O})$
49.98	Sodium-uranospinite	$(\text{Na}_2, \text{Ca})(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 5(\text{H}_2\text{O})$
49.69	Metavanuralite»	» $\text{Al}(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2(\text{OH}) \cdot 8(\text{H}_2\text{O})$ »
49.67	Xiangjiangite	$(\text{Fe}^{+++}, \text{Al})(\text{UO}_2)_4(\text{PO}_4)_2(\text{SO}_4)_2(\text{OH}) \cdot 22(\text{H}_2\text{O})$
49.38	Trogerite	$\text{H}_2(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8(\text{H}_2\text{O})$
49.18	Dewindtite	$\text{Pb}_3[\text{H}(\text{UO}_2)_3\text{O}_2(\text{PO}_4)_2]_2 \cdot 12(\text{H}_2\text{O})$
49.16	Metazellerite	$\text{Ca}(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_2 \cdot 3(\text{H}_2\text{O})$
48.88	Johannite	$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 8(\text{H}_2\text{O})$
48.84	Margaritasite	$(\text{Cs}, \text{K}, \text{H}_3\text{O})_2(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8 \cdot (\text{H}_2\text{O})$
48.64	Francevillite	$(\text{Ba}, \text{Pb})(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8 \cdot 5(\text{H}_2\text{O})$
48.58	Weeksite	$\text{K}_2[(\text{UO}_2)_2(\text{Si}_5\text{O}_{13})] \cdot 1\text{-}4(\text{H}_2\text{O})$
48.53	Vanuranylite ? «	$(\text{H}_3\text{O}, \text{Ba}, \text{Ca}, \text{K})_1 \cdot 6(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8 \cdot 4(\text{H}_2\text{O})(?)$
48.27	Autunite	$\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10\text{-}12(\text{H}_2\text{O})$
48.00	Torbernite	$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{-}12(\text{H}_2\text{O})$
47.92	Meta-uranocircite	$\text{Ba}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 6\text{-}8(\text{H}_2\text{O})$
47.65	Fritzscheite	$\text{Mn}(\text{UO}_2)_2[(\text{V}, \text{P})\text{O}_4]_2 \cdot 4(\text{H}_2\text{O})$
47.58	Haiweeite	$\text{Ca}[(\text{UO}_2)_2\text{Si}_5\text{O}_{12}(\text{OH})_2]_3 \cdot 3(\text{H}_2\text{O})$
47.51	Meta-uranospinite	$\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8(\text{H}_2\text{O})$
47.36	Sengierite	$\text{Cu}_2(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8 \cdot 6(\text{H}_2\text{O})$
47.21	Cousinite	$\text{Mg}_2\text{U}_2\text{Mo}_2\text{O}_{13} \cdot 6(\text{H}_2\text{O})(?)$
47.17	Przhevskite	$\text{Pb}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4(\text{H}_2\text{O})$
47.04	Vanuralite	$\text{Al}(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2(\text{OH}) \cdot 11(\text{H}_2\text{O})$
46.77	Metakahlerite	$\text{Fe}^{++}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8(\text{H}_2\text{O})$
46.63	Metakirchheimerite	$\text{Co}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8(\text{H}_2\text{O})$
46.47	Dumontite	$\text{Pb}_2(\text{UO}_2)_3\text{O}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 5(\text{H}_2\text{O})$
46.42	Metazeunerite	$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8(\text{H}_2\text{O})$
46.12	Ranunculite	$\text{HAl}(\text{UO}_2)(\text{PO}_4)(\text{OH})_3 \cdot 4(\text{H}_2\text{O})$
46.05	Metahaiweeite	$\text{Ca}(\text{UO}_2)_2\text{Si}_6\text{O}_{15} \cdot n(\text{H}_2\text{O}), n < 5$
45.86	Uranospinite	$\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 10(\text{H}_2\text{O})$
45.77	Abernathyite	$\text{K}(\text{UO}_2)(\text{AsO}_4) \cdot 4(\text{H}_2\text{O})$
45.76	Zellerite	$\text{Ca}(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_2 \cdot 5(\text{H}_2\text{O})$
45.71	Calcurmolite	$\text{Ca}(\text{UO}_2)_3(\text{MoO}_4)_3(\text{OH})_2 \cdot 11(\text{H}_2\text{O})$
44.98	Novacekite	$\text{Mg}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 12(\text{H}_2\text{O})$

44.84	Zeunerite	$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 10\text{-}16(\text{H}_2\text{O})$
44.77	Metalodevite	$\text{Zn}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 10(\text{H}_2\text{O})$
44.61	Curienite	$\text{Pb}(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8 \cdot 5(\text{H}_2\text{O})$
44.41	Kahlerite	$\text{Fe}^{++}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 10\text{-}12(\text{H}_2\text{O})$
44.34	Petscheckite	$\text{U}^{++++}\text{Fe}^{++}(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_8$
44.24	Asselbornite	$(\text{Pb}, \text{Ba})(\text{UO}_2)_6(\text{BiO})_4(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_{12} \cdot 3(\text{H}_2\text{O})$
43.96	Hugelite	$\text{Pb}_2(\text{UO}_2)_3(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_4 \cdot 3(\text{H}_2\text{O})$
43.94	Uranocircite	$\text{Ba}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 12(\text{H}_2\text{O})$
43.92	IMA1999-045	$\text{Na}_4(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)$
43.59	Uranosphaerite	$\text{Bi}_2\text{U}_2\text{O}_9 \cdot 3(\text{H}_2\text{O})$
43.42	Seelite-2	$\text{Mg}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_3)_x(\text{AsO}_4)_{1-x} \cdot 7(\text{H}_2\text{O})(x=0\text{-}7)$
43.30	Metaheinrichite	$\text{Ba}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8(\text{H}_2\text{O})$
43.11	Uranospathite	$\text{HAl}(\text{UO}_2)_4(\text{PO}_4)_4 \cdot 40(\text{H}_2\text{O})$
42.66	Sedovite	$\text{U}(\text{MoO}_4)$
42.11	Ursilite *	$(\text{Mg}, \text{Ca})_4[(\text{UO}_2)_4(\text{OH})_5(\text{Si}_2\text{O}_5)_{5.5}] \cdot 13(\text{H}_2\text{O})$
41.27	Heinrichite	$\text{Ba}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 10\text{-}12(\text{H}_2\text{O})$
41.16	Liandratite	$\text{U}^{++++}(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_8$
40.82	Pseudo-autunite ?	$(\text{H}_3\text{O})_4\text{Ca}_2(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_4 \cdot 5(\text{H}_2\text{O})(?)$
40.77	Uranotungstite	$(\text{Fe}^{++}, \text{Ba}, \text{Pb})(\text{UO}_2)_2\text{WO}_4(\text{OH})_4 \cdot 12(\text{H}_2\text{O})$
40.59	Uranophane	$\text{Ca}(\text{UO}_2)_2\text{SiO}_3(\text{OH})_2 \cdot 5(\text{H}_2\text{O})$
40.59	Uranophane-beta	$\text{Ca}(\text{UO}_2)_2\text{SiO}_3(\text{OH})_2 \cdot 5(\text{H}_2\text{O})$
40.53	Kasolite	$\text{Pb}(\text{UO}_2)\text{SiO}_4 \cdot (\text{H}_2\text{O})$
39.93	Arsenuranospathite	$\text{HAl}(\text{UO}_2)_4(\text{AsO}_4)_4 \cdot 40(\text{H}_2\text{O})$
39.13	Grimselite	$\text{K}_3\text{Na}(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3 \cdot (\text{H}_2\text{O})$
38.34	Seelite-1	$\text{Mg}[(\text{UO}_2)(\text{AsO}_3)_x(\text{AsO}_4)_{1-x}]_2 \cdot 7(\text{H}_2\text{O})$
38.15	Moluranite	$\text{H}_4\text{U}^{++++}(\text{UO}_2)_3(\text{MoO}_4)_7 \cdot 18(\text{H}_2\text{O})$
37.91	Iriginite	$(\text{UO}_2)(\text{Mo}^{++++}2\text{O}_7) \cdot 3(\text{H}_2\text{O})$
37.45	Ulrichite	$\text{CaCu}(\text{UO}_2)(\text{PO}_4)_2 \cdot 4(\text{H}_2\text{O})$
36.95	Andersonite	$\text{Na}_2\text{Ca}(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3 \cdot 6(\text{H}_2\text{O})$
34.35	Uranopolyrase	$(\text{U}, \text{Y})(\text{Ti}, \text{Nb}, \text{Ta})$
34.30	Uvanite	$\text{U}^{++++}2\text{V}^{++++}6\text{O}_{21} \cdot 15(\text{H}_2\text{O})$
33.69	Uranosilite	$(\text{U}^{++++}2\text{O}_2)\text{Si}_7\text{O}_{15}$
33.54	Brannerite	$(\text{U}, \text{Ca}, \text{Ce})(\text{Ti}, \text{Fe})_2\text{O}_6$
33.31	Albrechtschraufite	$\text{Ca}_4\text{Mg}(\text{UO}_2)_2(\text{CO}_3)_6\text{F}_2 \cdot 17(\text{H}_2\text{O})$
32.97	Coconinoite	$\text{Fe}^{+++}2\text{Al}_2(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_2 \cdot 18(\text{H}_2\text{O})$
32.68	Liebigite	$\text{Ca}_2(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3 \cdot 11(\text{H}_2\text{O})$
32.58	Swartzite	$\text{CaMg}(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3 \cdot 12(\text{H}_2\text{O})$
32.05	Rabbittite	$\text{Ca}_3\text{Mg}_3(\text{UO}_2)_2(\text{CO}_3)_6(\text{OH})_4 \cdot 18(\text{H}_2\text{O})$
31.24	Voglite	$\text{Ca}_2\text{Cu}(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_4 \cdot 6(\text{H}_2\text{O})$
31.12	Cliffordite	$\text{UTe}_3\text{O}_9$
30.74	Tristramite	$(\text{Ca}, \text{U}^{++++}, \text{Fe}^{+++})(\text{PO}_4, \text{SO}_4)_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})$
30.24	Furongite	$\text{Al}_2(\text{UO}_2)(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_2 \cdot 8(\text{H}_2\text{O})$
28.96	Romanite *	$(\text{Fe}^{2+}, \text{U}, \text{Pb})_2(\text{Ti}, \text{Fe}^{3+})\text{O}_{12}$
28.92	Bayleyite	$\text{Mg}_2(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3 \cdot 18(\text{H}_2\text{O})$
28.73	Moctezumite	$\text{Pb}(\text{UO}_2)(\text{TeO}_3)_2$
27.95	Ashanite ?	$(\text{Nb}, \text{Ta}, \text{U}, \text{Fe}, \text{Mn})$
27.54	Widenmannite	$\text{Pb}_2(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)$

27.37	Uranmicrolite	(U,Ca) <sub>2</sub> (Ta,Nb) <sub>2</sub> O <sub>6</sub> (OH)
27.04	Derriksite	Cu <sub>4</sub> (UO <sub>2</sub> )(SeO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (OH)
26.79	Schrockingerite	Na-Ca <sub>3</sub> (UO <sub>2</sub> )(CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> (SO <sub>4</sub> )F·10(H <sub>2</sub> O)
26.33	Moreauite	Al <sub>3</sub> (UO <sub>2</sub> )(PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub> ·13(H <sub>2</sub> O)
26.15	Parsonsite	Pb <sub>2</sub> (UO <sub>2</sub> )(PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·2(H <sub>2</sub> O)
26.07	Rauvite	Ca(UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> V <sup>++++</sup> 10O <sub>28</sub> ·16(H <sub>2</sub> O)
25.16	Deloryite	Cu <sup>++4</sup> (UO <sub>2</sub> )(MoO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH)
24.74	Hallimondite	Pb <sub>2</sub> (UO <sub>2</sub> )(AsO <sub>4</sub> )
24.54	Shabaite-(Nd)	Ca(Nd,Sm,Y) <sub>2</sub> (UO <sub>2</sub> )(CO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ·6(H <sub>2</sub> O)
24.36	Thorutite	(Th,U,Ca)Ti <sub>2</sub> (O,OH)
24.25	Ishikawaite	(U,Fe,Y,Ca)(Nb,Ta)O <sub>4</sub> (?)
22.26	Astrocyanite-(Ce)	Cu <sup>+2</sup> (Ce,Nd,La,Pr,Sm,Ca,Y) <sub>2</sub> (UO <sub>2</sub> )(CO <sub>3</sub> ) <sub>5</sub> (OH) <sub>2</sub> ·3(H <sub>2</sub> O)
22.04	Mourite	U <sup>+++</sup> Mo <sup>+++++</sup> 5O <sub>12</sub> (OH)
21.92	Demesmaekerite	Pb <sub>2</sub> Cu <sub>5</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (SeO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> (OH) <sub>6</sub> ·2(H <sub>2</sub> O)
18.30	IMA2001-062	(UO <sub>2</sub> )Bi <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> )O <sub>4</sub> ·2(H <sub>2</sub> O)
17.59	Uranpyrochlore	(U,Ca,Ce) <sub>2</sub> (Nb,Ta) <sub>2</sub> O <sub>6</sub> (OH,F)
16.05	Yttrocolumbite-(Y)	(Y,U,Fe <sup>++</sup> )(Nb,Ta)O
16.04	Orthowalpurite	(UO <sub>2</sub> )Bi <sub>4</sub> O <sub>4</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·2(H <sub>2</sub> O)
16.04	Walpurite	Bi <sub>4</sub> (UO <sub>2</sub> )(AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ·2(H <sub>2</sub> O)
16.02	Betafite	(Ca,Na,U) <sub>2</sub> (Ti,Nb,Ta) <sub>2</sub> O <sub>6</sub> (OH)
15.88	Samarskite-(Y)	(Y,Fe <sup>+++</sup> ,U)(Nb,Ta)
14.68	Znucalite	CaZn <sub>11</sub> (UO <sub>2</sub> )(CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> (OH) <sub>20</sub> ·4(H <sub>2</sub> O)
12.69	Bismutopyrochlore	(Bi,U,Ca,Pb) <sub>1+x</sub> (Nb,Ta) <sub>2</sub> O <sub>6</sub> (OH) <sub>n</sub> (H <sub>2</sub> O)
11.46	IMA1998-070	Pb(U <sup>++++</sup> ,U <sup>+++++</sup> )(Ti,Fe <sup>2+</sup> ,Fe <sup>3+</sup> ) <sub>20</sub> (O,OH)
11.18	Plumbobetafite	(Pb,U,Ca)(Ti,Nb) <sub>2</sub> O <sub>6</sub> (OH,F)
10.97	Ciprianiite	Ca <sub>4</sub> [(Th,U)(REE)] <sub>2</sub> (Al,[]) <sub>2</sub> [Si <sub>4</sub> B <sub>4</sub> O <sub>22</sub> ](OH,F)
10.44	Yttropyrochlore-(Y)	(Y,Na,Ca,U) <sub>1-2</sub> (Nb,Ta,Ti) <sub>2</sub> (O,OH)
7.99	Yttrocrasite-(Y)»	»(Y,Th,Ca,U)(Ti,Fe <sup>+++</sup> ) <sub>2</sub> (O,OH)»
7.54	Yttrotantalite-(Y)»	»(Y,U,Fe <sup>++</sup> )(Ta,Nb)»
7.45	Dessauite	(Sr,Pb)(Y,U)(Ti,Fe <sup>+++</sup> )
7.41	Kobeite-(Y)	(Y,U)(Ti,Nb) <sub>2</sub> (O,OH) <sub>6</sub> (?)
6.38	Polycrase-(Y)	(Y,Ca,Ce,U,Th)(Ti,Nb,Ta)
5.99	Plumbomicrolite	(Pb,Ca,U) <sub>2</sub> Ta <sub>2</sub> O <sub>6</sub> (OH)
5.79	Mckelveyite-(Y)	Ba <sub>3</sub> Na(Ca,U)Y(CO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ·3(H <sub>2</sub> O)
5.46	Yttrobetafite-(Y)	(Y,U,Ce) <sub>2</sub> (Ti,Nb,Ta) <sub>2</sub> O <sub>6</sub> (OH)
4.92	Plumbopyrochlore	(Pb,Y,U,Ca) <sub>2-x</sub> Nb <sub>2</sub> O <sub>6</sub> (OH)
3.20	Davidite-(La)	(La,Ce,Ca)(Y,U)(Ti,Fe <sup>+++</sup> )
3.18	Davidite-(Ce)	(Ce,La)(Y,U)(Ti,

\* - Ce nom n'est pas approuvé par l'IMA

? - Nom discrédité par l'IMA

## La part du thorium en % d'un minéral

87.88	Thorianite	ThO <sub>2</sub>
72.13	Thorogummite	Th(SiO <sub>4</sub> ) <sub>1-x</sub> (OH) <sub>4x</sub>
71.59	Huttonite	ThSiO <sub>4</sub>
71.59	Thorite	ThSiO <sub>4</sub>
50.22	Brabantite	CaTh(PO <sub>4</sub> )
45.57	Thorbastnasite	Th(Ca,Ce)(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> F <sub>2</sub> ·3(H <sub>2</sub> O)
43.73	Grayite	(Th,Pb,Ca)PO <sub>4</sub> ·(H <sub>2</sub> O)
31.55	Brockite	(Ca,Th,Ce)(PO <sub>4</sub> )·(H <sub>2</sub> O)
29.73	Cerianite-(Ce)	(Ce <sup>+++</sup> ,Th)O <sub>2</sub>
29.29	Thorostenstrupine	(Ca,Th,Mn) <sub>3</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>11</sub> F·6(H <sub>2</sub> O)
29.02	Cheralite-(Ce)	(Ce,Ca,Th)(P,Si)O <sub>4</sub>
27.79	Yttrialite-(Y)	(Y,Th) <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
27.08	Ekanite	ThCa <sub>2</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>20</sub>
25.29	Steacyite	K <sub>1-x</sub> (Ca,Na) <sub>2</sub> ThSi <sub>8</sub> O <sub>20</sub> (x=0.2to0.4)
23.79	Tuliokite	BaNa <sub>6</sub> Th(CO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ·6(H <sub>2</sub> O)
23.75	Thorutite	(Th,U,Ca)Ti <sub>2</sub> (O,OH)
21.11	Turkestanite	Th(Ca,Na) <sub>2</sub> (K <sub>1-x</sub> ,[x])Si <sub>8</sub> O <sub>20-n</sub> (H <sub>2</sub> O)
20.41	Thomasite	Na <sub>12</sub> Th <sub>3</sub> [Si <sub>8</sub> O <sub>19</sub> ] <sub>4</sub> ·18(H <sub>2</sub> O)
19.29	Eylettersite	(Th,Pb) <sub>1-x</sub> Al <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ,SiO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub> (?)
18.33	Umbozerite	Na <sub>3</sub> Sr <sub>4</sub> ThSi <sub>8</sub> (O,OH) <sub>24</sub> ·1,266.20
18.25	Britholite-(Ce)	(Ce,Ca,Th,La,Nd) <sub>5</sub> (SiO <sub>4</sub> ,PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH,F)
14.26	Ciprianiite	Ca <sub>4</sub> [(Th,U)(REE) <sub>2</sub> (Al,[]) <sub>2</sub> [Si <sub>4</sub> B <sub>4</sub> O <sub>22</sub> ](OH,F)]
10.87	IMA2002-019	Ba <sub>2</sub> (La,Th,Ce)(CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> F
9.94	Iraqite-(La)	K(La,Ce,Th) <sub>2</sub> (Ca,Na) <sub>4</sub> (Si,Al) <sub>16</sub> O <sub>40</sub>
9.08	Vicanite-(Ce)	(Ca,Ce,La,Th) <sub>15</sub> As <sup>++++</sup> (As <sup>+++</sup> <sub>0.5</sub> ,Na <sub>0.5</sub> )Fe <sup>+++</sup> S <sub>16</sub> B <sub>4</sub> O <sub>40</sub> F <sub>7</sub> ·2
8.16	Kivuite *	(Th,Ca,Pb) <sub>2</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>8</sub> ·7(H <sub>2</sub> O)
8.04	Althupite	ThAl(UO <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>5</sub> ·15(H <sub>2</sub> O)
7.93	Orthochevkinite *	(Ce,La,Ca,Na,Th) <sub>4</sub> (Fe <sup>++</sup> ,Mg) <sub>2</sub> (Ti,Fe <sup>+++</sup> ) <sub>3</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>22</sub>
7.79	Yttrocrasite-(Y)	(Y,Th,Ca,U)(Ti,Fe <sup>+++</sup> ) <sub>2</sub> (O,OH)
7.53	Saryarkite-(Y)	Ca(Y,Th)Al <sub>5</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ,SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>7</sub> ·6(H <sub>2</sub> O)
6.22	Polycrase-(Y)	(Y,Ca,Ce,U,Th)(Ti,Nb,Ta) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>
6.18	Karnasurtite-(Ce)	(Ce,La,Th)(Ti,Nb)(Al,Fe <sup>++</sup> )(Si,P) <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (OH) <sub>4</sub> ·3(H <sub>2</sub> O)(?)
6.06	Zirkelite	(Ca,Th,Ce)Zr(Ti,Nb) <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
5.14	Melanocerite-(Ce)	(Ce,Th,Ca) <sub>5</sub> (Si,B) <sub>3</sub> O <sub>12</sub> (O,H,F) <sub>n</sub> (H <sub>2</sub> O)(?)
4.83	Monazite-(Ce)	(Ce,La,Nd,Th)PO <sub>4</sub>
4.42	Tritomite-(Ce)	(Ce,La,Ca,Y,Th) <sub>5</sub> (Si,B) <sub>3</sub> (O,OH,F) <sub>13</sub>
3.61	Zirconolite-3O	(Ca,Fe,Y,Th) <sub>2</sub> Fe(Ti,Nb) <sub>3</sub> Zr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
1.93	Chevkinite-(Ce)	(Ce,La,Ca,Th) <sub>4</sub> (Fe <sup>++</sup> ,Mg) <sub>2</sub> (Ti,Fe <sup>+++</sup> ) <sub>3</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>22</sub>

1.85

Steenstrupine-(Ce)

Na<sup>14-</sup>  
Ce<sup>6</sup>Mn<sup>++</sup>Mn<sup>+++</sup>Fe<sup>++2</sup>(  
Zr,Th)(Si<sub>6</sub>O<sub>18</sub>)<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>7</sub>·3  
(H<sub>2</sub>O)R

\* - Ce nom n'est pas approuvé par l'IMA

? - Ce nom est discrédité par l'IMA

# Table des matières

Qui sommes nous ? . . . . .	2 .	Les effets biologiques . . . . .	9 .
Que faisons-nous ? . . . . .	2 .	Dose efficace . . . . .	10 .
Quand nous réunissons-nous? . . . . .	2 .	TEL . . . . .	10 .
Comment nous rejoindre? . . . . .	2 .	Doses acceptables . . . . .	10 .
Pour nous joindre sur Internet: . . . . .	2 .	Des jalons historiques . . . . .	10 .
Editeur responsable: . . . . .	2 .	L'irradiation naturelle . . . . .	11 .
Secretariat: . . . . .	2 .	Du cosmos . . . . .	11 .
Présidence: . . . . .	2 .	De la terre . . . . .	11 .
Services: . . . . .	2 .	De notre corps . . . . .	11 .
Article 1 Le respect. . . . .	2 .	Les "NORMES" de radioprotection. . . . .	11 .
Article 2 La sécurité. . . . .	2 .	Le Roi, la Loi, la Liberté. . . . .	11 .
Article 3 Le non-profit. . . . .	2 .	Le Roi . . . . .	11 .
Article 4 Les découvertes exceptionnelles.. . . . .	2 .	La loi . . . . .	12 .
Article 5 Les infractions à ce code de déontologie. . . . .	2 .	La liberté. . . . .	12 .
<b>Les minéraux radioactifs sont-ils dangereux? . . . . .</b>	<b>3 .</b>	Parentèse philosophique . . . . .	12 .
Préambule. . . . .	3 .	Comment se protéger . . . . .	13 .
Introduction.. . . . .	4 .	Collections en déshérence . . . . .	13 .
Dangereux ? . . . . .	4 .	Comment mesurer . . . . .	14 .
Un danger insidieux . . . . .	4 .	Et mes minéraux ? . . . . .	14 .
Le principe de précaution . . . . .	4 .	Méthode approchée . . . . .	14 .
Comment la matière est-elle faite? . . . . .	4 .	Méthode plus précise.. . . . .	14 .
Les atomes . . . . .	4 .	La réglementation . . . . .	14 .
L'atome de Bohr . . . . .	5 .	En guise de conclusion . . . . .	15 .
Les électrons libres . . . . .	5 .	Bibliographie . . . . .	15 .
Les particules lourdes . . . . .	5 .	<b>EXERCICES. . . . .</b>	<b>15 .</b>
La radioactivité . . . . .	7 .	<b>Remerciements. . . . .</b>	<b>16 .</b>
Les isotopes . . . . .	7 .	Liste alphabétique des minéraux radioactifs avec mention de leur activité. . . . .	17
Les corps simples et les isotopes . . . . .	7 .	Lecture de la table. . . . .	17 .
La demi-vie . . . . .	7 .	Nom du minéral . . . . .	17 .
Des transformations spontanées . . . . .	7 .	Becquerel/Kg . . . . .	17 .
Des particules . . . . .	7 .	Curies/gr . . . . .	17 .
Alpha . . . . .	7 .	mRem/h/gr . . . . .	17 .
Bêta . . . . .	7 .	Dangerosité. . . . .	17 .
Gamma . . . . .	8 .	Thorium . . . . .	17 .
Les rayons X . . . . .	8 .	Source des informations . . . . .	17 .
Les unités . . . . .	8 .	La part de l'uranium en % d'un minéral. . . . .	35
L'activité . . . . .	8 .	La part du thorium en % d'un minéral . . . . .	38
L'énergie . . . . .	9 .	L'auteur . . . . .	44 .



# Table d'index

## A

Abbatt	15 .
ACEC	15 .
AFCN	16 .
Alamogordo	10 .
Alpha	7 . .
antiprotons	6 . .

## B

Beta	7 . .
Bibliographie	15 .
biologiques	9 . .
Bohr	5 . .

## C

Cahen	15 .
Cassel	15 .
CERN	5 - 6
cimetière	15 .
conclusion	15 .
Coppens	15 .
crystallin	9 . .

## D

d'antihydrogène	6 . .
Dangereux	4 . .
demi-vie	7 . .
DEONTOLOGIE	2 . .
desherence	13 .

## E

électron	6 . .
----------	-------

## F

fission	6 . .
---------	-------

## G

Gabon	11 .
Gamma	8 . .
Gans	15 .
Gérard	15 .
grand-pères	14 .
Gray	9 . .

Groves	10 .
--------	------

## H

Hiroshima	3 . .
Hoyaux	15 .

## I

incinérateurs	13 .
isotopes	7 . .

## J

judge	12 .
Jurain	15 .

## L

L'A	14 .
l'ICDI	13 .
L'irradiation	11 .
liberté	12 .
loi	12 .

## M

Marie	10 .
mesurer	14 .
Méthode	14 .

## N

Nagasaki	3 . .
neutron	6 . .
NORMES	11 .

## O

ONDRAF	15 .
--------	------

## P

Pa234	7 . .
Pauling	15 .
philosophique	12 .
polonium	8 . .
poussières	13 .
Préambule	3 . .
prison	15 .
protactinium	7 . .
protéger	13 .
proton	6 . .

**R**

radioactivité	7. .
radioprotection	11. .
radon	11. .
rayonnement	11. .
rayonsX	8. .
réglementation	14. .
rem	9. .
roi	11. .

**S**

Sievert	9. .
Stengier	10. .

**T**

Tchernobyl	9. .
TEL	10. .
thorium	7. .
Treille	15. .

**U**

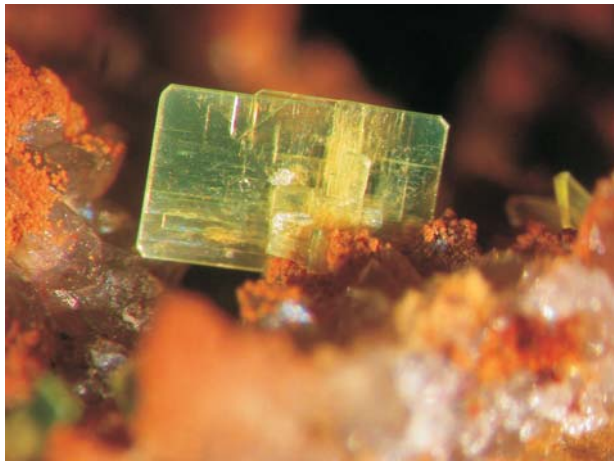
U238	7. .
------	------

**V**

Van	15. .
-----	-------

**W**

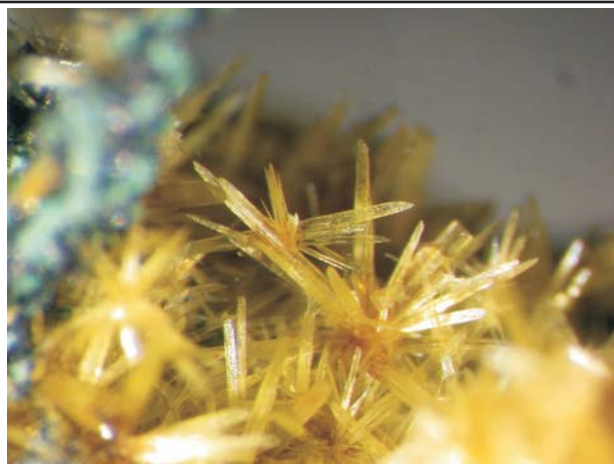
Wagner	16. .
--------	-------



*DSCN 2276, autunite, Grury, Saône et Loire, France (3 mm)*



*DSCN 4239, Metatyumunite, Musonoi, Shaba, Zaïre, (4-5 mm)*



*DSCN 4411, Sklodowskite, Musonoi, Shaba, Zaïre (2,5 mm)*



*DSCN 4501, Soddyite, Swambo, Shaba, Zaïre (3 mm)*



*DSCN 4601, Metatorbernite, Kamoto est, Shaba, Zaïre (4 mm)*



*DSCN 4915, Cuprossklodowskite, Musonoi, Shaba, Zaïre (3-4 mm)*

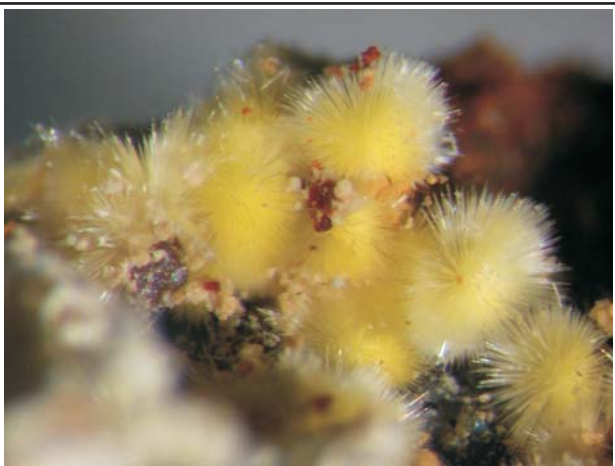




*DSCN 5062, Sodydyite, Musonoi, Shaba, Zaïre (3 mm)*



*DSCN 5347, Kasolite, Musonoi, Shaba, Zaïre (3 mm)*



*DSC 6509, Uranophane, Studtite, Davignac, Corrèze, France (2 mm)*



*DSCN 6555, Autunite, Grury, Saône et Loire, France, 3 mm)*



*DSCN 6658, Uranophane, Davignac, Corrèze, France (2,5 mm)*

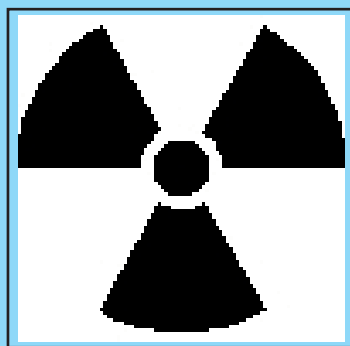


*DSCN 9275, Curite, Shinkolobwé, Shaba, Zaïre (3 mm)*

Le micromontage est la minéralogie qui a mis son costume de dimanche.

Les minéraux uranifères sont superbes et rayonnent de beauté, mais ils émettent aussi des rayonnements nocifs, faut-il s'en méfier ?

Non, si on respecte la loi et les règles de radioprotection.



### L'auteur

André Foucart né à Tournai en 1937 commença sa carrière professionnelle au Centre d'étude nucléaire de Mol en Belgique pour la poursuivre ensuite aux Ateliers de Construction Electriques à Charleroi (Les ACEC).

Les ACEC collaboraient énormément à la mise au point des premiers réacteurs belges, les BR1 et BR2.

Ses activités d'ingénieur de projet le menèrent bien souvent sur les sites nucléaires comme à titre d'exemple les tubes de transport de combustibles nucléaires entre piscine et réacteur à Choz, centrale nucléaire franco-belge ou encore Doel et Tihange.

André Foucart est président honoraire du 4M asbl.