

TECHNETIUM 2019

Le technétium est un élément radioactif, ne possédant aucun isotope stable, prédit par Mendeleïev, sous le nom d'eka-manganèse. Il a été découvert en 1937 par Carlo Perrier et Emilio Segrè à l'Université de Palerme, en Silice. Son isotope le plus courant est le ^{99}Tc , dont la période est de 211 100 années et l'activité de 0,62 GBq/g. Il est présent naturellement sur terre à l'état de traces par désintégration radioactive de l'uranium 238 présent dans les minerais d'[uranium](#).

Il est surtout produit artificiellement dans des [réacteurs nucléaires](#) et lors d'essais de bombes atomiques.

La fission d'un gramme d'uranium 235 dans un réacteur nucléaire donne 27 mg de ^{99}Tc . Il en est de même pour le plutonium 239. C'est l'un des principaux éléments radioactifs des [déchets nucléaires](#) et c'est le plus actif entre 10^4 et 10^6 années après leur formation.

Le technétium possède également des isotopes métastables, appelés isomères, dont $^{99\text{m}}\text{Tc}$, produit lors de la désintégration radioactive du [molybdène 99](#). La période du $^{99\text{m}}\text{Tc}$ est de 6 heures avec production de rayons gamma avant de donner ^{99}Tc . C'est cet isotope qui est largement, à 80 %, utilisé lors d'examen par imagerie nucléaire.

Fabrication industrielle

Le précurseur du $^{99\text{m}}\text{Tc}$ est le molybdène 99, lui-même obtenu par fission de l'uranium 235 dans un réacteur nucléaire de recherche. Les échantillons à irradier, constitués par un alliage d'aluminium avec l'uranium, UAl_2 , UAl_3 ou UAl_4 , placés en sandwich entre deux feuilles d'alliage d'aluminium, sont, en général, fortement, à 95 %, enrichis en uranium 235. Après environ 6 jours d'irradiation, les échantillons sont sortis du réacteur et le ^{99}Mo est extrait après dissolution basique des échantillons puis purifié. Le ^{99}Mo est ensuite, sous forme d'ion molybdate, MoO_4^{2-} adsorbé sur une colonne d'[alumine](#). La période du ^{99}Mo est de 66 heures. En conséquence l'approvisionnement en ^{99}Mo doit être régulier, une à deux fois par semaine, sous forme d'une « vache à technétium ». Juste avant l'examen, la colonne d'alumine est éluée par du sérum physiologique (solution aqueuse à 0,9 % de [NaCl](#)) afin de récupérer le $^{99\text{m}}\text{Tc}$ sous forme d'ion pertechnetate TcO_4^- . Cet ion afin de le fixer facilement sur les organes cibles peut être lié, avant injection au patient, à diverses molécules spécifiques.

Afin de limiter puis d'éliminer l'utilisation, pour des applications civiles, de l'uranium fortement enrichi en ^{235}U , qui présente des risques de prolifération et d'utilisation malveillante, les producteurs de ^{99}Mo , commencent à adapter leurs installations pour employer de l'uranium faiblement enrichi (à moins de 20 % de ^{235}U). D'autres technologies sont envisagées mais non encore industrialisées. Il s'agit de la capture de neutrons par ^{98}Mo , toujours dans un réacteur nucléaire ou l'emploi d'accélérateurs de particules sur des cibles de ^{100}Mo ou ^{238}U .

Réacteurs produisant du ^{99}Mo : ces réacteurs de recherche produisent également d'autres radio-éléments, effectuent divers essais sur des matériaux et dopent le silicium monocristallin par irradiation. Ces réacteurs sont souvent âgés et en fin de vie. Les réacteurs suivants fournissent 90 % des besoins mondiaux :

- [BR-2](#) à Mol en Belgique, exploité par le [SCK-CEN](#), a 54 ans.
- [HFR](#) à Petten, aux Pays Bas, exploité par l'[Institut de l'énergie de l'Union européenne](#), a 54 ans. Depuis début 2018, fonctionne avec de l'uranium faiblement enrichi.
- [Safari-1](#), à Pelindaba, exploité par la [Necsa](#), en Afrique du Sud, a 50 ans, fonctionne avec de l'uranium moins fortement enrichi.
- Maria, à Swierk-Otwock, en Pologne, a 41 ans.
- [LVR-15 REZ](#), à Rez, en République tchèque, a 58 ans.
- [Opal](#), à Sydney, en Australie, a 8 ans.
- [FRM-II](#), à Munich, en Allemagne, a commencé à livrer du ^{99}Mo en 2019.
- Par ailleurs, des réacteurs, avec une plus faible production, fonctionnent, en Russie et en Argentine.
- Le réacteur NRU à Chalk River, au Canada, exploité par le CNL, âgé de 58 ans, et qui assurait environ 40 % de la production mondiale a été arrêté le 31 mars 2018.
- Le réacteur [Osiris](#), à Saclay, en France, exploité par le CEA, âgé de 49 ans, qui assurait de 3 à 5 % de la production mondiale a été arrêté fin 2015 et doit être remplacé, en 2022, par le futur réacteur [Jules Horowicz \(RJH\)](#), en construction à Cadarache (13).

Producteurs de ^{99}Mo : après une irradiation d'environ 6 jours, les échantillons d'uranium irradié sont dissous en milieu acide ou basique puis le ^{99}Mo est récupéré après une série de purifications et enfin adsorbé dans une colonne d'alumine

- L'[Institut National des Radio-éléments](#) (IRE), à Fleurus, en Belgique, commercialise le ^{99}Mo issu des réacteurs HFR, BR-2 et LVR-15 REZ.
- [Curium](#), société issue, en 2017, de la fusion entre [Mallinckrodt](#) et [IBA Molecular](#), à Petten, aux Pays-Bas, commercialise le ^{99}Mo issu des réacteurs HFR, BR-2 et Maria.
- Le [Nuclear Technology Products Radioisotopes \(Pty\) Ltd.](#) (NTP), à Pelindaba, en Afrique du Sud, commercialise le ^{99}Mo issu du réacteur Safari-1.
- L'[Ansto](#), en Australie, commercialise le ^{99}Mo issu du réacteur Opal.

Situation française

Le réacteur Osiris, exploité par le CEA, sur le site de Saclay (91) a été arrêté fin 2015. Il produisait du ^{99}Mo expédié à Petten aux Pays-Bas pour être extrait, purifié et conditionné dans des « vaches à technétium » ou à Fleurus, en Belgique pour être extrait et purifié puis réexpédié, à Saclay, en France, à la société [CIS-Bio](#), pour être conditionné dans des « vaches à technétium ».

Le [réacteur Jules Horowicz](#) est en construction à Cadarache (13).

Utilisations

Dans le monde, environ 30 millions d'examen par imagerie nucléaire, dont 1,2 million en France, sont pratiqués chaque année et 80 % de ceux-ci font appel au $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Les États-Unis pratiquent de 40 000 à 50 000 examens par jour et consomment environ la moitié de la production mondiale. Les principaux examens utilisant le $^{99\text{m}}\text{Tc}$ sont ceux du cœur, des os, de la thyroïde et des glandes salivaires.