

ANALYSE

*EN QUOI LE PROJET
MYRRHA
VA-T-IL RÉDUIRE LE
VOLUME ET LA DURÉE
DE RADIOTOXICITÉ DES
DÉCHETS RADIOACTIFS ?*





Une analyse réalisée par

JACQUES MARLOT

Ingénieur civil A.I.Ms. retraité

Richard Miller
Administrateur délégué du CJG
Corentin de Salle
Directeur du CJG

Avenue de la Toison d'Or 84-86
1060 Bruxelles
Tél. : 02.500.50.40
cjb@cjb.be

Mis en page : [Thomas Daems](#)

I. INTRODUCTION

Voici quelques mois, l'État Belge a décidé la construction de MYRRHA, la grande infrastructure de recherche au Centre SCK-CEN de Mol en Belgique et a confirmé sa contribution financière à hauteur de 558 M€ pour la période 2019-2038. De quoi s'agit-il ? Et en quoi ce concept marque-t-il une nouvelle voie de recherche et d'innovation dans les sciences et technologies nucléaires ?

L'exploitation des réacteurs nucléaires en Belgique pose la question des déchets radioactifs. Divers programmes sont prévus pour sécuriser ces derniers. Mais ne serait-il pas possible de trouver des solutions technologiques afin de diminuer le volume de ces déchets radioactifs et la durée durant laquelle ils seront dangereux ?

Autant de questions qui demandent réponses et explications.

II. QU'EST-CE QUE LA RADIOACTIVITÉ ?

Disons d'abord quelques mots sur la radioactivité. Celle-ci est liée à l'évolution de l'univers. Après le big bang, il y eut tout d'abord la fusion entre éléments très légers, hydrogène et hélium, qui dégagèrent une énorme quantité d'énergie. Notre soleil est encore actuellement le siège de telles réactions, qui nous apportent la lumière.

Comme des éléments plus lourds s'étaient formés, ceux-ci furent le siège de réactions de fission : sous l'impact de neutrons, les atomes lourds se scindent et donnent naissance à une très grande énergie, ainsi qu'à de nouveaux neutrons, qui pourront alors faire réagir d'autres atomes : c'est une réaction en chaîne. Ainsi notre terre est-elle le siège de réactions de fission, ce qui produit la chaleur qui nous permet de vivre.

Il y a quelques 30 ans, on a ainsi découvert que des réacteurs naturels avaient fonctionné. A Oklo au Gabon, là où on exploitait des mines d'uranium, on a remarqué que certaines mines contenaient un uranium appauvri en U235, qui est l'élément fissile ; il forme d'habitude

0,7 % de l'uranium total, mais là c'était nettement moins. Explication : une masse d'uranium, placée dans des conditions favorables, s'était fissionnée d'elle-même, et cela pendant des milliers d'années, à une époque lointaine (il y a environ 1.7 milliards d'années). Et notons bien que les déchets s'étaient refroidis et avaient disparu.

La radioactivité concerne des atomes à noyau instable : le nombre de protons et neutrons n'est pas en équilibre. Et l'équilibre est recherché, ce qui s'accompagne de l'éjection de particules et de rayons, appelées alpha, bêta, gamma.

La demi-vie ou période radioactive est le temps qu'il faut pour que la moitié des atomes aient retrouvé la stabilité. Cette demi-vie est très différente d'un élément à l'autre : de dixièmes de seconde à des milliers ou millions d'années.

Ainsi nous-mêmes, nous sommes radioactifs. Notre corps contient du C14, un des isotopes de carbone ; sa période est de 5 700 ans. Nos os contiennent

aussi du potassium 40, un des isotopes du potassium naturel ; sa période est de 1,25 milliard d'années ! Au total, environ huit mille atomes de potassium-40 et de carbone-14 se désintègrent par seconde

dans notre corps. Mais notons bien que plus longue est la période, plus faible est la radioactivité. Et toutes les radioactivités ne sont pas dangereuses, loin de là : les plus faibles sont même bonnes pour la santé.

III. QUELS SONT LES DIFFÉRENTS TYPES DE RÉACTEURS NUCLÉAIRES ?

La majeure partie des 454 réacteurs¹ de puissance en activité (et des 54 réacteurs de puissance en construction) fonctionnent aujourd'hui avec un combustible nucléaire formé d'oxyde d'uranium refroidi à l'eau. Cette eau sert non seulement au refroidissement, mais aussi au ralentissement (modération) des neutrons, qui peuvent alors mieux fissionner l'isotope 235 de l'uranium. Ce dernier a été enrichi à environ 5% en U235, tandis que l'U238, le constituant principal de l'uranium, va former par capture de neutrons du plutonium ; d'autres éléments plus lourds appelés actinides mineurs vont aussi se former.

métaux liquides comme le sodium, le plomb ou l'alliage plomb-bismuth qui ne ralentissent pas les neutrons ; le combustible doit être plus enrichi au départ, mais quand on le retraite une fois qu'il est usé en en extrayant uranium et plutonium séparé des vrais déchets, le réacteur peut recycler de très nombreuses fois ce combustible sous forme d'un oxyde mixte d'uranium et de plutonium, appelé MOX. Ainsi, au lieu de brûler environ 1% de l'uranium naturel, on arrive à en brûler 60 fois plus par recyclages successifs.

C'est en somme une énergie nucléaire durable.

Des réacteurs d'un type différent ont été mis au point et sont appelés à neutrons rapides ; l'eau y est remplacée par des

IV. EN QUOI CONSISTE LE PROJET MYRRHA ?

MYRRHA veut dire : Multi-purpose hYbrid Research Reactor for High-tech Applications, c'est-à-dire réacteur de recherche hybride et multifonctionnel pour applications innovantes.

Ce réacteur fait partie des réacteurs à neutrons rapides, car il est refroidi par un alliage liquide de plomb et bismuth dans un circuit conditionné pour résister à la corrosion.

Mais sa grande particularité est qu'il est piloté de l'extérieur par un accélérateur de particules subatomiques (des protons). MYRRHA est un système piloté par accélérateur ou ADS, en anglais Accelerator Driven System. Les réacteurs classiques sont pilotés par des barres absorbantes de neutrons : quand les barres descendent dans le combustible, la réaction de fission se réduit, la puissance baisse ; quand les barres remontent, les fissions repartent à la hausse, la puissance augmente. Il faut donc compter un certain temps pour réaliser cette opération. A contrario, dans l'ADS, si on arrête l'accélérateur de particules, la

réaction en chaîne stoppe automatiquement en un millionième de seconde.

Le combustible de MYRRHA est aussi du MOX, oxyde mixte d'uranium et plutonium. Le revêtement du combustible est en acier inoxydable qui résiste bien à la corrosion par les métaux liquides. Alors que les réacteurs habituels ont une masse critique de combustible pour auto-entretenir la réaction en chaîne, le réacteur de MYRRHA est sous-critique : il ne peut dès lors auto-entretenir la réaction en chaîne et ne peut fonctionner que si l'accélérateur de protons est en fonctionnement. Ce dernier joue le rôle d'un interrupteur, ce qui représente un atout supplémentaire de sûreté.

III. OÙ SERONT STOCKÉS LES DÉCHETS RADIOACTIFS ? DANS LA DEMEURE D'HADES

Il y a longtemps que la recherche sur les déchets radioactifs est active en Belgique, ce qui explique que l'on ait développé MYRRHA pour apporter un traitement spécifique sur ces déchets.

La recherche belge sur l'enfouissement en profondeur des déchets radioactifs est concrétisée en HADES, un laboratoire souterrain, opéré conjointement sur le site du Centre de Mol par le Centre lui-même SCK-CEN et par l'ONDRAF, l'Organisme National en charge des Déchets Radioactifs (AFval en néerlandais), via leur filiale appelée Euridice.

Il se fait que le sol de la région de Mol renferme une importante couche d'argile, dite de Boom (dont on a fait des briques). L'argile est l'un des matériaux qui sont à la fois imperméables aux rentrées d'eau et très stables depuis des millions d'années : cela convient donc très bien pour y stocker les déchets radioactifs y compris ceux à haute activité et longue période.

La construction du premier puits a déjà commencé en 1980, et les galeries ont été étendues plusieurs fois depuis. Le laboratoire souterrain HADES est situé à 225 m de profondeur.

HADES est un nom approprié, puisque c'était le nom du dieu des enfers, c'est-à-dire du monde souterrain. On a d'ailleurs bâti le nom complet 'High Activity Disposal Experimental Site', facile à comprendre.

La plus longue galerie mesure 180 mètres de longueur. On y étudie comment se comporte l'argile face aux déchets radioactifs, sources de chaleur. Parmi les très nombreuses expériences réalisées en plus de 30 ans, signalons celles effectuées pour l'organe français des déchets radioactifs : la France, pays riche de ses 58 réacteurs n'hésite pas à utiliser HADES pour ses expériences, avant d'ouvrir industriellement son site de dépôt de déchets de Bure.

IV. QUELLES SONT LES APPLICATIONS DE MYRRHA ?

Les applications de MYRRHA sont multiples, principalement :

- Destruction des actinides des combustibles usagés, donc réduction des déchets ; on parle de transmutation des déchets à longue demi-vie ;
- Production de radio-isotopes pour les diagnostics et les traitements médicaux et le développement de nouveaux radio-isotopes à des fins thérapeutiques
- Recherche et développement de thérapies moins invasives pour lutter contre le cancer
- Tests de résistance de matériaux à l'irradiation pour les nouveaux réacteurs (fission et fusion).

Pour la production d'isotopes médicaux, MYRRHA remplacera le réacteur BR2 de Mol, en fonctionnement depuis 1962. Sait-on que le SCK-CEN est le premier producteur au monde d'isotopes médicaux ? En effet, chaque année, le réacteur BR2 fournit jusqu'à 25% de la demande mondiale en radio-isotopes pour l'imagerie médicale et pour le traitement de certains cancers.

La renommée du projet MYRRHA est internationale et de nombreux pays s'y intéressent (France, Allemagne, Italie, Royaume-Uni, Japon). Les recherches ont commencé activement dès 1998. Son principe de fonctionnement a été testé avec succès dans une première installation de recherche appelée Guinevere en fonctionnement au SCK-CEN depuis 2009. La Commission Européenne a reconnu son rôle-clé dans la recherche de haute technologie de l'Europe en positionnant MYRRHA dans sa feuille de route de l'ESFRI².

La transmutation des déchets radioactifs à longue demi-vie va permettre de diviser leur volume par 100 et de réduire la durée de leur radiotoxicité de quelques centaines de milliers d'années à seulement quelques centaines d'années, ce qui facilitera l'implémentation de la solution du stockage géologique.

MYRRHA contribue aussi à la formation d'une nouvelle génération de scientifiques et d'ingénieurs nucléaires qui participeront

ainsi à la création de la société du futur. De nombreuses offres d'emploi sont en ligne sur <https://myrrha.be/fr/emploi/> et il est certain que le développement du projet MYRRHA suscitera de nouvelles

promotions d'ingénieurs spécialisés en énergie nucléaire, filière qui avait perdu de son attrait suite aux annonces d'une éventuelle sortie du nucléaire.

IV. CONCLUSION

On vise à avoir une installation pré-industrielle MYRRHA prête à fonctionner dans une dizaine d'années. Ainsi la Belgique continue à jouer un rôle décisif dans le monde nucléaire, car l'étude de la **transmutation des déchets hautement radioactifs** est et reste le point fort et l'application phare du projet MYRRHA.

Une mise en œuvre par phase permettra en plus de renforcer la position de la Belgique comme;

1. « *Centre d'Excellence* » en matière de **tests de matériaux nucléaires avancés** (fission et fusion) en pérennisant la recherche nucléaire belge (remplacement du réacteur BR2)
2. « *Centre d'Excellence* » en technologie des **accélérateurs de particules,**
3. « *Centre d'Excellence* » en production de **radio-isotopes médicaux.**

IV. BIBLIOGRAPHIE

- MYRRHA, sur <https://fr.wikipedia.org/wiki/MYRRHA> et sur <https://myrrha.be/fr/>
- MYRRHA sur https://sckcen.be/fr/Technology_future/MYRRHA
- MYRRHA, le projet belge du SCK-CEN, sur <https://www.forumnucleaire.be/recherche?type=custom&q=MYRRHA>
- GIE EURIDICE <http://www.euridice.be/fr/content/le-laboratoire-souterrain-hades>
- 'Kan MYRRHA in de toekomst de radioactiviteit van kernafval met factor 1000 verminderen?', sur le site de la VRT : www.vrt.be (paru ce 21/12/2018).

IV. SOURCES

1. <https://pris.iaea.org/pris/>
2. ESFRI European Strategic Forum for Research Infrastructures <https://www.esfri.eu/roadmap-2018>

*Avenue de la Toison d'Or 84-86
1060 Bruxelles*

*02.500.50.40
info@cjg.be*

www.cjg.be

