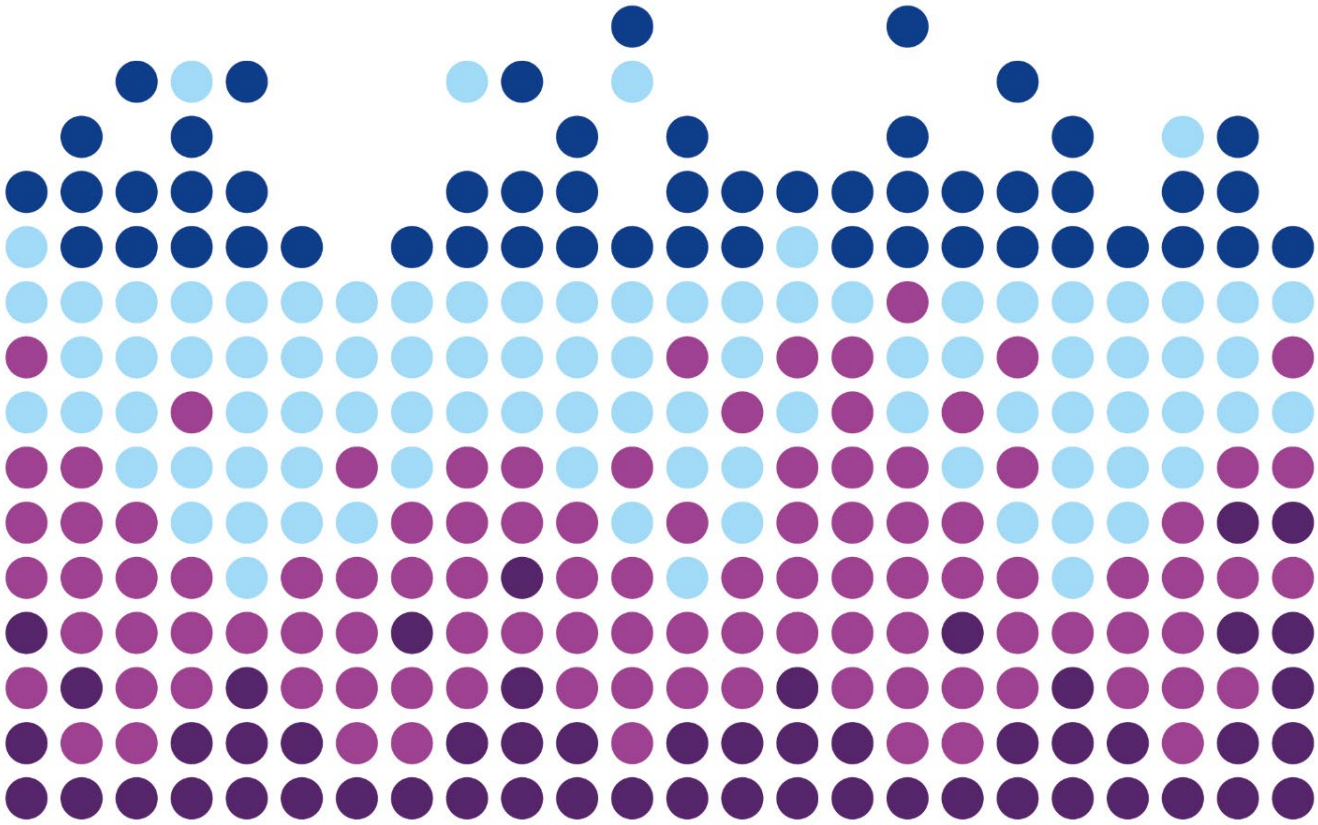
RECUMO

RECupération de l'uranium provenant de la production de molybdène

institute for radioelements

Date de publication : 2021-03-19



sck cen

Exploring
a better tomorrow

© SCK CEN - Date de publication : 2021-03-19
Stichting van Openbaar Nut - Fondation d'Utilité Publique - Foundation of Public Utility

Siège social :
Avenue Herrmann Debroux 40 - 1160 Bruxelles - Belgique

Centres de recherche :
Boeretang 200 - 2400 Mol - Belgique
Chemin du Cyclotron 6 - 1348 Ottignies-Louvain-la-Neuve - Belgique

www.sckcen.be

Droits d'auteur et règles de confidentialité

Tous les droits de propriété et les droits d'auteur sont réservés au SCK CEN. Ce document contient des données, des informations et des formats uniquement pour un usage dédié et ne peut pas être communiqué, copié, reproduit, distribué ou cité sans l'autorisation écrite explicite du SCK CEN. Toute infraction à cette règle est illégale et donne droit à des dommages-intérêts de la part du contrevenant, sans préjudice de tout autre droit, par exemple en cas de délivrance d'un brevet ou d'un enregistrement dans le domaine de la propriété intellectuelle. Ce document peut être distribué à une liste limitée de personnes concernées, sous réserve d'une obligation de confidentialité. Le contenu est confidentiel et ne compromet pas la nouveauté des inventions sous-jacentes.

Table des matières

Abréviations 3
1 Historique du projet RECUMO 4
2 Examen préliminaire 4
3 Structure juridique 4
4 Le processus RECUMO 5
5 Procédure d'autorisation du projet 6
6 Mise en œuvre du projet 6
7 Description du site 7
8 Installation de traitement RECUMO 8
9 Gestion de la sûreté 9
10 Démantèlement 10
11 Conclusion 10

Abréviations

RGPT	Règlement général pour la protection du travail
RGPRI	Règlement général de la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement contre le danger des rayonnements ionisants
BR2	Réacteur belge 2
CST	Centrale de services techniques
D&D	Démantèlement et décontamination (unité au sein du SCK CEN)
AFCN	Agence fédérale de contrôle nucléaire
RHA	Raffinat hautement actif
PFSR	Produits de fissions en solution de Recumo
AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
IMS	Système de gestion intégrée
IRE	Institut des radioéléments
AR PSIN	Arrêté royal relatif aux prescriptions de sécurité pour les installations nucléaires
UFE	Uranium faiblement enrichi
RIE	Rapport sur les incidences environnementales
ONDRAF/NIRAS	Organisme National Belge des Déchets Radioactifs et des Matières Fissiles enrichies/Nationale Instelling voor Radioactief Afval en verrijkte Splijtstoffen
RPES/RES	Rapport préliminaire d'évaluation de la sécurité/Rapport d'évaluation de la sécurité
R&D	Recherche et développement
RECUMO	Récupération de l'uranium provenant de la production de ^{99}Mo
SCH	Bâtiment Chimie
SCK CEN	Centre d'Étude de l'Énergie Nucléaire/Studiecentrum voor Kernenergie

1 Historique du projet RECUMO

Le projet RECUMO offre une solution durable et sûre pour l'évacuation et le traitement des résidus d'uranium provenant de la production de radio-isotopes médicaux à l'IRE, l'Institut des radioéléments à Fleurus. La Belgique produit des radio-isotopes pour des applications médicales utilisant l'uranium. Le principal radio-isotope est le molybdène 99 (^{99}Mo) qui est utilisé dans ~40 millions d'examens médicaux dans le monde entier ou chez 100 000 patients par jour. La plupart de ces examens sont des examens d'imagerie pour le cancer, une maladie courante et, en l'absence d'un diagnostic adéquat et d'un traitement efficace, souvent mortelle. La Belgique produit plus de 25 % de la consommation mondiale de ^{99}Mo.
Les cibles en uranium sont irradiées dans des réacteurs de recherche, tels que le réacteur BR2 du SCK CEN à Mol, où une série de produits de fission sont formés via le processus de fission, dont les radio-isotopes pour les applications médicales (^{99}Mo, ^{131}I, ^{133}Xe et ^{90}Sr).
Après la dissolution des cibles irradiées et l'isolation des radio-isotopes médicaux par extraction chimique, l'uranium restant, qui précipite lors de ces étapes de traitement avec divers produits de fission non utilisables, est placé dans de petits conteneurs. Ces conteneurs sont actuellement stockés dans les installations de l'IRE à Fleurus.

2 Examen préliminaire

L'IRE a étudié différentes voies d'évacuation pour les résidus d'uranium irradiés (le résidu U). Les conditions auxquelles les voies d'évacuation concernées doivent satisfaire sont les suivantes :

- La faisabilité technique et l'applicabilité à toutes les variantes de résidus d'uranium ;
- La disponibilité des modalités logistiques (transport) ;
- Le traitement adéquat des aspects liés aux déchets conformément aux normes belges, ainsi que le démantèlement ultérieur des installations de traitement à construire ;
- Le respect de toutes les exigences en matière de sécurité et de sûreté conformément à la législation belge et internationale ;
- Le délai dans lequel l'évacuation peut commencer compte tenu de l'état de saturation imminente de l'installation de stockage de l'IRE ;
- La durabilité structurelle de la solution - c'est-à-dire applicable à tous les résidus d'uranium existants ainsi qu'à tous les résidus d'uranium futurs ;
- Les aspects économiques : le coût total et l'impact, notamment stratégique, de la décision sur la chaîne de production belge de radio-isotopes et sa compétitivité.

Cette étude a conduit à la sélection par l'État belge (en tant que responsable juridique final des résidus d'uranium irradiés) du processus de traitement au SCK CEN comme étant la solution la plus viable. Le Conseil des ministres du 21 avril 2017 a confirmé cette évaluation et a fourni le financement nécessaire à cette fin.

3 Structure juridique

RECUMO est le résultat d'un partenariat belge entre le SCK CEN et l'IRE dans le but de fournir une solution structurelle pour les résidus du processus de production d'isotopes radioactifs pour des applications médicales.
Le processus sur lequel repose RECUMO est un processus chimique connu et testé, réalisé dans les limites de l'infrastructure contrôlée et fiable du SCK CEN.

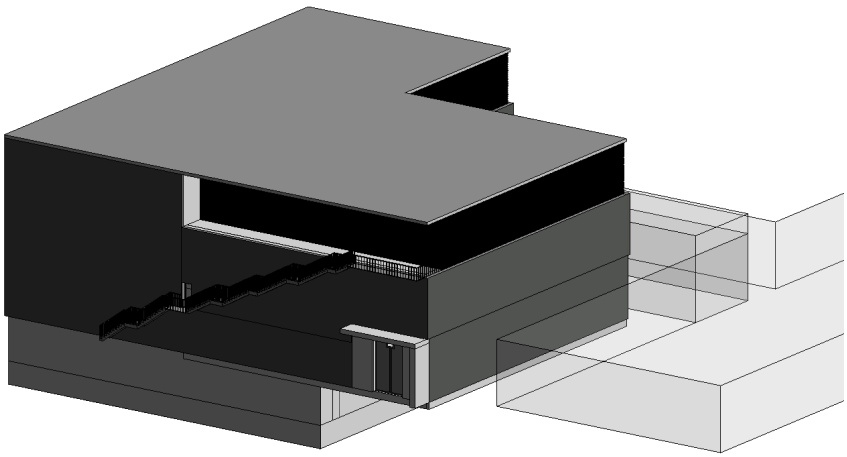


Figure 1 : Le bâtiment RECUMO

4 Le processus RECUMO

Étant donné la présence limitée (~0,7 %) de l'isotope ^{235}U fissile dans l'uranium naturel, l'uranium enrichi est utilisé pour la production de radio-isotopes médicaux. Dans un avenir proche, il s'agira de passer de l'uranium hautement enrichi (UHE), tel qu'il a été utilisé jusqu'à présent, à l'uranium faiblement enrichi (UFE) pour des raisons de non-prolifération (c'est-à-dire pour supprimer le risque de prolifération de l'uranium stratégiquement hautement enrichi en utilisant de l'uranium faiblement enrichi dans des applications civiles). Lors du traitement des résidus d'U, le processus RECUMO prévoit ensuite une dilution avec de l'uranium appauvri afin d'obtenir un produit final d'uranium faiblement enrichi approprié. La forme physico-chimique finale est un oxyde d'uranium solide. On obtient ainsi un produit final qui peut être réutilisé, c'est-à-dire pour la production de nouvelles cibles ou de combustible pour les réacteurs de recherche en vue de la production ultérieure de radio-isotopes médicaux.
Le processus RECUMO est basé sur des techniques chimiques connues et les installations nécessaires à cet effet sont construites dans une extension du bâtiment Chimie existant au SCK CEN.

Les principaux objectifs du processus chimique pour parvenir à la stabilisation et au traitement du résidu U sont les suivants :

- Contrôle et ajustement du taux d'enrichissement pour les applications d'UFE ;
- Obtention d'un produit final à base d'UFE adapté à la réutilisation, au stockage, au transport ou à l'évacuation. Le niveau de pureté envisagé est celui d'un UFE adapté à la production de nouvelles cibles en UFE pour la production de radio-isotopes ou de combustible nucléaire à base d'UFE adapté aux réacteurs de recherche ;
- Développement d'une installation de traitement avec une transformation annuelle de résidus d'UHE afin que le stock d'UHE existant puisse être traité dans un délai raisonnable et avec une transformation annuelle de résidus d'UFE conforme à la production future de l'IRE ;
- Évacuation des flux de déchets radioactifs créés dans le cadre du processus RECUMO conformément aux normes belges imposées par l'ONDRAF/NIRAS ;
- Obtention d'un concept dimensionné de telle sorte qu'une conversion facile du processus et des installations au traitement des résidus d'UFE soit possible.

5 Procédure d'autorisation du projet

L'installation RECUMO est soumise à la procédure d'autorisation suivante :

Cadre réglementaire nucléaire

Le cadre réglementaire dans le domaine nucléaire pour le SCK CEN en tant qu'établissement et l'installation RECUMO est fourni par :

- *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 (RGPRI) ;*
- *L'arrêté royal du 30 novembre 2011 portant prescriptions de sûreté des installations nucléaires (AR PSIN)* constitue une base importante en tant que cadre réglementaire ;
- *L'arrêté royal du 1er mars 2018 portant fixation du plan d'urgence nucléaire et radiologique pour le territoire belge.*

En outre, la directive sur la démonstration de la sûreté des nouvelles installations de classe I est également prise en compte :

- *Guideline - Safety demonstration of new class I nuclear installations - Approach to Defence-in-Depth, radiological safety objectives and application of a graded approach to external hazards*, AFCN 2013-05-15-NH-5-4-3, avril 2017.

En ce qui concerne les documents internes du SCK CEN, il est fait usage des dossiers de sûreté existants de l'établissement qui décrivent notamment le fonctionnement des installations du SCK CEN et l'organisation de la radioprotection, ainsi que les processus du SCK CEN qui s'appliqueront également à la nouvelle installation RECUMO.

Permis d'environnement flamand

Le projet RECUMO comporte :

- Des opérations urbanistiques (OU) ;
- Un changement suite à l'extension des installations ou des activités classées existantes (IACE) ;
- Un changement suite à l'extension de l'installation nucléaire existante.

Les OU et les IACE sont soumises à l'obligation d'un permis d'environnement. En outre, un RIE de projet intégré doit être établi pour le projet, mentionnant les effets environnementaux radiologiques et non radiologiques. La demande de permis d'environnement, à laquelle le RIE de projet est annexé, est soumise par le SCK CEN aux autorités flamandes et à l'Agence fédérale de contrôle nucléaire.

6 Mise en œuvre du projet

Conception et ingénierie

Cette phase est itérative et en partie déterminée par les résultats de la R&D et les exigences imposées par des parties externes (Service RIE, Bel V, AFCN).

Construction et assemblage

Lors des travaux de construction de l'ensemble de l'installation, on s'assure que tout est conforme aux exigences de qualité définies. Des contrôles réguliers sont effectués auprès des fournisseurs d'installations techniques pour vérifier que toutes les exigences de qualité sont respectées.

Mise en service (« Commissioning »)

À la fin de la phase de construction, le programme de « commissioning » est finalisé.

Une grande partie de la mise en service peut avoir lieu dans des conditions « froides » (cold commissioning), c'est-à-dire sans matière radioactive. La mise en service avec des matières radioactives (hot commissioning) est effectuée par le personnel du SCK CEN.
Le programme de commissioning sera conçu et exécuté par un personnel qui connaît le concept de sûreté de base de l'installation ainsi que les techniques d'essai. L'exécution de ce programme sert de base au dossier de mise en service qui est remis à l'AFCN et à Bel V en vue de la réception réglementaire (RGPRI, art. 6.9). Le programme et le dossier qui sont remis à l'AFCN en vue de la réception réglementaire sont vérifiés par le service Contrôle physique.

La construction s'effectuera par étapes, comme suit :

Phase d'exécution	Date indicative
Début prévu de la construction	4e trimestre 2021
Commissioning	2e trimestre 2024
Confirmation pour la mise en service	3e trimestre 2024
Début des opérations	4e trimestre 2024

Figure 2 : Planification

7 Description du site

Le site d'exploitation du SCK CEN est situé à l'ouest de la commune de Mol, en Campine anversoise. Le domaine s'étend sur 530 ha, dont 100 ha sont occupés par les installations du domaine technique et la zone résidentielle la plus proche.
Le reste de la superficie qui n'appartient pas au domaine technique est constitué en grande partie de zones forestières et, dans une moindre mesure, d'infrastructures sportives.



Figure 3 : Situation géographique du SCK CEN en Belgique

Avec les autres installations nucléaires de la région (Belgoprocess et EC JRC), le SCK CEN fait partie de ce que l'on appelle la zone nucléaire de Mol-Dessel.
Une extension du bâtiment Chimie (SCH) existant a été choisie comme emplacement pour l'installation RECUMO sur le site du SCK CEN (voir Figure 4).

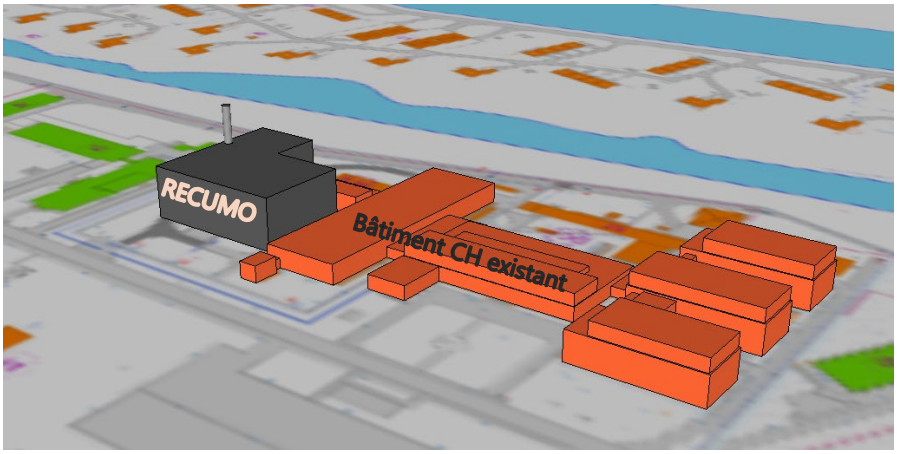


Figure 4 : Esquisse de l'implantation de l'installation RECUMO en tant qu'extension du bâtiment SCH existant.

8 Installation de traitement RECUMO

Aperçu général du processus

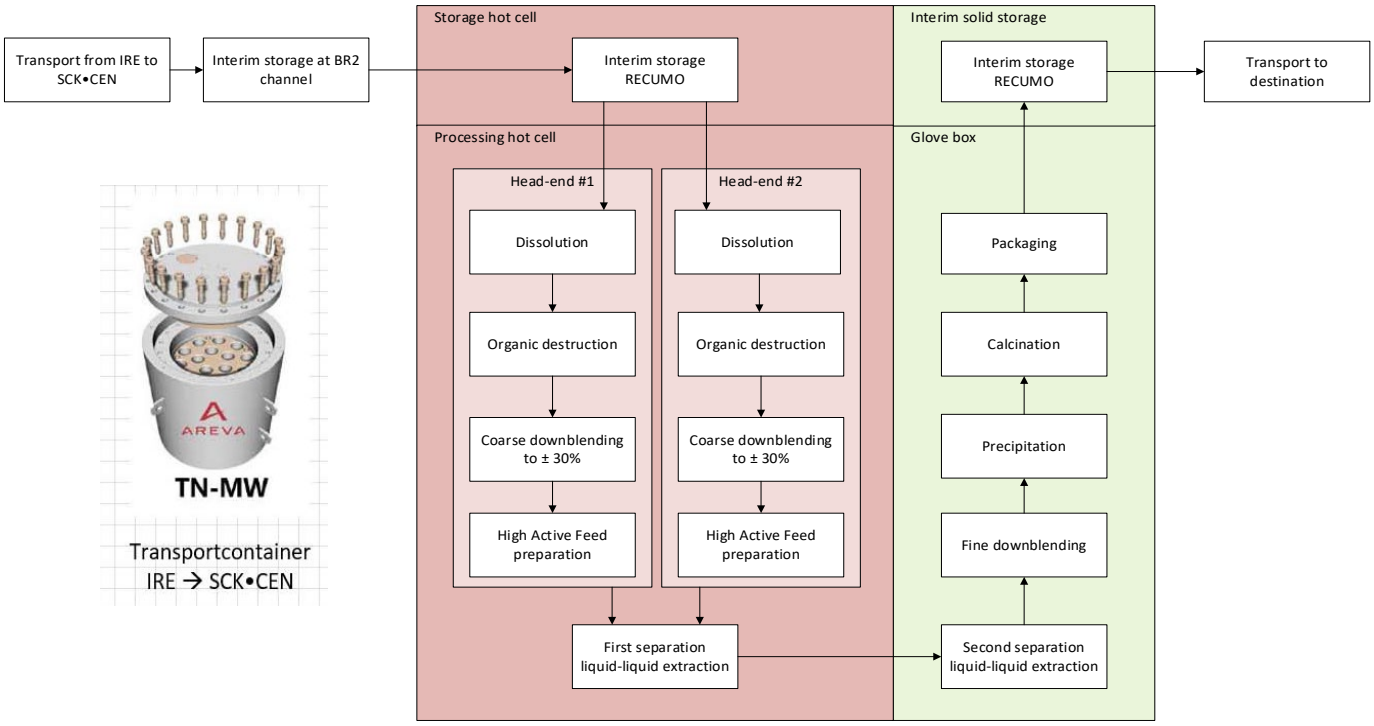


Figure 5 : Aperçu général du processus

Comme les résidus d'UHE irradiés sont actuellement stockés à l'IRE, le transport de l'IRE au SCK CEN est la première étape du processus. Cela se fait dans des conteneurs de transport spéciaux (TN®MW) agréés[1] pour le transport de résidus d'UHE.
Un stockage temporaire de l'UHE à purifier est prévu dans le bâtiment RECUMO pour couvrir une période de production de ± 1 an.

[1] Certificat d'agrément d'un modèle de colis CODEP-DTS-2017-018218

Après avoir sélectionné les récipients de l'IRE pour le traitement ultérieur d'un lot, les résidus sont transférés à la cellule chaude du processus. Elle se compose de quatre compartiments, dont deux compartiments de dissolution identiques, un compartiment pour la première extraction et un compartiment d'analyse. Le compartiment de dissolution est dédoublé afin d'obtenir la capacité requise.
Après la première extraction, le traitement peut se poursuivre dans une série de boîtes à gants, selon les quatre étapes suivantes : la deuxième extraction, la précipitation, la calcination et l'oxydation à l'issue de laquelle le produit final est obtenu : de l'oxyde d'uranium avec la bonne composition isotopique.
Ce produit final est stocké dans des récipients dans une zone séparée du bâtiment RECUMO. L'installation RECUMO est conçue pour le stockage complet de tout l'oxyde d'uranium (UFE) résultant du traitement des résidus d'UHE et d'UFE.
Le stockage du produit final dans le bâtiment RECUMO réduit considérablement le nombre de mouvements de matériaux entre différents bâtiments, ce qui offre des avantages en termes de sûreté, de sécurité et de protection.
Le flux en solution aqueuse provenant du processus d'extraction au solvant dans la cellule chaude du processus est appelé raffinat hautement actif (RHA). Ce flux contient des produits de fission en solution et est qualifié comme étant des « produits de fissions en solution de Recumo » (PFSR). La quantité annuelle produite à partir du processus d'extraction est estimée à 450 litres par an et est transférée dans l'un des quatre réservoirs de stockage situés au sous-sol du bâtiment.
En plus des PFSR issus de l'extraction, des flux liquides faiblement actifs sont également produits. Ils seront également évacués par les réservoirs PFSR dans le cadre du processus d'extraction.
À partir des réservoirs de stockage, les PFSR sont préparés à un stade ultérieur via la cellule chaude des déchets pour être transportés vers le processus de vitrification et le stockage final.

Traitement des effluents

Les PFSR seront traités par vitrification à Orano La Hague, en France. La vitrification est une technique bien connue pour l'immobilisation des radionucléides et offre la solution responsable la plus économique. L'ensemble est placé dans un conteneur en acier inoxydable (déchets hautement actifs vitrifiés CSD-V) et stocké sur le site de Belgoprocess. Après une période de stockage, les déchets de retraitement peuvent être gérés à long terme, dans un stockage géologique[2].
Le traitement des déchets résiduels solides a lieu dans la cellule chaude des déchets. Les déchets solides sont collectés dans la cellule chaude dans un fût de 220 litres qui, après avoir été rempli, est à son tour placé dans un fût de 400 litres. Ce fût de 400 litres est transféré dans un conteneur de transport CAROLINE[3] (similaire au conteneur TN®MW) agréé[4] pour le transport de ce type de déchets et est évacué de cette manière vers Belgoprocess.

9 Gestion de la sûreté

Le système de gestion de la sûreté garantit le maintien d'un niveau élevé de sûreté nucléaire et d'une bonne culture de la sûreté, comme l'exige l'arrêté royal du 30/11/2011 portant prescriptions de sûreté des installations nucléaires.
Afin de minimiser les conséquences d'une éventuelle défaillance des équipements et/ou d'interventions humaines, le principe de la défense en profondeur est appliqué. Selon ce principe, de

[2] Dossier d'information - Transport de déchets radioactifs vitrifiés de moyenne activité issus du retraitement du combustible nucléaire, depuis la France vers la Belgique, ONDRAF, mai 2017
[3] CAROLINE : **CA**sk for **R**adi**O**active transport in **L**arge quantities **I**n a **N**uclear **E**nvironment.
[4] Voir le dossier de sûreté Transnubel R80 ANS 001 – C.

multiples mesures de précaution et de protection (appelées « niveaux de défense ») sont intégrées, de sorte que si une première mesure échoue, d'autres moyens sont disponibles pour empêcher qu'un problème de sûreté ne se pose. Chaque « niveau de défense » doit être suffisamment robuste pour remplir une fonction préventive. L'échec d'un niveau de défense ne doit pas affecter le fonctionnement d'un niveau ultérieur. La combinaison de plusieurs niveaux de défense garantit ainsi une situation de sûreté maximale.
Le système de gestion de la sûreté comprend à la fois des aspects techniques et organisationnels. Il tient compte de la situation normale de fonctionnement, mais aussi des incidents et des situations d'accident possibles.

10 Démantèlement

L'exploitation de toute installation nucléaire cessera à un moment donné, après quoi elle devra être démantelée en toute sécurité. Cela s'applique également à l'installation RECUMO à la fin des campagnes de traitement. Le démantèlement doit être effectué conformément aux AR relatifs au démantèlement (KB van 2001-07-20 'Koninklijk besluit houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen'), (koninklijk besluit van 1991-10-16 houdende bepaling van de opdrachten en de werkingsmodaliteiten van NIRAS/ONDRAF), (KB 2011-11-30 Veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties) et à la législation en vigueur à l'époque.
Par conséquent, dès la phase de conception de l'installation RECUMO, une analyse de conception préliminaire du démantèlement est effectuée en collaboration avec le département D&D, qui a l'expérience du démantèlement. Un plan initial de démantèlement doit être disponible avant le début du commissioning de l'installation et doit être revu tous les 5 ans par la suite. Lorsque le fonctionnement opérationnel de l'installation est terminé, un plan de démantèlement définitif doit être établi bien avant afin d'obtenir un permis de démantèlement.

11 Conclusion

Le projet RECUMO offre une solution durable et sûre pour le traitement et l'évacuation des résidus de cible en uranium provenant de la production de radio-isotopes médicaux à l'IRE. Le processus de traitement est basé sur des techniques radiochimiques connues. Le produit final est adapté à la production de nouvelles cibles en UFE pour la production de radio-isotopes ou de combustible nucléaire à base d'UFE pour les réacteurs de recherche. Afin d'effectuer ce traitement en toute sécurité, la nouvelle installation RECUMO est en construction sur le site du SCK CEN, à côté du bâtiment Chimie actuel.

La conception de l'installation fait appel à la vaste expérience du SCK CEN dans l'exploitation d'installations similaires et le traitement de matériaux similaires. On utilise également des éléments issus du retour d'expérience d'installations similaires en Belgique.

Les flux de déchets provenant de l'installation ont été évalués et répondront aux critères d'acceptation pour le traitement par l'ONDRAF.

Le futur démantèlement de l'installation peut être effectué selon des méthodes standard. Les déchets résultant de ce démantèlement relèvent des flux de déchets existants et acceptés.