

l'essentiel

2018





21



18

« Une approche responsable de la société »

Les études réalisées dans des domaines nucléaires indispensables à la société d'aujourd'hui et de demain, constituent notre activité principale : la sûreté et l'efficacité des installations nucléaires, le dépôt des déchets radioactifs, la protection de l'homme et de l'environnement contre les rayonnements ionisants et le développement durable. C'est ainsi que nous contribuons à une société viable, pour notre génération et les générations futures.



STUDIECENTRUM VOOR KERNENERGIE
CENTRE D'ETUDE DE L'ENERGIE NUCLEAIRE

l'essentiel
2018

Toujours plus loin

CHER LECTEUR, CHÈRE LECTRICE,

Faire œuvre de pionnier. C'est cette passion qui anime notre centre de recherche. Nos recherches ne se limitent pas aux frontières du connu. Nous allons toujours plus loin. Qu'il s'agisse de la préparation, de l'exécution ou de la finalisation.

Toujours plus loin dans la préparation. Prenons par exemple, l'installation de recherche unique MYRRHA. En 2018, le gouvernement belge a donné son feu vert pour la construction de la première phase, et ce grâce à la préparation minutieuse de nos collaborateurs, qui avaient soumis un dossier complet sur MYRRHA au gouvernement l'année précédente. Pendant ce temps, nous n'avons pas chômé une seconde. L'accélérateur de particules qui alimentera le réacteur de recherche s'est allongé de plusieurs mètres. Le liquide de refroidissement plomb-bismuth a subi une batterie de tests de simulation. En 2018, les premiers résultats de cette expérience à grande échelle nous sont parvenus : le refroidissement est assuré.

Ce même zèle dans la préparation a mené à un tournant dans le dossier RECUMO. Avec RECUMO, notre centre de recherche offre une solution structurelle pour la gestion des résidus hautement radioactifs résultant de la production de radio-isotopes médicaux, actuellement stockés sur le site de l'Institut national des radioéléments à Fleurus. Ce projet contribue ainsi à la sécurité d'approvisionnement des radio-isotopes médicaux. En outre, il nous permet de consolider la *pole position* de la Belgique en matière de production de radio-isotopes médicaux.

Toujours plus loin dans l'exécution. Plusieurs groupes de recherche ont uni leurs forces afin de fonder NURA, un centre médical nucléaire d'excellence. Grâce à NURA, nous mènerons des études inédites sur des produits radiopharmaceutiques à la demande de partenaires cliniques et industriels visant au traitement de différents types de cancer.



Eric van Walle
Directeur général
du SCK·CEN

Toujours plus loin dans la finalisation.

L'année 2018 était également celle du sprint final dans l'achèvement de grands projets. Nous avons, entre autres, mené à bien deux ambitieux projets de démantèlement et posé la dernière pierre au bâtiment EME, avec ses équipements de haute technologie et ses locaux destinés au plan d'urgence flambant neufs.

Toujours plus loin. En gardant toujours un œil sur l'homme et l'environnement. Je vous invite à feuilleter ce rapport annuel et à revivre avec nous le chemin parcouru.

Bonne lecture !



2018

en bref

01

Feu vert pour MYRRHA

- 12 Le monde a besoin de MYRRHA
- 16 L'accélérateur MINERVA a pris de la longueur
- 20 Le mini-MYRRHA simule le refroidissement du réacteur

02

Des connaissances pour la vie

- 26 Une solution structurelle pour la gestion des déchets médicaux hautement radioactifs
- 30 Prendre soin des générations futures
- 34 La France commande des essais de matériaux
- 36 Se familiariser avec le secteur nucléaire par le jeu

03

Un sérieux frein au cancer

- 40 Du diagnostic à la thérapie du cancer
- 44 Le SCK•CEN étend sa production de radio-isotopes médicaux

04

Un cœur pour l'homme et l'environnement

- 50 Un bâtiment à la pointe de la technologie au service de l'homme et de l'environnement
- 54 La lentille d'eau, éponge radioactive
- 58 Le démantèlement de cellules de haute activité génère une expérience précieuse
- 62 La touche verte augmente le bien-être du personnel

05

Chiffres clés

2018

en bref

Janvier - Février

20/01

Le SCK•CEN s'est rendu sur la dépression du Danakil en Éthiopie, l'un des endroits les plus inhospitaliers sur terre afin d'étudier le comportement des micro-organismes en conditions extrêmes.



30/01

Le Secrétaire d'État au Commerce extérieur Pieter De Crem, également envoyé spécial du gouvernement fédéral pour le projet de recherche MYRRHA, rend visite au SCK•CEN.

27/02

Tous les yeux sont tournés vers MYRRHA lors du Big Science Business Forum à Copenhague.



16/03

Le SCK•CEN et TRIUMF (Canada) coopèrent pour la production de radio-isotopes rares.



21/03

Le directeur général de l'AIEA Yukiya Amano en visite au SCK•CEN.

Mars - Avril



18/05

Une école bruxelloise remporte le *Nuclear Game Challenge*, une compétition scientifique pour jeunes organisée par le SCK•CEN et le Centre commun de recherche (CE-CCR).

p 36



27/06

Le SCK•CEN et l'Argentine renforcent leur coopération en matière de sûreté nucléaire.

Mai - Juin



04/07

Le Quartier résidentiel de la Boeretang à Mol se refait une beauté.

Juillet - Août

Septembre

07/09

Le gouvernement donne son feu vert au projet MYRRHA.

p 12

20/09

Le SCK•CEN signe le Green deal « Entreprises et biodiversité »

p 62

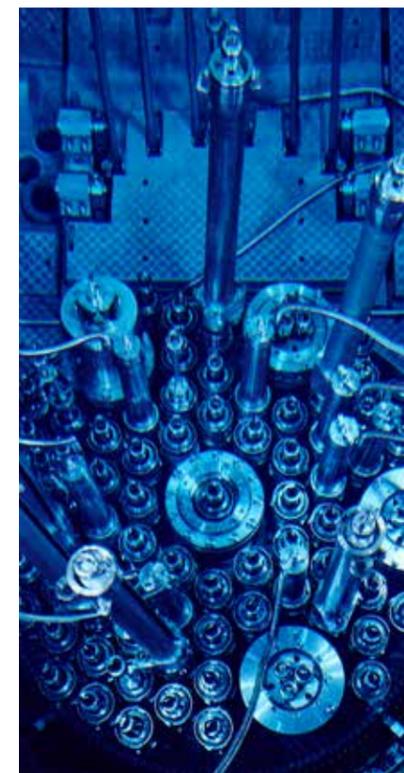


Octobre

09/10

Le SCK•CEN produira dès 2019 deux nouveaux radio-isotopes médicaux pour le traitement ciblé de plusieurs cancers.

p 44



Novembre - Décembre

29/11

Le SCK CEN intensifie ses collaborations avec le Maroc.

27/12

Le SCK•CEN et l'IRE ont signé un partenariat, grâce auquel une solution structurale a été trouvée pour une gestion sûre des résidus issus de la production de radio-isotopes médicaux.

p 26





Feu vert
pour
MYRRHA

01

Le monde a besoin de MYRRHA

Offrir une solution technologique permettant de réduire les déchets nucléaires et de produire de nouveaux radio-isotopes médicaux innovants. C'est l'ambition de l'installation de recherche MYRRHA. « Cette ambition est en train de devenir réalité grâce à une injection financière majeure du gouvernement belge », déclare Hamid Aït Abderrahim, directeur général adjoint du SCK•CEN et directeur de MYRRHA. La décision du gouvernement de soutenir le projet donne un coup d'accélérateur à la construction de MYRRHA.

En septembre 2018, le Conseil des ministres a donné son feu vert à la construction d'une installation de recherche innovante MYRRHA, le premier prototype au monde de réacteur nucléaire piloté par un accélérateur de particules. Grâce à cette injection financière de 558 millions d'euros, le SCK•CEN peut en entamer la construction sur le site de Mol. Le centre de recherche commence avec l'accélérateur de particules et ses stations d'irradiation pour la recherche fondamentale et appliquée ainsi que pour les applications médicales.

Le gouvernement belge cofinance la construction de MYRRHA. Un gage de confiance ?

Hamid Aït Abderrahim : Avec MYRRHA, nous voulons démontrer que la transmutation à une échelle semi-industrielle est possible. La transmutation convertit par fission nucléaire les déchets hautement radiotoxiques à demi-vie longue - appelés actinides mineurs tels que le neptunium, l'américium et le curium - en éléments moins radiotoxiques et à demi-vie plus courte. Cela permet de réduire le temps de stockage géologique, envisagé pour les déchets hautement radioactifs, de 300 000 ans à 300 ans et de réduire le volume d'un facteur 100. La transmutation offre donc de nouvelles perspectives en matière de stockage géologique. En outre, MYRRHA contribuera à la production de radio-isotopes innovants et au développement de traitements anticancéreux ayant moins d'effets secondaires. En bref : un projet d'utilité sociale.

Le gouvernement belge le reconnaît et a récemment décidé de soutenir dès à présent la phase de construction sans attendre l'engagement d'investisseurs étrangers. Il exprime ainsi sa totale confiance. Un signal clair pour nous, mais aussi pour les partenaires étrangers. Cela stimulera sans aucun doute l'envie d'intégrer le projet. Entre-temps, la France, le Japon, la Suède, les États-Unis et la Chine ont déjà manifesté leur intérêt. Je suis donc très heureux que la Belgique ait fait le premier pas.



Cette décision s'est quand même fait attendre, mais vous y avez toujours cru.

Hamid Aït Abderrahim : Bien sûr ! Je n'en ai pas douté une seconde. Le monde a besoin de MYRRHA : MYRRHA est synonyme de diagnostics médicaux, d'un meilleur traitement du cancer, de recherches novatrices et de traitement des déchets nucléaires. C'est désormais une réalité.

La construction s'accélère à présent. Quand MYRRHA sera-t-il opérationnel ?

Hamid Aït Abderrahim : Tout comme Rome ne s'est pas faite en un jour, ce projet prend également du temps. La construction de MYRRHA se déroule en trois phases. Avec le financement du gouvernement belge, nous pouvons réaliser la phase 1 de MYRRHA.

Qu'est-ce que cette phase implique ?

Hamid Aït Abderrahim : Au cours de la première phase, nous construirons MINERVA, l'accélérateur de particules d'une énergie de 100 MeV couplé à une installation de cible protons (PTF - Proton Target Facility). MINERVA a pour but de démontrer la fiabilité de l'accélérateur linéaire. Nous visons 2026 pour exploiter cette installation modulaire. À partir de là, nous pouvons produire des radio-isotopes médicaux et mener des recherches fondamentales en physique et en science des matériaux. Nous avons fait beaucoup de progrès depuis la décision du gouvernement. L'accélérateur de particules s'est déjà allongé de nombreux mètres ! [Lire les détails en page 16]

« La décision du gouvernement est un gage de confiance. Un signal clair pour nous, mais aussi pour les partenaires étrangers. »

« Grâce à sa diversité d'applications innovantes, MYRRHA devient un pôle d'attraction international pour les scientifiques, les centres de recherche et les universités. »

Le travail ne s'arrête pas là.

Hamid Aït Abderrahim : En effet. Au cours de la première phase, nous nous efforcerons également d'effectuer les travaux préparatoires pour le passage à 600 MeV (phase 2) et de relier l'accélérateur de particules au réacteur MYRRHA (phase 3). La construction du réacteur MYRRHA est également incluse dans la phase 3. Nous voulons terminer les travaux d'ici 2033.

Une fois MYRRHA opérationnel, le SCK•CEN peut commencer la transmutation. De quelle quantité de déchets nucléaires belges est-il question ?

Hamid Aït Abderrahim : Plus de 5000 tonnes de combustible nucléaire irradié provenant de centrales nucléaires nous attendent. Représentons-nous concrètement cette quantité. Après 40 ans d'exploitation, les déchets nucléaires de toutes les centrales belges couvrent environ la taille d'un terrain de football, sur une hauteur d'un demi-mètre. Si nous pouvions traiter ces déchets, la couche n'aurait plus qu'une hauteur de 5 mm.

VAGUE DE RECRUTEMENT

La construction de MYRRHA s'accélère. « Cela a déclenché une forte vague de recrutement. Notre équipe compte à présent 135 personnes : employés et externes. Nous recruterons 81 personnes en 2019 et encore une quarantaine dans les prochaines années », a déclaré Hamid Aït Abderrahim, directeur général adjoint du SCK•CEN et directeur du projet MYRRHA. En outre, le projet MYRRHA générera des emplois chez les fournisseurs. « Gardez un œil sur notre page des postes vacants et n'hésitez pas à postuler. »



Pourquoi les réacteurs actuels à refroidissement par eau ne peuvent-ils pas s'acquitter de cette tâche ?

Hamid Aït Abderrahim : Pour pouvoir transmuter, nous avons besoin de neutrons rapides. L'eau les ralentit et n'est donc pas le liquide de refroidissement recommandé à cet effet. Dans la conception MYRRHA, nous avons opté pour un mélange de plomb et de bismuth. Ce choix nous a posé quelques questions. De quels matériaux structurels ce liquide de refroidissement a-t-il besoin ? Le refroidissement sera-t-il garanti si les pompes primaires s'arrêtent ? De nombreuses expériences sont actuellement en cours dans E-SCAPE, un modèle à l'échelle 1/6 de MYRRHA. En 2018, nous avons obtenu les premiers résultats de l'expérience à grande échelle réalisée dans E-SCAPE. Le système fonctionne. Le refroidissement reste garanti ! [Lire la suite en page 20]

MYRRHA explore clairement les limites de l'inconnu. MYRRHA deviendra-t-il le centre technologique international du secteur nucléaire ?

Hamid Aït Abderrahim : Grâce à sa diversité d'applications uniques et innovantes, MYRRHA deviendra en effet un pôle d'attraction international pour les scientifiques, les centres de recherche et les universités. Une nouvelle génération d'experts y suivra également sa formation dans le futur. Nous renforçons ainsi le rôle de pionnier que le SCK•CEN a joué depuis sa création. Le réacteur belge 1 (BR1 - Belgian Reactor 1) a été le premier réacteur de recherche sur le sol belge. Le réacteur belge 2 (BR2 - Belgian Reactor 2) est l'un des réacteurs de recherche les plus puissants et les plus flexibles au monde. Le démantèlement du réacteur belge 3 (BR3 - Belgian Reactor 3) est une première en Europe. Avec MYRRHA, nous poursuivons notre chemin de pionnier et stimulons le développement de technologies de base innovantes, sûres et durables. La Belgique en profite également : la connaissance nucléaire reste dans le pays.

MYRRHA est non seulement un atout technologique, mais également un atout socio-économique pour la Campine, la Flandre, la Belgique et même l'Europe.

Hamid Aït Abderrahim : MYRRHA est synonyme d'emplois. Nous avons besoin de personnel d'abord pour construire, puis pour exploiter l'installation. Je parle d'une moyenne de 700 personnes par an. De plus, nous allons acquérir de nouvelles compétences. Des compétences que nous pouvons valoriser à nouveau par des spin-offs. Nous continuerons également d'explorer les limites de la science et de la technologie, par exemple en nous concentrant sur la production d'isotopes alpha ou en développant de nouveaux matériaux par le biais de la recherche. Tout cela permettra de créer un nouveau cluster industriel dans la région de Mol.

Être pionnier, c'est aussi prendre des risques. Ce nouveau concept de réacteur est-il sûr ?

Hamid Aït Abderrahim : Absolument ! Si vous éteignez l'accélérateur de particules, le réacteur s'arrêtera en un milliardième de seconde.

L'accélérateur MINERVA a pris de la longueur

Au Centre de Ressources du Cyclotron de Louvain-la-Neuve, le SCK•CEN construit la première partie de l'accélérateur de particules, qui alimentera le réacteur de recherche MYRRHA. Cette première phase (d'une énergie jusqu'à 100 MeV) couplée aux stations d'injection et d'irradiation constitue un projet autonome : MINERVA. MINERVA permet au SCK•CEN de tester la fiabilité de l'accélérateur de particules, de produire de nouveaux radio-isotopes médicaux et d'effectuer des recherches fondamentales.

Grâce à l'injection financière du gouvernement belge, MYRRHA devient une réalité. MYRRHA est le premier prototype au monde de réacteur nucléaire piloté par un accélérateur de particules. La particularité de cette configuration - (ADS - *Accelerator Driven System*) - est le cœur sous-critique du réacteur. Le cœur ne contient pas suffisamment de matière fissile pour maintenir spontanément la réaction en chaîne et doit donc être alimenté en permanence par une source externe de neutrons. « C'est là que l'accélérateur de particules entre en jeu », explique Dirk Vandeplassche, physicien et spécialiste des accélérateurs de particules.

« Dans la conception de MYRRHA, nous avons opté pour un accélérateur linéaire (*linac*) », explique Dirk. « C'est pour assurer la plus grande fiabilité. En effet, un linac génère moins d'interruptions dans le flux de protons du faisceau qu'un cyclotron. » L'accélérateur de particules MINERVA consiste en un injecteur avec une source d'ions et un quadripôle radiofréquence (RFQ - *Radio Frequency Quadrupole*), ainsi qu'une succession d'aimants et de cavités. Le faisceau de protons sera accéléré pour finalement tirer sur une cible de spallation située au cœur du réacteur. « Cet impact libère des neutrons qui maintiendront les réactions de fission », explique Dirk.



Un accélérateur aux couleurs européennes

En 2018, MINERVA - l'accélérateur de particules qui doit atteindre 100 MeV - a pris forme. « Les premiers mètres sont d'ores et déjà installés au Centre de Ressources du Cyclotron à Louvain-la-Neuve. La source d'ions et divers composants de cet accélérateur ont été testés pour la première fois à Grenoble et ont maintenant été transférés en Belgique. L'accélérateur ne s'arrête donc pas à la frontière belge : il réunit de nombreux partenaires européens et constitue donc un accélérateur aux couleurs européennes », explique Dirk Vandeplassche. L'équipe de l'accélérateur a réassemblé les composants et installé l'ensemble du câblage.

L'accélérateur MINERVA fournira, à l'avenir, 100 MeV de protons, mais cette installation à Louvain-la-Neuve est limitée à 5,9 MeV. Dirk : « La partie basse énergie est extrêmement importante et essentielle pour le comportement du faisceau de protons pendant tout le processus d'accélération. C'est pourquoi nous accordons une grande attention aux tests approfondis. Nous voulons fabriquer autant de faisceaux de protons que possible et les caractériser. » Des tests de haute puissance suivront au cours du premier semestre de 2019 et le RFQ sera couplé à l'accélérateur. « Ce sera un moment magique, mais stressant », se réjouit Dirk. « Stressant bien sûr... Mais je serais fort étonné s'il ne fonctionnait pas correctement. » Le RFQ est un maillon fondamental pour atteindre la fiabilité extrêmement importante pour MYRRHA.

Dirk Vandeplassche et Jeroen Engelen travaillent sur l'accélérateur de particules

Dans une phase ultérieure du projet MINERVA, l'accélérateur de particules augmentera progressivement en puissance jusqu'à un niveau d'énergie de 100 MeV. MINERVA sera mis en service en 2026. À partir de ce moment, l'accélérateur de particules et ses deux stations d'irradiation couplées seront utilisés pour produire des radio-isotopes médicaux et effectuer des recherches fondamentales et appliquées en physique et en recherche sur les matériaux, plus particulièrement dans le domaine de la fusion nucléaire. Avant cela, l'accélérateur de particules doit d'abord être déménagé vers le site de Mol.

Déménagement vers Mol

Les préparatifs pour le bâtiment dans lequel MINERVA sera installé vont bon train. « Sa construction effective commencera en 2022 et les bâtiments doivent être prêts pour l'installation des systèmes un an et demi plus tard », déclare Jeroen Engelen qui travaille au service *Balance of Plant* du SCK·CEN et qui est responsable de la conception et de la mise en œuvre. « Nous parlons d'un tunnel de 150 mètres de long pour l'accélérateur et parallèlement à celui-ci, d'un grand hall technique. Au début de l'accélérateur, il y aura un bâtiment pouvant accueillir notamment des espaces de travail, des bureaux et des laboratoires. Une fois la phase de construction terminée, nous commencerons l'installation de l'accélérateur de particules et de la source d'ions. »

« Nous sommes en train de construire la première partie de l'accélérateur de particules MINERVA à Louvain-la-Neuve et, par extension, la première phase de MYRRHA. »

2 KELVINS, BIEN FRAIS !

La supraconductivité est le phénomène par lequel la résistance électrique de certains matériaux disparaît sous une certaine température. « La température dont nous avons besoin est de 2 kelvins. C'est proche du zéro absolu et donc plutôt frais », dit Dirk Vandeplassche.

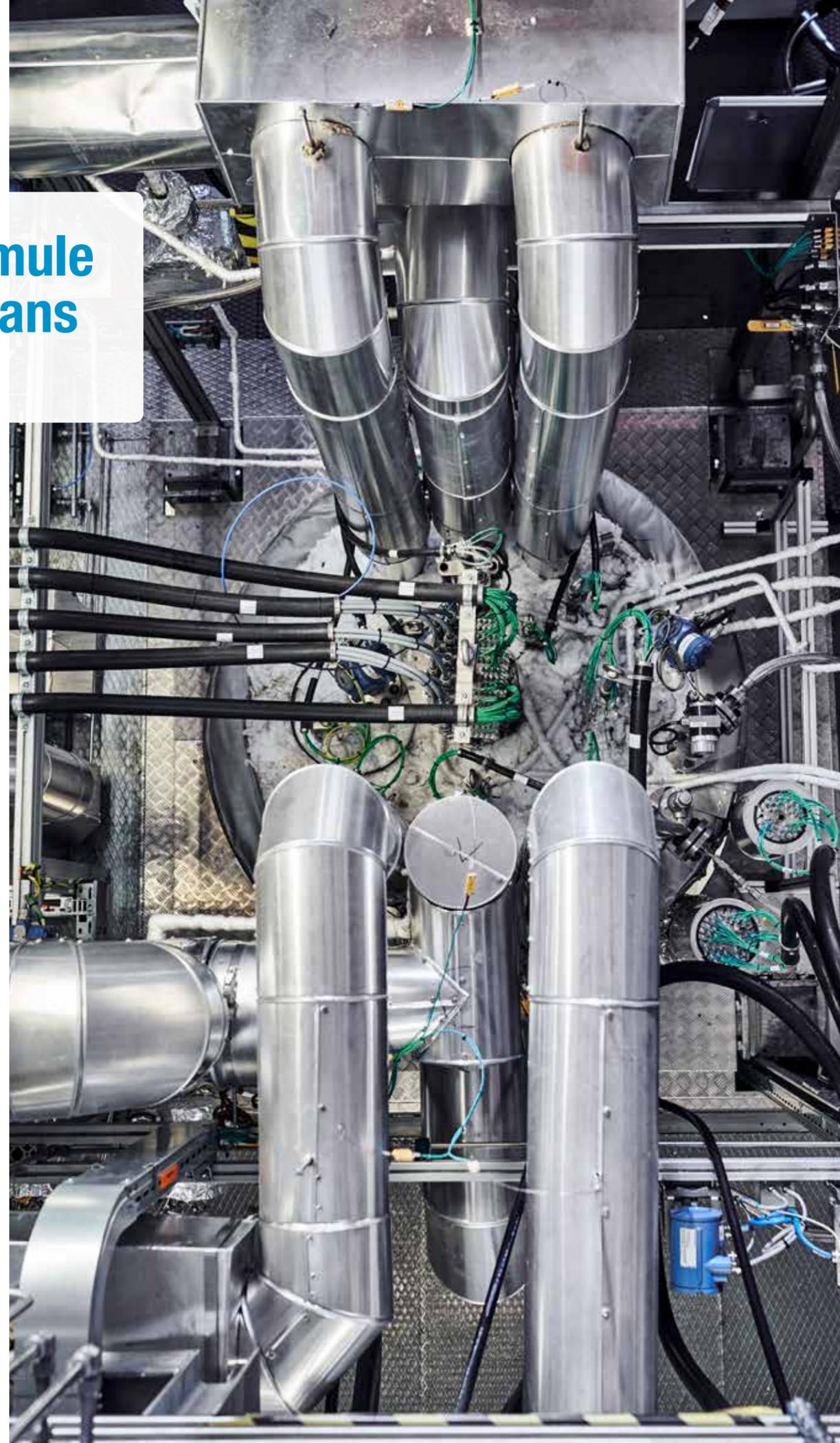
Le dernier défi consiste à augmenter le niveau d'énergie jusqu'à 600 MeV. « Cette énergie est nécessaire pour pouvoir mener à bien toutes les activités planifiées, et en particulier la transmutation », explique Jeroen. Pour atteindre ce niveau d'énergie, l'accélérateur doit être allongé de 250 mètres. « Nous connecterons ensuite l'accélérateur au bâtiment du réacteur MYRRHA qui sera également construit lors de cette phase. » La longueur totale de l'installation - bâtiment principal, injecteur, tunnel d'accélérateur jusques et y compris l'impressionnant bâtiment réacteur - s'élèvera alors à près de 500 mètres. Il y aura un appel d'offres européen pour les travaux prévus. « Nous invitons toutes les parties nationales et étrangères à y participer », conclut Jeroen. En termes d'emplois - à Mol et au-delà - cela peut compter. En moyenne, près de 700 personnes travailleront sur MYRRHA chaque année, tant pendant la phase de construction que pendant l'exploitation de l'infrastructure.



Le mini-MYRRHA simule le refroidissement dans le réacteur

Le site du SCK•CEN à Mol propose l'unique modèle intégral réduit au monde d'un réacteur nucléaire refroidi avec un alliage liquide plomb-bismuth : E-SCAPE. Grâce au modèle à l'échelle 1/6, les chercheurs simulent le refroidissement du réacteur de recherche innovant MYRRHA. Les résultats montrent que le refroidissement reste garanti.

MYRRHA produira des radio-isotopes médicaux, facilitera la recherche sur les matériaux pour les réacteurs de fission et de fusion et fera un grand pas en avant dans la fermeture du cycle du combustible nucléaire. Le SCK•CEN applique le principe de la transmutation à ce dernier. « La transmutation convertit les déchets hautement radiotoxiques à vie longue - lesdits actinides mineurs tels que le neptunium, l'américium et le curium - en produits de fission moins radiotoxiques de vie plus courte grâce à la fission nucléaire », explique l'ingénieure en nucléaire Katrien Van Tichelen. Si la transmutation allège donc les exigences en matière de stockage géologique, elle ne fonctionne pas dans les réacteurs à refroidissement par eau actuels. Dans ces réacteurs, la probabilité d'absorption - l'atome absorbant le neutron pour s'alourdir - est en effet supérieur à la probabilité de fission de certains atomes. « Ces atomes lourds contribuent beaucoup à la radiotoxicité des déchets et ont une durée de vie plus longue. Les neutrons rapides réussissent à fissionner ces noyaux lourds », explique Katrien.



L'eau modère, ralentit les neutrons rapides et empêche la fission des actinides mineurs. « Dans ces circonstances, la transmutation ne peut avoir lieu », explique Katrien. Dans la conception de MYRRHA, un mélange eutectique de plomb (44,50 %) et de bismuth (55,50 %) refroidira le noyau sans freiner les neutrons rapides. « Le liquide de refroidissement circule dans le cœur du réacteur, y absorbe de la chaleur, monte et rejette cette chaleur dans les échangeurs de chaleur, puis retombe dans le cœur. Voilà comment le cœur du réacteur est refroidi. »

Refroidissement par convection naturelle

Les températures dans le cœur du réacteur doivent respecter certaines limites en toutes circonstances. « Pour tester cela, nous avons conçu E-SCAPE : un modèle réduit expérimental à l'échelle 1/6 de MYRRHA, ou un mini-MYRRHA », explique Katrien. La configuration de E-SCAPE est - tout comme MYRRHA même - du type dit de piscine (« pool »). Cela signifie que tous les composants - le cœur du réacteur, les pompes et les échangeurs de chaleur - sont immergés dans le liquide de refroidissement. « Pour simuler la chaleur du cœur du réacteur, nous avons placé des éléments chauffants électriques dans E-SCAPE. Ces éléments chauffants sont disposés en cinq anneaux et ont une capacité totale de 100 kilowatts pour un volume de 30 litres. Avec environ 300 capteurs, nous surveillons les températures dans la cuve et nous les répertorions », explique le chercheur Fabio Mirelli. Des parties du modèle réduit sont systématiquement désactivées pour simuler les circonstances accidentelles. « Et si une pompe venait à tomber en panne ? Que se passe-t-il si un échangeur de chaleur ne fonctionne pas suffisamment ? Le phénomène de convection naturelle s'enclenche-t-il ? Pouvons-nous garantir le refroidissement du cœur du réacteur ? Ce sont des informations importantes pour la conception et l'analyse de sûreté du réacteur de recherche MYRRHA. »



Fabio Mirelli, chercheur au SCK•CEN

« Nos expériences fournissent des informations importantes pour la conception et l'analyse de la sûreté de MYRRHA. »



Par convection naturelle, on entend l'écoulement d'un liquide, résultant d'une différence de température entraînant une différence de densité. « Le liquide chaud a une densité plus faible et remonte à la surface, tandis que le liquide froid coule au fond en raison de sa densité plus élevée », explique Katrien. En 2018, les premiers résultats de l'expérience à grande échelle ont été obtenus. « Le système fonctionne. Le refroidissement par convection naturelle est plus que suffisant pour évacuer la chaleur résiduelle. Même lorsque nous arrêtons les pompes, le refroidissement reste garanti », affirment les deux chercheurs. Les scientifiques analyseront les données en détail au cours des prochains mois.

Katrien Van Tichelen, ingénieure nucléaire au SCK•CEN



Des bruits rassurants

Les deux chercheurs ont passé beaucoup de temps l'an dernier près de E-SCAPE. « En été, il fait 30 à 35°C », explique Fabio Mirelli. Une température carabinée accompagnée d'un bruit continu des pompes. « Ce bruit devient rassurant au bout d'un moment. C'est comme le moteur de votre voiture. Vous pouvez dire au son si tout fonctionne normalement. Donc, je tiens vraiment à entendre ces bruits de pompe. » Une fois l'expérience en cours, il suffit aux chercheurs de garder un œil sur la situation et d'analyser les données enregistrées. Pour avoir une idée encore meilleure des modèles d'écoulement du mélange de plomb et de bismuth, les chercheurs planifient les mesures en 2019 avec des capteurs de vitesse à ultrasons. À plus long terme, les chercheurs vérifieront également les conditions chimiques de l'alliage liquide dans E-SCAPE. « Nous disposons alors d'une mine d'informations et de données indispensables pour pouvoir exprimer ce que nous attendons de l'exploitation du réacteur de recherche MYRRHA », conclut Fabio.

La technologie

Faire office de pionnier

Le SCK•CEN est un berceau de la technologie et de l'innovation. Grâce à nos infrastructures uniques, nous sommes en mesure de mener des expériences révolutionnaires et de développer des technologies de pointe. Pourtant, l'innovation ne découle pas uniquement des connaissances acquises ou des technologies mises au point. L'innovation est aussi le fruit de la créativité et de la motivation de nos collaborateurs. C'est indispensable si l'on souhaite créer l'inspiration ainsi que des opportunités dans le but de trouver des solutions efficaces pour la société.

Marc Schyns

Directeur d'institut
Systèmes nucléaires avancés





Des
connaissances
pour la vie

02

Une solution structurelle pour la gestion des déchets médicaux hautement radioactifs

Le SCK•CEN et l'Institut National des Radioéléments (IRE) travaillent main dans la main. Le centre de recherche offre une solution structurelle pour la gestion des déchets hautement radioactifs provenant de la production de radio-isotopes médicaux qui sont stockés sur le site de l'IRE à Fleurus. Ce projet, appelé RECUMO, contribue ainsi à la sécurité d'approvisionnement en radio-isotopes médicaux.



« Grâce à ce partenariat, la Belgique peut assurer l'ancrage de ses vastes connaissances nucléaires. »

La Belgique est l'un des cinq acteurs mondiaux de la production et de la distribution de radio-isotopes médicaux. « Notre réacteur de recherche BR2 prend en charge la première phase de production de radio-isotopes médicaux : l'irradiation de cibles. Ensuite, l'Institut National des Radioéléments (IRE) traite ces cibles par un procédé chimique pour obtenir des radio-isotopes médicaux qui seront administrés aux patients », explique Eric van Walle, directeur général du SCK•CEN. Cette production s'accompagne de déchets hautement radioactifs (c'est-à-dire les déchets d'uranium hautement contaminés). Les déchets hautement radioactifs sont stockés sur le site de l'IRE à Fleurus, mais en 2010, l'Agence fédérale de contrôle nucléaire (AFCN) a annoncé que le stock approchait des limites de stockage acceptables.

« Si la limite de stockage est atteinte, la production et donc aussi la sécurité d'approvisionnement ne peuvent pas être garanties. Cela pourrait avoir un impact majeur sur le secteur médical. C'est en effet grâce à la production belge de molybdène 99 que près de 7 millions de patients dans le monde peuvent être soumis à un examen médical. Les radio-isotopes médicaux sont indispensables dans la lutte contre le cancer », explique Eric van Walle (SCK•CEN). L'IRE a alors commencé à chercher une solution structurelle. Diverses options ont été analysées, mais le sort en fut jeté à la fin de l'année dernière : le SCK•CEN purifiera les déchets hautement radioactifs et l'uranium qu'ils contiennent. « Nous allons traiter les déchets tant actuels que futurs, ceux issus de la production jusqu'en 2038 », explique Eric van Walle à propos du partenariat public-public entre les deux parties.



Erich Kollegger, CEO de l'IRE, et Eric van Walle, directeur général du SCK•CEN

Le projet, appelé RECUMO, confirme les excellentes relations que le SCK•CEN et l'IRE entretiennent depuis des années. « Et ce n'est pas tout », insiste Erich Kollegger, le CEO de l'IRE. « Grâce à ce partenariat, la Belgique peut assurer l'ancrage de ses vastes connaissances nucléaires. Nous conservons le savoir-faire indispensable à la gestion sûre de cet héritage nucléaire et nous renforçons notre position de leader dans la production de radio-isotopes médicaux. » Le projet donne également un coup de pouce à la non-prolifération au niveau mondial. « À Mol, nous allons purifier les déchets et les convertir en uranium faiblement enrichi », ajoute Eric van Walle.

Haute technologie

RECUMO utilise une technologie de radiochimie de pointe pour le processus de purification. « Ce n'est pas la première fois que le SCK•CEN applique cette technologie. En 1988, la technologie était déjà utilisée à l'échelle de laboratoire. Avec succès ! Nous avons maintenant affiné, optimisé et mis au point la technologie pour l'utiliser à une échelle semi-industrielle », explique Eric van Walle (SCK•CEN). Pour réaliser tout cela et assurer le succès du partenariat, des infrastructures de pointe seront construites sur le site de Mol. Le projet crée aussi de nouveaux emplois - tant pendant la phase de construction que pendant l'exploitation de l'infrastructure.

PLUS FORTS ENSEMBLE

Le 27 décembre 2018, le SCK•CEN et l'IRE ont signé un partenariat public-public - l'un des premiers en Belgique. « Le SCK•CEN et l'IRE sont complémentaires dans le domaine des radio-isotopes médicaux. Je suis content que nous nous soyons retrouvés, car ensemble, nous sommes plus forts. Il est indispensable de joindre nos efforts pour intensifier la lutte contre le cancer », conclut Eric van Walle, directeur général du SCK•CEN.



Une nouvelle formule de ciment

Parallèlement, le SCK•CEN travaille – en collaboration avec l'ONDRAF (Organisme national des déchets radioactifs et des matières fissiles enrichies) – à une formule de ciment pour conditionner le flux de déchets liquides après le processus de purification. « Grâce à une étude de la littérature et à notre expertise unique, nous avons pu dresser une liste des formules de ciment possibles et identifier les meilleurs candidats. Nous étudions maintenant les déchets liquides, leur stabilité et leurs variations possibles. Lorsque nous aurons reçu la liste des exigences techniques et chimiques, le ciment devra satisfaire à toutes les variantes de cette liste », explique Eric van Walle. Dans l'étape suivante, les déchets liquides seront mélangés aux formules de ciment et soumis à de nombreux tests. Eric van Walle : « Tests de compression, tests de traction, tests chimiques, etc. la liste est longue. Nous devons nous assurer de la compatibilité du ciment avec son environnement. »

Sous la supervision de

Le projet RECUMO est réalisé en étroite collaboration avec la Direction générale de l'énergie du SPF Économie, PME, Indépendants et Énergie et sous la supervision de l'Agence fédérale de contrôle nucléaire (AFCN), d'Euratom et des États-Unis. Eric : « Ils imposent des normes de sûreté et de sécurité nucléaires et contrôlent strictement leur respect ».

Des développements ultrarapides

Le projet RECUMO a donné le ton, car les deux instituts n'excluent pas d'autres collaborations. « Le monde des radio-isotopes médicaux évolue à la vitesse de l'éclair. Les radio-isotopes thérapeutiques, par exemple, deviennent de plus en plus importants. Prenez le lutécium-177, par exemple. Ce radio-isotope est en passe d'obtenir une autorisation de mise sur le marché de l'Union européenne pour le traitement du cancer de la prostate, le deuxième cancer en importance chez les hommes. Nous constatons également que la demande augmente de manière exponentielle, par un facteur dix. Dans le domaine des radio-isotopes médicaux, le SCK•CEN et l'IRE sont complémentaires et nous apportons donc une valeur ajoutée réciproque », précise Eric van Walle. Erich Kollegger le confirme : « Pourquoi ne devrions-nous pas joindre nos efforts ? RECUMO prouve que c'est possible. Les informations que nous tirons de ce projet fournissent des connaissances aux deux parties. Nous serons donc de plus en plus étroitement liés. »

« Le SCK•CEN et l'IRE affichent une valeur ajoutée réciproque. Alors pourquoi ne devrions-nous pas joindre nos efforts ? »

Prendre soin des générations futures

Comment le combustible usé provenant des réacteurs nucléaires réagit-il avec son environnement s'il est stocké directement sous terre ? Peut-on séparer les radionucléides présents en différentes fractions afin de pouvoir gérer ces composants de manière plus ciblée et plus efficace ? Le SCK•CEN se concentre sur le sujet.

Dès les années 1970, la Belgique a lancé son propre programme nucléaire avec la construction de quatre réacteurs à Doel et de trois réacteurs à Tihange. Les premiers ont été mis en service en 1975. Depuis lors, les sept réacteurs assurent environ 50 % de l'approvisionnement en électricité de notre pays. L'énergie est générée par l'irradiation du combustible nucléaire qui est remplacé tous les quatre ans. Si les centrales nucléaires ferment leurs portes en 2025, il y aura plus de 5000 tonnes de combustible usé au total. Par le passé, 600 tonnes avaient été retraitées à La Hague (France), alors que la majeure partie



Eaux souterraines

« Dans la conception actuelle, les éléments combustibles irradiés sont placés dans des conteneurs en béton lourds et blindés. Ces conteneurs sont transportés dans des galeries souterraines, également constituées de béton. Les éléments combustibles irradiés peuvent entrer en contact avec les eaux souterraines qui s'infiltrent dans le béton et deviennent donc alcalines », explique Karel. « Les eaux souterraines revêtent alors les caractéristiques typiques de l'eau interstitielle du ciment : un pH élevé et une concentration élevée en métaux alcalins et en calcium. Quelle est la stabilité chimique du combustible usé dans cet environnement ? C'est une information importante pour évaluer la sûreté du système d'évacuation des déchets. »

Pour résumer l'expérience, au SCK•CEN, on plonge des segments représentatifs de barres combustibles dans de l'eau de ciment à pH élevé pendant au moins dix-huit mois. « Le pH de l'eau de ciment est de 13,5, bien plus élevé que celui de l'eau souterraine normale qui fluctue autour de 7,4 en moyenne. L'objectif est de suivre la libération de radionucléides au fil du temps », déclare Karel.

du combustible usé est toujours en attente d'une destination. « La destination dépend de la décision du gouvernement belge. Notre pays se penche sur l'enfouissement de ses déchets hautement radioactifs et de son combustible usé. Il existe plusieurs options : le combustible usé est soit stocké immédiatement et définitivement dans des couches géologiques, soit il est retraité, ce qui signifie qu'on peut réduire en volume la quantité de déchets à stocker. Le SCK•CEN explore deux pistes dans deux projets multidisciplinaires », explique Christophe Bruggeman, l'un des initiateurs du projet. « Les deux projets ont le même objectif : limiter le fardeau pour les générations futures ».

ENFOUISSEMENT DIRECT

Le SCK•CEN mène des expériences depuis quelque temps pour le compte de l'Organisme national des déchets radioactifs et des matières fissiles enrichies (ONDRAF) qui devraient soutenir des études de sûreté dans le cadre de tout stockage géologique direct. « Le projet SF-ALE que nous réalisons en collaboration avec le centre de recherche allemand Jülich (FZJ) fait partie de ce programme de recherche de l'ONDRAF », explique Karel Lemmens, chef de projet au SCK•CEN. Le projet a débuté en 2018 et teste un aspect spécifique de la sûreté du concept de stockage actuel proposé : l'influence des eaux souterraines alcalines sur la stabilité du combustible irradié.



Les initiateurs du projet : **Christophe Bruggeman, Thomas Cardinaels, Karel Lemmens et Marc Verwerf**

Imiter les conditions réelles

Les chercheurs ont pour objectif de simuler les conditions réelles de stockage souterrain de manière aussi précise que possible dans leurs expériences. « Par exemple, nous avons anticipé une longue durée d'essai car la libération de radionucléides dans ces circonstances devrait être lente. L'expérimentation a débuté en 2018 et la première phase durera jusqu'en 2020. Dans cette phase, nous concentrons sur les radionucléides les plus solubles qui se trouvent dans les structures qui entrent en contact direct avec l'eau de ciment », déclare Gregory Leinders, qui poursuit la collaboration avec le centre allemand FZJ. « Si les résultats sont satisfaisants et, à condition d'obtenir le financement nécessaire, les tests seront poursuivis au cours de la période 2020-2021. »

UNE MEILLEURE GESTION

Avec l'autre projet multidisciplinaire ASOF, le SCK·CEN étudie des pistes pour une gestion plus optimale des combustibles irradiés en Belgique. « ASOF signifie séparation avancée pour une gestion optimale du combustible nucléaire irradié (*Advanced Separation for Optimal management of spent nuclear Fuel*). Comme son nom l'indique, le projet examine l'option d'une séparation plus poussée des différents radionucléides dans les combustibles irradiés. Les différentes fractions qui en résultent peuvent alors être gérées de manière plus ciblée et plus efficace. Comparons-le avec les ordures ménagères : autrefois, on jetait tout, on en faisait un immense tas et on brûlait l'ensemble. Maintenant, on procède à un tri avant le traitement. Ce tri offre la possibilité d'utiliser la meilleure solution pour le traitement des différents composants », illustre Thomas Cardinaels, expert en radiochimie.

« Avec le projet ASOF, nous recherchons un scénario alternatif pour réduire le fardeau et les risques du stockage géologique pour les générations futures. »



Plus de séparation signifie moins de déchets à enfouir

Dans ce contexte, le projet ASOF vise à développer une méthode de séparation de l'américium. Cet élément, et plus particulièrement l'isotope Am-241, présente une forte radiotoxicité, une longue demi-vie (432 ans) et génère beaucoup de chaleur. « Si nous transformons l'américium séparé en une cible pouvant être irradiée dans un réacteur comme MYRRHA, il peut être converti en radionucléides à vie courte », expliquent Thomas Cardinaels et son co-initiateur du projet, Marc Verwerft. « Nous recherchons également une méthode pour séparer les produits de fission, le césium 137 et le strontium 90. Ils ont une courte durée de vie mais génèrent beaucoup de chaleur. En les séparant puis en les conditionnant séparément, nous évitons à cette fraction de se retrouver avec les déchets hautement radioactifs. »

La séparation a donc un impact sur l'empreinte du stockage définitif. « En fait, notre projet consiste en la recherche d'un scénario alternatif pour réduire le fardeau et les risques pour les générations futures », conclut Thomas. Les premiers résultats de l'étude sont attendus dans cinq ans.

Les connaissances

Continuer à investir

Même après une fermeture programmée des réacteurs de puissance en Belgique, il nous faut continuer à investir afin de maintenir les connaissances nucléaires et de les approfondir. Ces connaissances sont utiles pour la gestion sûre des déchets nucléaires, le démantèlement des centrales nucléaires et pour assurer la sécurité de production de radio-isotopes thérapeutiques (pour le traitement thérapeutique ou le diagnostic).

Sven Van den Berghe

Directeur d'institut
Science des matériaux nucléaires



La France commande des essais de matériaux au SCK•CEN

En 2015, la France a découvert des concentrations élevées de carbone dans l'acier des générateurs de vapeur de ses centrales nucléaires. Quel est l'effet de cette « ségrégation de carbone » sur les propriétés mécaniques du matériau ? L'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN), l'équivalent français de l'AFCN, a exigé que la sûreté soit démontrée à travers une étude approfondie pour laquelle le SCK•CEN a été sollicité.

En 2015, des ségrégations de carbone ont été découvertes dans le fond et le couvercle de la cuve de l'EPR Flamanville 3 (EPR-FA3, réacteur à eau pressurisée européen de Flamanville). « La ségrégation est un phénomène connu qui se produit à la fabrication pendant la phase de solidification du lingot. Le premier élément qui se cristallise lors de la solidification de l'acier est l'élément le plus commun, à savoir le fer. Les autres éléments d'alliage présents en plus petites quantités (ex. carbone et soufre) sont piégés dans les zones encore liquides et se solidifient en dernier lieu », explique Rachid Chaouadi, chercheur. « Le problème est que lesdites zones de ségrégation présentent une fragilité accrue. » Après cette découverte, l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) a chargé les exploitants de vérifier les autres composants. Au total, dans 18 des 58 réacteurs nucléaires français, on a détecté des concentrations élevées de carbone dans l'acier provenant du fond primaire de leurs générateurs de vapeur. « Dans douze réacteurs, il s'est même avéré qu'il s'agissait de concentrations particulièrement élevées », explique Rachid.

Cette découverte a ouvert un débat sur la sécurité des réacteurs existants. « Quel est l'effet de la ségrégation de carbone sur les propriétés de l'acier ? », s'interroge Rachid. Pour clarifier cette question, la France a lancé un programme de recherche. Une partie des tests a été confiée au SCK•CEN. « Nous recevons régulièrement de telles missions et possédons une vaste expertise dans ce domaine. Grâce à cette expertise internationalement reconnue, nous sommes apparus comme un éventuel partenaire indépendant », explique Rachid.



Interroger le métal

L'Autorité de Sûreté Nucléaire française (ASN) a demandé à Électricité de France (EDF), premier groupe énergétique mondial, que l'entreprise vérifie si les propriétés du matériau répondent toujours aux exigences de la norme. L'examen au SCK•CEN a été commandé par Framatome, anciennement Areva NP qui fait maintenant partie du groupe EDF. « La composition différente de l'acier des générateurs de vapeur peut influencer les propriétés mécaniques du matériau », explique Marlies Lambrecht, chercheuse. « Dans nos essais, nous nous sommes donc concentrés sur cet aspect. Les essais que nous avons effectués nous ont permis de déterminer les propriétés mécaniques du matériau, y compris la ténacité ou la résistance à la rupture. » Le SCK•CEN a débuté en mars 2018 et a déjà effectué quelques centaines d'essais. Les essais de résilience de type Charpy n'étaient pas particulièrement favorables. « Il s'agit d'un test standard international dans lequel des chercheurs utilisant un mouton pendule rompent les échantillons », explique Marlies. « Les résultats que nous fournissons sont utilisés dans le cadre de la justification d'EDF à continuer l'exploitation des générateurs de vapeur. »

La plupart des tests mécaniques ont donné les résultats escomptés à l'exception de certains essais Charpy. « L'énergie absorbée lors de la rupture des échantillons était inférieure aux valeurs attendues. Toutefois, nos analyses montrent que les résultats se situent toujours dans les statistiques de la mécanique de la rupture », conclut Rachid Chaouadi.

Afin de réaliser une étude plus approfondie, le contrat actuel a été prolongé. Rachid : « Ces tests ont eu lieu en février et mars 2019. Les résultats sont directement transmis à Framatome qui, sur base de ces résultats et d'autres examens éventuels, pourra constituer un dossier et le transmettre aux autorités compétentes. »

« Grâce à notre expertise internationalement reconnue, nous sommes repris par la France comme partenaire indépendant possible pour les essais et l'analyse des matériaux. »

Préserver le savoir-faire nucléaire

Se familiariser avec le secteur nucléaire par le jeu

La SCK•CEN Academy souhaite vulgariser la connaissance des rayonnements ionisants et leurs applications, et ce grâce à une formation et un enseignement approfondis, à des visites d'entreprise inspirantes et à des défis « *scientifiques amusants* » tels que le *Nuclear Game Challenge*. « Notre travail consiste à informer les générations actuelles et futures et à préserver ainsi les connaissances nucléaires », explique Michèle Coeck, responsable de la SCK•CEN Academy.

En 2018, le SCK•CEN a lancé la toute première édition du *Nuclear Game Challenge* en collaboration avec le Centre commun de recherche de la Commission européenne (CE-CCR). « Le *Nuclear Game Challenge* était un concours scientifique destiné aux jeunes de troisième cycle du secondaire. Nous avons mis au défi les jeunes de créer un jeu interactif et éducatif sur la science et les applications nucléaires », explique Michèle Coeck. La compétition scientifique s'est révélée d'un attrait majeur : pas moins de 100 étudiants de 17 écoles différentes se sont inscrits. La compétition a débuté lors d'une soirée de lancement au Musée des Sciences naturelles à Bruxelles, où les étudiants ont été initiés à divers thèmes du nucléaire et pouvaient donc s'en inspirer pour leur jeu. « La radioactivité, la radioprotection, les applications nucléaires et la recherche nucléaire ont été abordées. Ensuite, les étudiants se

sont mis au travail », poursuit Lianne Van Puyvelde, responsable de l'organisation. La SCK•CEN Academy a reçu un total de 18 jeux créatifs. « Félicitations à tous les étudiants, car ils ont placé la barre très haut. Des concepts surprenants, une originalité étonnante et une élaboration détaillée étaient le fil conducteur de nombreux jeux soumis », ajoute Lianne.

Le jeu *Enrich U* créé par l'équipe *Nuclairons* du Collège Jean XXIII de Bruxelles est finalement sorti vainqueur. « Un jeu novateur et original en raison de sa diversité, de son niveau de difficulté constructif, des différents domaines professionnels traités et du défi de penser de manière stratégique. Les cartes de hasard et rebondissements retiennent l'attention jusqu'à la fin. Le suspense est garanti », s'exclame Michèle Coeck. L'équipe a également fourni une extension au jeu. « Dans l'extension, certaines zones sont bloquées par les *rayons gamma*, ce qui confère au jeu une dimension différente. Il faut recourir à d'autres stratégies pour gagner. »

MARQUER LES ESPRITS

Une fois à l'intérieur du SCK•CEN, il y a beaucoup à découvrir : recherche avancée, technologies innovantes et infrastructures uniques. « Nos employés plongent les visiteurs dans le monde de la science et de la technologie nucléaires, mais la question clé est bien entendu : quelle impression leur laissons-nous ? Une évaluation est actuellement en cours pour déterminer si - et si oui comment - nos visites d'école ont une influence sur les connaissances, la perception et le choix des études des jeunes. Nous attendons les résultats l'année prochaine », conclut Michèle Coeck.



Michèle Coeck et Lianne Van Puyvelde, SCK•CEN Academy

« Par de telles initiatives destinées aux jeunes, nous souhaitons accroître les connaissances scientifiques sur les rayonnements ionisants et leurs applications. »

Vulgarisation des rayonnements ionisants

À travers le *Nuclear Game Challenge*, la SCK•CEN Academy veut familiariser les jeunes au secteur nucléaire. « Assurer une main-d'œuvre qualifiée suffisante dans l'industrie nucléaire, les soins de santé, les instances gouvernementales et la recherche est un défi majeur de nos jours. Attirer les jeunes vers les sujets STEM (*science – technology – engineering – mathematics*) est une première étape. Par des initiatives comme celle-ci, nous voulons les familiariser au domaine nucléaire », ajoute Michèle Coeck. L'objectif est d'accroître les connaissances scientifiques sur les rayonnements ionisants et leurs applications. « Ainsi, tout le monde peut participer au débat en étant informés. Nous donnons des faits et chiffres réels et nous fournissons donc des éléments de base scientifiques permettant aux jeunes de se forger leur propre opinion et éventuellement aussi de déterminer leur choix d'études. »

Une large gamme

Le *Nuclear Game Challenge* n'est que l'une des nombreuses initiatives de la SCK•CEN Academy visant à intéresser les jeunes à la science (nucléaire). Michèle Coeck : « Nous soutenons les sujets STEM, entre autres, en proposant un site Web spécifique pour les jeunes et les enseignants, en contribuant aux initiatives éducatives de diverses organisations (telles que VONW, Vlajo, etc.) et en organisant des visites scientifiques dans les laboratoires uniques et les installations nucléaires du centre de recherche à l'attention des étudiants de troisième cycle de l'enseignement secondaire. » Michèle Coeck et sa collègue Lianne Van Puyvelde constatent un vif enthousiasme pour les initiatives proposées. « Étant donné que le SCK•CEN opère dans divers domaines, nous pouvons apporter de la diversité dans la gamme. Il y en a donc pour tous les goûts », nous dit-on.



Un sérieux
frein au
cancer

03

Du diagnostic à la thérapie du cancer

Le SCK•CEN fonde NURA, un centre d'excellence en médecine nucléaire. « Avec NURA, nous mènerons des recherches novatrices sur les produits radiopharmaceutiques pour le compte de partenaires cliniques et industriels afin de traiter différents types de cancer », explique Dennis R. Elema, responsable du projet. Avec la création de NURA, le SCK•CEN accélère la lutte contre le cancer.

Chaque année, le cancer est diagnostiqué chez plus de 65 000 Belges. Le chiffre devrait augmenter et le compteur indiquera près de 80 000 Belges en 2025. La médecine nucléaire est à un tournant de son histoire. « À ce jour, les radio-isotopes ont été largement utilisés en médecine nucléaire pour établir des diagnostics. La substance radioactive reçue par le patient circule dans le corps avec les molécules porteuses et s'accumule au niveau des cellules malades. La substance radioactive s'illumine sous balayage isotopique. Ce faisant, il est possible de découvrir et de localiser les anomalies. Ces dernières années, nous avons constaté que les traitements ciblés sont de plus en plus puissants et que le besoin de radio-isotopes à des fins thérapeutiques s'est accru en conséquence », explique le responsable du projet, Dennis R. Elema.

Pour les traitements ciblés ou la thérapie par radionucléides ciblée (en anglais, *targeted radionuclide therapy*), une molécule porteuse apporte très précisément un isotope radioactif aux cellules cancéreuses. Une fois que la molécule s'est attachée à la cellule, l'isotope radioactif peut irradier la cellule cancéreuse avec l'objectif de toucher et de perturber l'ADN de la cellule. « La tumeur rétrécit et finira par mourir », précise Dennis R. Elema. L'utilisation de produits radiopharmaceutiques thérapeutiques devrait se développer. « C'est la prochaine étape importante dans la lutte contre le cancer », raconte Dennis. Le potentiel de croissance du SCK•CEN, qui contribue depuis de nombreuses années à la lutte contre le cancer, est immense. « Nous disposons des connaissances, de l'infrastructure et des matières premières uniques pour développer de nouveaux produits radiopharmaceutiques. Nous avons donc tous les atouts pour nous positionner, nous concentrer davantage sur les radio-isotopes thérapeutiques et accroître ainsi notre contribution à la lutte contre le cancer. Nous voulons aider les patients à garder leur maladie sous contrôle et à la guérir », explique Dennis. Le SCK•CEN crée donc NURA, avec lequel il souhaite se développer en tant que centre d'excellence en médecine nucléaire.

« Les radiopharmaceutiques thérapeutiques sont la prochaine étape majeure dans la lutte contre le cancer. »

Triple rôle

NURA a une triple fonction. Tout d'abord, en tant qu'organisme de recherche sous contrat (CRO - *Contract Research Organization*), il soutiendra les partenaires cliniques et pharmaceutiques dans la recherche et le développement de produits radiopharmaceutiques prometteurs à des fins thérapeutiques. « Nous nous concentrons sur toutes les étapes qui précèdent les essais cliniques et apportons ainsi un soutien dès les premières phases de la chaîne de développement », indique Dennis. « Dans la première phase, nous marquons de nouvelles molécules porteuses candidates avec un isotope radioactif. Nous allons ensuite identifier le candidat le plus prometteur et allons procéder à de multiples tests sur cette molécule porteuse : des tests in vitro permettant à la molécule porteuse et à la cellule cancéreuse d'interagir dans un tube à essai, et des tests in vivo portant sur le comportement biologique de ces radiopharmaceutiques. Ces tests sont indispensables avant de pouvoir tester le médicament sur des personnes. »

En outre, NURA ambitionne également de devenir un « organisme de fabrication sous contrat (CMO - *Contract Manufacturing Organisation*) ». « Nous voulons devenir un fournisseur stable d'isotopes thérapeutiques. Étant donné que tout se passe en interne, nous pouvons garantir à nos partenaires cliniques et aux sociétés pharmaceutiques une qualité supérieure du processus de développement », explique Dennis R. Elema.

Enfin, le SCK·CEN souhaite, avec NURA, renforcer la recherche sur les applications médicales de la radioactivité dans les groupes de recherche actuels. Une partie de la recherche porte sur le radiomarquage, dans lequel le noyau radioactif est lié à une molécule porteuse afin de visualiser ou d'attaquer une tumeur. « Une approche *one-size-fits-all* (unique) ne fonctionne pas. Chaque type de cellule cancéreuse a ses propres récepteurs, pour lesquels nous devons développer des molécules porteuses ciblées », précise Dennis. De plus, le centre de recherche accorde une attention particulière aux effets à long terme du traitement du cancer par radiopharmaceutique thérapeutique. L'objectif est d'attaquer la tumeur de manière ciblée et de réduire ainsi considérablement les effets secondaires, à court et à long terme ».



Moins de dommages collatéraux

Le SCK·CEN joint immédiatement le geste à la parole. « À l'heure actuelle, nous irradiions déjà des cibles pour la production de lutécium 177 dans le réacteur de recherche BR2. Cet émetteur bêta est largement utilisé dans les hôpitaux pour traiter le cancer », explique Dennis. « De nouveaux traitements sont également en cours de développement. Ces traitements sont basés sur le nouvel émetteur alpha actinium 225 très prometteur. NURA se chargera également de sa production », poursuit Dennis. Le SCK·CEN soumettra l'actinium 225 à des tests de qualité rigoureux, afin de répondre aux exigences des partenaires pharmaceutiques. De nouveaux radio-isotopes tels que le rhénium 188 et le terbium 161 sont également prometteurs. « C'est la prochaine génération de radio-isotopes qui sera produite dans le réacteur de recherche BR2. Plusieurs types de cancer pourront être traités grâce à ces isotopes », explique Dennis.

Des infrastructures renouvelées

Pour réaliser NURA, plusieurs groupes de recherche du SCK·CEN unissent leurs forces. Dennis : « En réunissant la connaissance des différents services (ex., la radiobiologie, la dosimétrie et la radiochimie), nous pouvons offrir à nos partenaires une qualité supérieure. » La coopération interdisciplinaire est certes importante, mais une infrastructure adaptée l'est tout autant. « Un renouvellement de l'infrastructure actuelle est prévu. Les laboratoires actuels se consacrent spécifiquement à la recherche sur les combustibles nucléaires et seront rénovés pour pouvoir répondre plus efficacement aux besoins des produits pharmaceutiques », explique Dennis. Au total, il s'agit de trois laboratoires de recherche en radiochimie et du développement d'un laboratoire préclinique temporaire. « Nous allons également construire un grand centre d'études précliniques. Nous utiliserons ce bâtiment que nous allons ériger en 2021 pour tous les tests in vitro et in vivo. »

Emploi

Le projet NURA, qui est dans les starting-blocks, est un projet qui se démarque des autres. « Un projet de cette taille est aussi pourvoyeur d'emplois », poursuit Dennis. « Tous ceux qui viennent renforcer l'équipe NURA du SCK·CEN contribuent à la lutte contre le cancer. Avec la nouvelle génération de produits radiopharmaceutiques thérapeutiques que nous développons, nous souhaitons améliorer et optimiser le traitement des patients cancéreux. Existe-t-il un but plus noble que cela ? »

« Étant donné que tout est fait en interne, nous pouvons garantir à nos partenaires cliniques et aux sociétés pharmaceutiques une qualité supérieure du processus de développement. »



Le SCK•CEN étend sa production de radio-isotopes médicaux

Afin de répondre à la demande mondiale croissante en radio-isotopes médicaux et au besoin de traitements anticancéreux moins invasifs, le SCK•CEN étend ses activités en médecine nucléaire. Notamment par la production de deux nouveaux radio-isotopes médicaux pour le traitement du cancer de la prostate : le lutécium-177 « non porteur » et l'actinium-225. Le centre de recherche s'associe à cet effet à IRE ELiT et à Global Morpho Pharma.

L'image de l'énergie nucléaire est traditionnellement associée aux réacteurs de production d'électricité. C'est une vue très restreinte du domaine. Sur le site du SCK•CEN, il existe un réacteur qui sauve des milliers de vies chaque année : le réacteur de recherche BR2. Au cœur du réacteur de recherche, plus du quart de la demande mondiale en molybdène 99 (Mo-99) est produite, jusqu'à 65 % lors d'un pic de demande. « Ces dernières années, nous avons déployé des efforts pour adapter les installations d'irradiation à la production d'autres radio-isotopes médicaux. À partir de 2019, deux nouveaux radio-isotopes s'ajouteront à la production existante : le lutécium-177 non porteur ajouté (nca Lu-177) et l'actinium-225 (Ac-225).

« En collaborant avec IRE ELiT et Global Morpho Pharma, nous renforçons notre position de leader en médecine nucléaire. »

Le radio-isotope nca Lu-177 est un allié important dans la lutte contre le cancer de la prostate. « Le cancer de la prostate est le deuxième cancer en importance chez les hommes et cause près de 90000 décès par an en Europe », explique Richard Zimmerman, PDG de Global Morpho Pharma. « En raison de sa pureté, l'isotope apporte moins de radioactivité dans l'organisme lors de l'administration. Cela se traduit par des hospitalisations plus courtes. De plus, ce radio-isotope médical de nouvelle génération peut être lié à une molécule porteuse qui se lie délibérément à la cellule cancéreuse et en perturbe directement l'ADN. Ainsi, le tissu sain n'est pratiquement pas touché. Moins d'effets secondaires, un pas de plus dans le développement de traitements personnalisés. »

Dans sa quête de traitements anticancéreux moins invasifs, le SCK•CEN produira également un deuxième radio-isotope innovant : l'actinium-225 (Ac-225). « L'actinium-225 - également lié à une molécule porteuse - libère des particules alpha qui détruisent les cellules cancéreuses. Le radio-isotope permet d'adapter le traitement à la taille et à la localisation de la tumeur », explique Richard.



Coopération renforcée avec IRE ELIT

Comme pour la production de molybdène 99 (Mo-99), le SCK•CEN s'appuie sur l'Institut National des Radioéléments (IRE) de Fleurus. « Pour la production de nca Lu-177, un partenariat a été noué avec IRE ELIT, une filiale de l'IRE. Cette filiale est spécialisée dans la production de produits radiopharmaceutiques utilisés dans le traitement de divers types de cancer et les soins palliatifs. En collaborant avec IRE ELIT, nous pouvons atteindre un excellent niveau de qualité. Une qualité qui respecte les règles et répond aux attentes des bonnes pratiques de fabrication (BPF) (*Good Manufacturing Practices - GMP*) », explique Koen Hasaers, chef du département commercial et marketing à propos de la collaboration. Le SCK•CEN est chargé de la production de l'Ac-225.



Koen Hasaers, chef du département commercial et marketing

COURSE CONTRE LA MONTRE

Le lutécium et l'actinium ont une demi-vie courte, ceci implique que les substances radioactives doivent être administrées au patient dans les six jours. Cette courte période comprend : le refroidissement 16 heures après la production à Mol, le transport à Fleurus (Belgique) ou à Petten (Pays-Bas) pour le traitement chimique des cibles irradiées, l'encapsulation dans l'outil de diagnostic et la distribution mondiale aux hôpitaux. « Le médecin et le patient attendent déjà là-bas. Une logistique sans faille est donc cruciale. Grâce à la collaboration avec Global Morpho Pharma, nous renforçons le réseau mondial et notre position en tant que fournisseur fiable », explique Koen Hasaers, chef du département commercial et marketing.

Distribution globale

Le SCK•CEN et IRE ELIT s'associent à Global Morpho Pharma pour distribuer cette nouvelle génération de radio-isotopes médicaux. « Une équipe en or », ajoute Koen Hasaers avec un clin d'œil. Le SCK•CEN dispose d'un large savoir-faire et d'infrastructures uniques dans le vaste domaine nucléaire. IRE ELIT pèse de tout son poids en apportant son excellente expertise dans le secteur des radiopharmaceutiques. Global Morpho Pharma possède l'expérience et le réseau nécessaires pour atteindre le marché. Cette entreprise gère en effet un réseau de production et de distribution de radio-isotopes thérapeutiques et sera responsable de la livraison en Europe et en Amérique du Nord. « Par ce double partenariat, nous confirmons la position que le SCK•CEN occupe dans le monde entier en tant qu'acteur majeur dans la production de radio-isotopes médicaux. De plus, nous renforçons notre position de leader en médecine nucléaire », conclut Koen.

La collaboration

Unir nos forces pour faire la différence

Le SCK•CEN s'attaque volontiers aux défis du traitement ciblé, le fameux *targeted radionuclide therapy*. Pour y parvenir, le SCK•CEN travaille d'arrache-pied en interne et en externe. En interne, en rassemblant et en approfondissant l'expertise existante en matière de production de radio-isotopes innovants mais aussi en radiobiologie, dosimétrie et radiopharmacie. En externe, en s'associant avec des partenaires cliniques et pharmaceutiques. Nos recherches forment le pivot d'un progrès et d'une innovation constants dans la gestion de la santé.

Hildegarde Vandenhove

Directrice d'institut
Environnement, Santé et Sécurité





Un cœur pour
l'homme et
l'environnement

04

Un bâtiment à la pointe de la technologie au service de l'homme et de l'environnement

Le SCK•CEN a achevé la construction du bâtiment EME en 2018. « EME est une abréviation de EMergency MEDical and MEasurement », explique le coordinateur de la construction, Davy Dehaen. Le nouveau bâtiment ultra-moderne abritera trois services : le service médical, le service de mesure de faible radioactivité et la salle du plan d'urgence. « Une réelle amélioration de l'infrastructure au bénéfice des personnes et de l'environnement. »

Le nouveau bâtiment EME est surmonté d'une sorte de boule de glace blanche, qui abrite Snow White : un système d'alerte précoce pour la contamination à faible radioactivité - le seul en Belgique. « Comparez cela à un aspirateur géant qui absorbe de grandes quantités d'air qu'il propulse à travers un filtre », illustre Freddy Verzezen, chercheur dans les mesures de faible radioactivité. « Les fortes doses de radioactivité sont faciles à détecter. Pour celles-ci, nous n'avons donc pas besoin de technologies avancées, ce qui n'est pas le cas des faibles doses. Il est important d'investir dans des équipements pour pouvoir mesurer des doses faibles. Elles peuvent indiquer toute anomalie latente. Une fuite cachée par exemple. »

« En fait, nous avons construit trois bâtiments en un. »



Il faudra attendre 2019 pour que Snow White soit opérationnelle, mais les chercheurs ont déjà hâte de commencer à utiliser le système. « Grâce à cet investissement, nous pouvons surpasser de loin la qualité de nos mesures atmosphériques actuelles. À ce jour, nous avons effectué des mesures d'air via de petites trémies. Ces trémies collectaient beaucoup moins de poussière par air aspiré que Snow White. C'est précisément de cette poussière que nous avons besoin pour mesurer les faibles doses. Nous testons la concentration de radioactivité qu'elle contient », explique Freddy Verzezen.

Snow White n'est que l'un des nombreux outils technologiques présents dans le nouveau bâtiment écoénergétique. « En fait, nous avons construit trois bâtiments en un », s'enthousiasme Davy Dehaen qui a pris en charge leur coordination. « Nous avons baptisé le bâtiment 'EME'. EME, soit l'acronyme de EMergency MEDical and MEasurement, en référence aux trois services qui y seront hébergés. » Le SCK•CEN ne s'est pas lancé à la légère dans ce projet de construction. « En 2012, nous avons commencé à répertorier tous les besoins et attentes des différents services. Cet inventaire devait façonner nos plans de rénovation initiaux pour le bâtiment actuel, mais nous avons vite abandonné cette idée. Un nouveau bâtiment était une meilleure solution vu le manque d'espaces criant pour les services concernés et le besoin d'installations plus modernes », poursuit Davy Dehaen. La construction a été achevée en 2018 et les trois services ont pu s'y installer.





Une partie dédiée aux laboratoires

Le deuxième service à s'installer est le service de mesure de faible radioactivité (LRM). Il surveille notamment de près les risques de contamination par la radioactivité due aux activités industrielles à proximité d'installations nucléaires et d'hôpitaux flamands et effectue également des bioanalyses pour le personnel. « Nous le faisons essentiellement sur des échantillons d'urine, car 80 % de la radioactivité est évacuée par l'urine », explique Freddy Verzezen (LRM). Pour faciliter le travail, les laboratoires ont été réaménagés. « La conception a été adaptée au déroulement du processus : de l'échantillonnage à l'analyse. De plus, nous avons prêté une attention particulière à la surveillance permanente de certains paramètres tels que l'oxygène, la température, l'humidité et l'atmosphère explosive. » Le réseau de surveillance intégré ne se trouve pas uniquement dans les laboratoires rénovés, mais dans tous les locaux du bâtiment. « Nous pouvons définir des limites dans ce réseau. Dès que certaines valeurs dépassent cette limite, des alarmes sont générées. Cela nous permet d'agir rapidement », explique le coordinateur de la construction, Davy Dehaen.

« Dans la nouvelle salle du plan d'urgence, les locaux sont scindés les uns des autres. Les membres de la cellule de crise peuvent donc mieux se concentrer tout en se concertant facilement. »

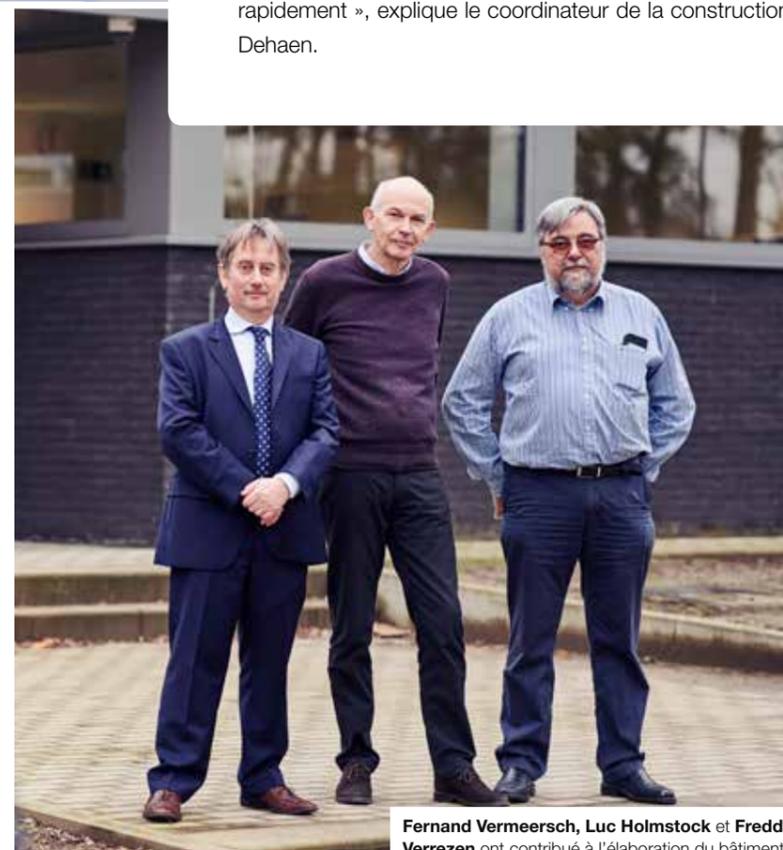
Une salle de plan d'urgence

Toutefois, la pièce maîtresse du bâtiment EME est la salle du plan d'urgence. « Dans la salle du plan d'urgence, tous les acteurs se réunissent pour, en cas d'incident, consulter rapidement, prendre des mesures et communiquer. L'évaluation périodique de la sûreté a démontré que la salle du plan d'urgence actuelle devait être rénovée », explique Fernand Vermeersch, responsable du Service interne de prévention et de protection du travail. Contrairement à la salle du plan d'urgence actuelle, les membres de la cellule de crise ne sont plus dans une seule grande salle. La nouvelle salle du plan d'urgence est divisée en différents locaux distincts. « Les membres de la cellule de crise peuvent mieux se concentrer, mais ils sont physiquement proches pour pouvoir se concerter rapidement. » La particularité de l'espace est la ventilation. Fernand : « Elle fonctionne par surpression et l'air est filtré à travers un système de filtration HEPA. Cela doit empêcher toute contamination de pénétrer de l'extérieur vers l'intérieur. » Le SCK•CEN organise des exercices dans la salle du plan d'urgence à intervalles réguliers.

Un mini hôpital

Le premier service hébergé dans le bâtiment EME est le service médical. Le service est responsable de l'examen médical périodique de tout le personnel du SCK•CEN, de VITO et de Belgoprocess. « Nous sommes également responsables du suivi des personnes externes à la radioprotection qui sont employées temporairement par le SCK•CEN et Belgoprocess », poursuit Luc Holmstock, médecin du travail. « Tous les employés internes et externes que nous examinons périodiquement - environ 1700 au total - sont soumis à un contrôle approfondi. Nous devons également fournir chaque année à peu près le même nombre de déclarations d'aptitude physique aux employés externes qui viennent travailler temporairement dans les zones contrôlées. Nous avons notre propre laboratoire clinique pour effectuer de nombreuses analyses de sang et d'urine, du matériel pour faire des tests de la vue, de l'audition et de la fonction pulmonaire et des radiographies, ainsi qu'une infirmerie bien équipée pour prodiguer les soins appropriés en cas d'accident du travail. Grâce à tout cela - combiné à une salle d'attente agréable - nous avons créé l'atmosphère d'un hôpital ordinaire et moderne. »

Le coordinateur des travaux **Davy Dehaen** (centre) et ses collègues **Daniëlle Cremers** et **Lode Hoeyberghs**



Fernand Vermeersch, Luc Holmstock et **Freddy Verzezen** ont contribué à l'élaboration du bâtiment.

La lentille d'eau, éponge radioactive

Le tapis vert des plantes qui apparaît sur les canaux et les étangs en été est la lentille d'eau. Cette petite plante colore non seulement l'eau en vert, mais elle a également la propriété de filtrer les radionucléides de l'eau contaminée.

La phytoremédiation est le processus par lequel les plantes vivantes sont utilisées pour purifier l'eau, l'air et le sol. « Nos recherches portent sur l'utilisation de plantes aquatiques pour éliminer les particules radioactives de l'eau », explique la chercheuse Nathalie Vanhoudt. « Dans certaines situations, elles peuvent s'avérer préférables aux techniques classiques de purification de l'eau, par exemple en cas de contamination par de faibles doses de radioactivité. Une fois leur utilité démontrée à petite échelle, nous pouvons développer une méthode d'utilisation des plantes aquatiques pour la restauration de sites à plus grande échelle. »

Le potentiel des plantes aquatiques

Le projet a vu le jour en 2014. « Pour le compte d'ENGIE, nous avons étudié sur la base d'une étude bibliographique la possibilité d'utiliser des plantes, des macro et micro algues, des cyanobactéries et des matières mortes de ces organismes afin d'éliminer les radionucléides de l'eau contaminée », explique Nathalie Vanhoudt. « Cette étude a révélé qu'un certain nombre d'organismes, y compris les plantes aquatiques, sont potentiellement capables de purifier l'eau contaminée. » Au fil de l'étude, les chercheurs se sont penchés sur les plantes aquatiques et les radionucléides de césium 137 (Cs-137) et de cobalt 60 (Co-60). Le choix de ces radionucléides n'est pas une coïncidence. « Le césium 137 est libéré lors d'accidents nucléaires majeurs. En revanche, le cobalt 60, nous l'avons rencontré antérieurement dans d'autres scénarios accidentels, notamment lorsque l'eau de refroidissement d'une centrale nucléaire est contaminée », poursuit Nathalie.



« Nos recherches révèlent que la lentille d'eau est très appropriée pour extraire les radionucléides de l'eau. »

Une plante pleine de promesses

Cette étude de suivi a révélé que trois types de plantes aquatiques sont appropriés pour éliminer les radionucléides : la laitue d'eau, la jacinthe d'eau et la lentille d'eau, et dans ce cas d'espèce, la petite lentille (*Lemna minor*). « La petite lentille d'eau est ressortie de nos tests comme étant la plante aquatique la plus prometteuse », précise Nathalie. La petite plante aquatique flotte sur l'eau et possède 3 à 4 limbes, chacun d'une longueur maximale de 5 mm, à partir desquels une mince racine s'enfonce dans l'eau. « Les petites plantes peuvent extraire rapidement une grande quantité de Cs-137 et de Co-60 de l'eau. Elles stockent également une quantité relativement importante de ces radionucléides par gramme de biomasse, ce qui permet de minimiser la quantité de déchets radioactifs produite. »

La question se pose alors : comment la *Lemna minor* fonctionne-t-elle exactement ? « La lentille d'eau a des petites racines. Les feuilles se développent rapidement et ont une grande surface de contact. Après les avoir secouées vigoureusement plusieurs fois, vous éliminez immédiatement une grande partie du césium ou du cobalt présent. Nous pensons donc que cela est principalement dû à la fixation de ces radionucléides sur la plante, mais des recherches ultérieures nous en apprendront davantage. Comment fonctionne le mécanisme ? Fonctionne-t-il par absorption active par la racine et les feuilles ? Ou s'agit-il principalement de sorption ? », s'interroge Nathalie.





Absorption plus élevée

Dans cette étude, les chercheurs du SCK•CEN ont comparé les plantes vivantes *Lemna minor* à leur biomasse morte. « Selon la littérature scientifique, la biomasse morte de la *Lemna minor* peut tout autant éliminer les radionucléides provenant d'une eau contaminée, mais nous ne le constatons pas immédiatement dans nos recherches », explique Nathalie. « Entre-temps, nous avons ajusté notre configuration de test à plusieurs reprises, mais pour le moment, nous ne disposons pas de la confirmation que la biomasse morte est tout aussi efficace. » Nathalie et ses collègues chercheurs ont déjà pu démontrer que la biomasse vivante peut éliminer beaucoup plus de cobalt que des quantités similaires de biomasse morte. « Nous arrivons à 20 % pour la biomasse morte et à 97 % pour les plantes vivantes. »

Le groupe de recherche « Études sur l'impact de la biosphère » dont Nathalie est membre élargira cette recherche à d'autres radionucléides et mélanges de radionucléides et de métaux lourds. « Nous souhaitons également développer un modèle permettant de prédire les performances de la *Lemna minor* », conclut Nathalie.



« La *Lemna minor* est déjà utilisée pour le traitement des eaux usées. »

Applications pratiques

Beaucoup de recherches sont en cours, mais qu'en est-il des applications pratiques ? « Nous espérons pouvoir utiliser la *Lemna minor* pour éliminer les radionucléides de sites de surface à la suite de scénarios accidentels et/ou de contaminations historiques d'une part et d'eaux usées en provenance de sites industriels d'autre part. Il faut d'abord connaître le résultat du déploiement d'une telle plante et pouvoir prédire différents scénarios », explique Nathalie Vanhoudt. « Sinon, les entreprises ne peuvent pas estimer le potentiel de cette méthode de traitement de l'eau. De plus, la *Lemna minor* est une plante pratique à utiliser : elle double de volume tous les deux jours et il existe déjà des machines de récolte de la lentille car celle-ci est déjà utilisée dans le traitement des eaux usées ordinaires. »

Notre ADN

Notre expertise au service de l'homme et de l'environnement

L'attention et le respect constituent les fondements de nos actions. Nous investissons dans l'innovation et l'amélioration de la qualité afin de relever les défis auxquels sont confrontés l'être humain et l'environnement. Cet état d'esprit est ancré dans notre ADN. Il se retrouve dans chacun de nos projets. Le fil conducteur ? Notre expertise nucléaire.

Peter Baeten

Directeur général adjoint



Le démantèlement de cellules de haute activité génère une expérience précieuse

En 2018, les ingénieurs Michel Estas et Luc Ooms, accompagnés d'une équipe motivée, ont mené à bien deux difficiles projets de démantèlement à grande échelle. L'expérience acquise offre au SCK•CEN une expertise hors du commun pouvant être utilisée en interne et valorisée en externe pour des installations à démanteler.

Le SCK•CEN possède une expertise unique développée grâce au démantèlement du BR3. Le centre de recherche a récemment démantelé deux cellules de haute activité sur son site, ce qui lui a permis d'élargir et d'approfondir ses connaissances. « Nous mettons ces connaissances à disposition aux niveaux national et international », explique Michel Estas, ingénieur au SCK•CEN.

LA CELLULE DE HAUTE ACTIVITÉ M2 : TABULA RASA

« Une enceinte blindée et ventilée dans laquelle des spécialistes peuvent manipuler à distance des matières radioactives contaminées et irradiantes au moyen de manipulateurs » est une définition exhaustive d'une « cellule de haute activité » (en anglais : « hot cell »). Le terme « bunker » pourrait également décrire avec justesse la cellule de haute activité M2. Cette cellule possède en effet des murs de béton d'un mètre d'épaisseur et est recouverte à l'intérieur d'une couche d'acier inoxydable d'un centimètre d'épaisseur. Le béton doit empêcher le rayonnement des objets manipulés de s'échapper de la cellule, tandis que l'acier inoxydable doit empêcher la propagation de la contamination.



« Ces défis complexes requièrent l'engagement, l'apport personnel et la proactivité de nos opérateurs. Cela a considérablement renforcé notre esprit d'équipe. »

Des valeurs extrêmes

La cellule de haute activité M2 située dans le laboratoire de haute et moyenne activité (LHMA) a été mise en service pour la première fois en 1977. Cette cellule de haute activité est utilisée depuis de nombreuses années pour effectuer des opérations mécaniques destructives sur le combustible irradié provenant de réacteurs nucléaires. « Cela explique les valeurs extrêmement élevées de contamination bêta-gamma et alpha que nous avons mesurées. L'irradiation provenant de certains éléments dans la cellule de haute activité était comparable à l'irradiation issue d'un réacteur nucléaire », explique l'ingénieur Michel Estas. Au début du projet, l'équipe de démantèlement a même enregistré une valeur extrême de 3000 sieverts par heure. À titre de comparaison : le rayonnement de fond naturel auquel les personnes sont exposées quotidiennement est de 70 nanosieverts par heure (1 Sv = 1 000 000 000 de nanoSv). Même après le retrait des dits « high-beamers » (sources élevées d'irradiation), l'équipe de démantèlement - un groupe d'opérateurs, de mécaniciens, d'électriciens et d'ingénieurs - n'a pu entrer immédiatement dans la cellule M2. « Le niveau d'irradiation était trop élevé. De plus, de nombreux outils disponibles dans la cellule de haute activité avaient atteint leur durée de vie utile. D'une part à cause de la dégradation due au temps, d'autre part à cause des bombardements constants dus au rayonnement », explique Michel. Une porte d'accès bloquée, des tables de travail étroites et un éclairage défectueux sont quelques exemples d'obstacles auxquels l'équipe a été confrontée. « Le seul accès que nous avions à la cellule était l'accès utilisé pour le matériel : une ouverture de 18 cm. »

En outre, la cellule n'a pas été conçue pour être démantelée. Michel : « C'est pourquoi nous avons dû travailler de manière créative dès le début de notre mission en 2010 pour faire face à cette situation extrême. Notre équipe a utilisé son expérience pour cela, sélectionné les bonnes techniques et défini la séquence d'opérations la plus efficace. »



Un seuil psychologique

L'équipe a construit une copie du M2 - une dite « maquette » - pour pouvoir reproduire les tâches du mode opératoire. « Nous avons construit une salle d'intervention au-dessus de l'accès matériel de la cellule de haute activité. Dans ce nouvel espace, nous avons prévu des sas permettant d'enlever à distance le matériel de la cellule de haute activité. Nous avons ensuite désinfecté le bunker chimique à l'aide des manipulateurs », raconte Luc Ooms, ingénieur. L'entrée dans la cellule de haute activité - avec masque et combinaison en surpression - n'a eu lieu que cinq ans plus tard. « Il faut dépasser un certain seuil psychologique pour oser pénétrer dans la cellule de haute activité », poursuit Luc. « C'est pourquoi nous avons pensé qu'il était important que les ingénieurs entrent également vêtus d'une combinaison en surpression. Nous voulions donner à l'équipe la confiance dans la sécurité de la situation et aussi nous mettre personnellement en contact avec le terrain. »

Un facteur 1 million

La cellule M2 est en cours de réaménagement pour une utilisation future pour les expériences sur le combustible nucléaire. En outre, 6,4 tonnes de matières de moyenne et haute activité ont été collectées dans la cellule et ont été acheminées vers Belgoprocess. Le niveau de rayonnement a été réduit d'un facteur 2000 et le niveau de contamination d'un facteur 1 million.



LA HOT CELL 11 : UNIQUE PAR RAPPORT AUX NORMES INTERNATIONALES

Un autre projet était déjà en attente dans le même bâtiment : la cellule de haute activité 11, dans laquelle ont lieu depuis 1974 des essais de mécanique de traction et de pression sur de l'acier de cuve et des matériaux irradiés de centrales nucléaires. « La cellule 11 ne répondait plus aux exigences actuelles standard en matière de précision et devait donc disparaître », explique Michel Estas. L'équipe faisait face à deux options : soit démanteler sur place, soit transporter le tout vers l'installation BR3 et découper la cellule manuellement. « Nous avons opté pour la deuxième méthode afin de perturber le moins possible les travaux du LHMA. »

« Le démantèlement des cellules de haute activité a permis d'acquérir le savoir-faire que le SCK•CEN peut utiliser en interne et valoriser en externe. »

Un câble en diamant

La cellule de haute activité était ancrée dans un socle solide en béton et pesait 14 tonnes. Malheureusement, le pont qui devait soulever l'ensemble ne pouvait supporter que 10 tonnes. « Il a donc fallu scier le socle horizontalement. Nous avons effectué de nombreuses analyses pour déterminer la hauteur de la coupe, car nous devions trouver un équilibre entre la charge et la stabilité de la partie découpée. Si la couche de béton était trop épaisse, le pont aurait été en surcharge. Si la couche était trop mince, le béton aurait risqué de se briser et la matière nucléaire se serait répandue dans l'espace. Un calcul minutieux était donc nécessaire pour pouvoir poursuivre en toute sécurité le démantèlement de la cellule de haute activité dans le BR3. Après avoir scié le socle avec un câble en diamant, nous avons soulevé la cellule de haute activité à l'aide d'un système de levage conçu sur mesure. Celle-ci a ensuite été transférée à l'atelier de découpe du BR3 pour une découpe ultérieure », explique Luc Ooms. « Une expérience unique, même par rapport aux normes internationales. » Seuls 2 % des matériaux ont été évacués comme déchets nucléaires après traitement.

De nouvelles connaissances en interne

Les deux ingénieurs soulignent le fait qu'ils ont acquis une grande expertise lors de ces deux opérations. Le SCK•CEN peut utiliser ce savoir-faire en interne et le valoriser en externe. « Des défis aussi complexes nécessitent l'engagement, la contribution propre et la proactivité de nos opérateurs. Cela a considérablement renforcé notre esprit d'équipe » conclut Michel Estas.

La touche verte augmente le bien-être du personnel

Le 20 septembre 2018, Peter Baeten, directeur général adjoint du SCK•CEN, a signé le Green Deal « Entreprises et biodiversité ». Avec la signature de cet « accord vert », le centre de recherche s'est engagé à gérer son domaine de manière encore plus écologique. Une situation gagnant-gagnant pour la nature et le personnel.

Le domaine du SCK•CEN s'étend sur 371 hectares. « 371 hectares de faune et de flore uniques », explique Staf Bosch, gestionnaire du domaine du SCK•CEN. L'épeire alsine, l'andrène vague, la fourmi-lion et le megarhyssa - avec son long dard à la recherche de larves de guêpes dans l'écorce de bouleaux - y prospèrent. Le rougequeue à front blanc s'y reproduit. Les tarins des aulnes gazouillants cherchent de la nourriture sur les cônes desséchés de l'aune. Au printemps, la maïanthème (à deux feuilles) est en fleurs. On ne trouve cette plante que dans de très vieilles forêts. « Des forêts qui existent sans discontinuité depuis 1780 », explique Staf. « Avec le réchauffement climatique, d'autres fleurs printanières rares apparaissent ici et là : l'orchidée maculée, le rhinanthé à grandes fleurs et la pulmonaire des marais. Il y a donc de nombreux trésors à découvrir dans notre domaine naturel. » Pour garder la végétation sous contrôle, le SCK•CEN recourt à des Scottish Highlanders. « Ces bovidés impressionnants par leurs grandes cornes participent au maintien d'un pâturage naturel, donnant aux fleurs printanières l'opportunité d'éclorre. »

Le SCK•CEN a toujours prêté attention à la gestion naturelle de ses sites, mais avec la signature du « Green Deal : entreprises et biodiversité » le 20 septembre 2018, le centre de recherche ira plus loin encore. « L'intention est de créer un beau paysage de Campine en stimulant la faune et la flore de la région de manière naturelle et en augmentant ainsi la biodiversité », explique Staf. La nature peut désormais suivre son cours et cela se traduit par une approche de gestion différente. « La tonte et l'égagage habituels laissent la place à une gestion extensive de la nature. Gestion de la nature dans laquelle l'intervention humaine reste limitée. Autrefois, par exemple, nous enlevions le bois mort de nos forêts et coupions des arbres abattus. Maintenant cela peut rester sur place, tant que cela ne pose pas de problème de sécurité. Par ailleurs, le site est partiellement ouvert aux promeneurs. »



Pas à pas

Tout comme Rome n'a pas été construite en un jour, ce projet prend également du temps. « Nous sommes en train d'établir un plan par étapes. Un plan de gestion de la nature s'instaure pour une période de 27 ans. Il faut donc savoir par où commencer et comment l'on veut que cela évolue », explique Staf Bosch. C'est pourquoi le SCK•CEN fera d'abord effectuer une mesure de référence pour cartographier l'état actuel du site. « Ce faisant, nous vérifions quelles plantes poussent et quels animaux ou insectes y vivent déjà. Puis, une étude nous dira comment augmenter la biodiversité avec, autant que possible, des espaces verts propres à la région et paysagers. Notre but étant de créer un environnement dans lequel les hommes et les animaux se sentent chez eux. »

LA DEUXIÈME PLUS GRANDE ENTREPRISE SIGNATAIRE

Le Green Deal est une initiative de l'ancienne ministre flamande de l'Environnement, Joke Schauvliege, visant à verdir les entreprises et les secteurs, dans le but de préserver la faune et la flore locales. Le 20 septembre 2018, le SCK•CEN et plus de 110 autres entreprises ont signé le Green Deal. Au moment de la signature du contrat, le SCK•CEN, avec ses 371 ha, était la deuxième plus grande entreprise à relever le défi après Brussels Airport. Entre-temps, de plus en plus d'entreprises et d'organisations ont adhéré à l'initiative.

Staf Bosch, gestionnaire du domaine du SCK•CEN

Les services techniques centraux (CTS) s'appuient sur les contributions de divers intervenants pour mettre en œuvre ce plan. « Quelques collègues motivés ont également mis en place un groupe de travail Nature il y a un an et demi. Avec certains membres de ce groupe de travail, nous nous concerterons régulièrement sur l'approche du Green Deal. Toute contribution est la bienvenue. » Le SCK•CEN élaborera également un plan directeur en 2019, dans lequel le centre de recherche examinera l'ensemble de son infrastructure dans le domaine technique - allant des bâtiments et de la circulation routière aux aspects « nature ». « Notre engagement n'est donc pas une promesse en l'air, mais plutôt renforcé dans notre activité journalière. »



La mesure de croissance

Des dépenses prévues et justifiées

Fixer des objectifs. Planifier. Des actions indispensables pour toute organisation, tant d'un point de vue des résultats des projets que des résultats financiers. En 2018, nous y avons travaillé sans relâche. Et le succès était au rendez-vous ! En anticipant, planifiant et budgétisant, nous avons pu réaliser davantage en 2018. Le taux de réalisation, la mesure de croissance financière, affiche un résultat inédit. Afin de persévérer dans cette croissance et de construire un avenir radieux pour le SCK•CEN, ce taux demeure un point d'attention essentiel.

Kathleen Overmeer

Directrice d'institut
Services généraux et Administration



Un atout pour le personnel

L'un des points d'action incontournable dans le plan est le rétablissement de la bruyère. « Les moutons entrent en scène pour le pâturage. Nous souhaitons également transformer progressivement les forêts de conifères en forêts mixtes », explique Staf. Le SCK•CEN saisira également l'opportunité de créer de « petits » espaces verts. « Songeons notamment aux hôtels pour insectes que nous pouvons construire avec notre propre stock de bois. Et pourquoi ne pas effectuer des réunions en marchant au lieu d'assister à une énième réunion dans une petite salle de réunion ? Donc, cette initiative joliment intégrée l'est non seulement pour la nature, mais aussi pour que tous les employés et les visiteurs puissent profiter de toute cette verdure. »



« Pourquoi ne pas effectuer des réunions en marchant plutôt que d'assister à une énième réunion dans une salle de réunion ? »

Chiffres clés

05

837
TRAVAILLEURS

214 ♀
623 ♂

37%
UNIVERSITAIRES

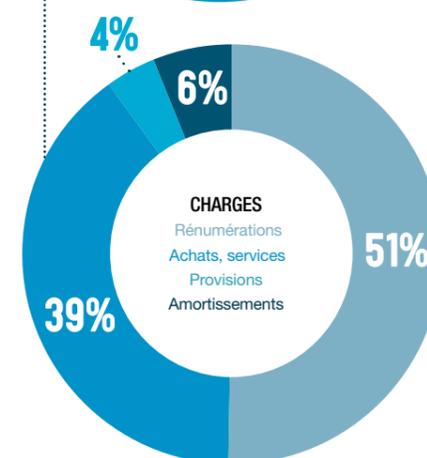
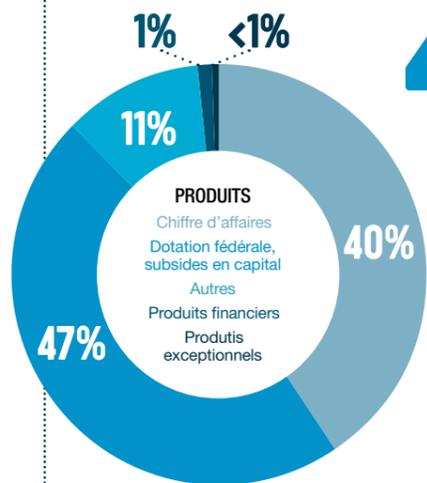
13,77
ANCIENNETÉ
MOYENNE

86
DOCTORANTS

45
NATIONALITÉS

ACTIF DANS
79
PAYS

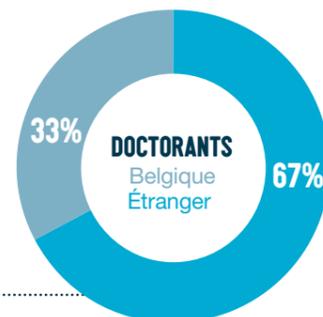
2018



23
DOCTORATS
ENTAMES

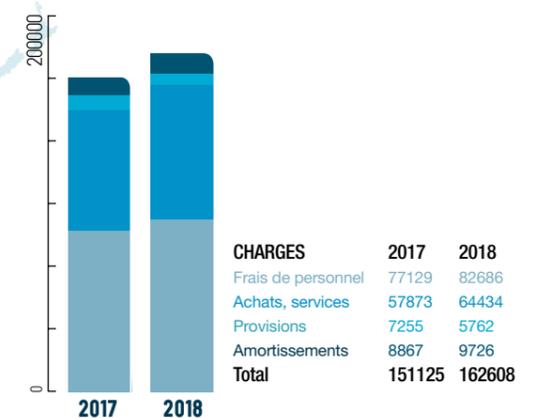
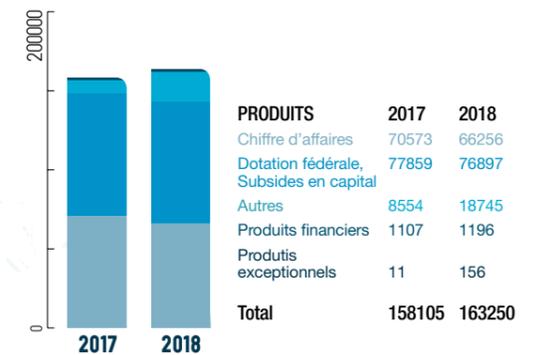
81
FORMATIONS
POUR TIERS

1218 PARTICIPANTS



503
PUBLICATIONS
SCIENTIFIQUES & PRÉSENTATIONS

2017-2018 EVOLUTION DU BUDGET (kEUR)





SCK • CEN
STUDIECENTRUM VOOR KERNENERGIE
CENTRE D'ETUDE DE L'ENERGIE NUCLEAIRE

l'essentiel
2018

SCK•CEN

Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire

Le SCK•CEN est une fondation d'utilité publique ayant un statut de droit privé, sous la tutelle du Ministre belge de l'Energie.

Laboratoires

Boeretang 200
BE-2400 MOL

Siège social

Avenue Herrmann-Debroux 40
BE-1160 BRUXELLES

Editeur responsable

Eric van Walle
Directeur général

Rédaction

Wendy De Grootte (SCK•CEN)
Marc Helsen

Graphisme

Annelies Van Calster
Danielle Knot
leftlane.be

Photographie

Roel Dillen (SCK•CEN)
Klaas De Buysser
klaasdebuysser.be

Impression

Albe De Coker
Hoboken

Copyright © 2019 – SCK•CEN

Cet ouvrage est protégé par la loi sur les droits d'auteur (2019). Il ne peut être photocopié ou diffusé, en tout ou en partie, sans l'autorisation écrite préalable du SCK•CEN.



2018

2018

SCK•CEN

Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire

65 ans d'expérience en science et technologie nucléaires

En tant que centre de recherche pour les applications pacifiques de la radioactivité, le SCK•CEN constitue un maillon incontournable de notre société. Le Centre effectue de la recherche orientée vers le futur et développe des technologies durables. Par ailleurs, il se charge d'organiser des formations et met à disposition ses services et son expertise. Fort de 750 collaborateurs, le SCK•CEN constitue l'un des plus importants centres de recherche de Belgique.

Trois thèmes de recherche caractérisent nos activités :

- La sûreté des installations nucléaires
- La gestion durable des déchets radioactifs
- La protection de la population et de l'environnement contre le rayonnement ionisant

www.sckcen.be



[@SCKCEN](https://twitter.com/SCKCEN)

