



Plongée
exploratoire
aux confins de
l'univers



Du continent blanc à la planète rouge

Nous rapprocher un peu plus de Mars en posant éprouvettes et microscopes à bord de la Station polaire Princesse Elisabeth, c'est le pari audacieux qu'a relevé Sarah Baatout, chercheuse au SCK•CEN, avec toute son équipe de recherche. Elle s'est immergée pendant un mois dans des conditions extrêmes de confinement pour parvenir à mieux décrypter le comportement de notre système immunitaire dans l'espace. Des données essentielles pour faire avancer la recherche tant spatiale que médicale.

Rabiologiste, maman de deux enfants, patineuse hors pair et professeur d'université : Sarah Baatout fourmille d'idées et de projets. Fin 2017, la chercheuse belge a réalisé l'un de ses rêves : rejoindre la station polaire Princesse Elisabeth pour y poursuivre ses recherches sur les vols spatiaux. Sélectionnée aux côtés d'une vingtaine de scientifiques belges et internationaux, elle s'est envolée pour l'Antarctique le 16 décembre dernier, après une longue préparation scientifique, physique et psychologique.

Cheffe de l'unité de radiobiologie du SCK•CEN, Sarah a aussi quelque peu la tête dans les étoiles ! Depuis de nombreuses années, elle étudie avec ses collègues du laboratoire l'impact des rayonnements cosmiques et des conditions extrêmes (confinement, stress, isolement) sur le système immunitaire humain. Ces recherches permettent de mieux comprendre le fonctionnement du corps d'un astronaute dans l'espace et de mettre au point des applications capables, un jour, de faire voler l'être humain vers Mars.



ÉPICES ET SEL À GOGO !

Une des particularités étonnantes du froid intense qui règne en Antarctique est de quasi neutraliser goût et odorat. « On ne sent pratiquement rien. C'est incroyable », relate Sarah. « C'est à peine si l'on parvient à discerner l'odeur du kérosène près des véhicules. Pour le goût c'est pareil. Sur la station, il faut utiliser cinq ou six fois plus d'épices qu'à l'ordinaire. Et plus de sel aussi. Ce serait immangeable ici ! »

« J'espère avoir pu transmettre aux jeunes ma passion pour les sciences et faire naître des vocations ! »

La station polaire, simulateur spatial

Mais quel rapport entre son récent et glacial séjour polaire et un futur départ vers la quatrième planète du système solaire ? « C'est vrai que cela a l'air paradoxal, mais ce n'est pas du tout le cas », s'exclame Sarah Baatout. « Presque toutes les agences spatiales ont une plate-forme en Antarctique. Ce continent est l'endroit rêvé pour y mener des expériences. Les conditions de vie y sont comparables à celles que l'on retrouve dans une station spatiale. On y retrouve une combinaison d'isolement, de confinement extrême, de manque d'espace. Vous êtes loin de votre famille et de toute autre présence humaine. Les vents soufflent jusqu'à 240 km/h et la température peut descendre jusqu'à -90°C en certains endroits ! C'est très dur. Vous n'avez presque pas d'intimité non plus. Pour dormir, on partage un petit conteneur à plusieurs personnes. Tout ça induit un stress psychologique et physiologique comparable à celui que vivent des astronautes », décrit Sarah Baatout avec conviction.

Bilan médical complet

C'est donc vers ces conditions glaciales que Sarah est partie durant un mois entier. « C'était heureusement l'été là-bas. Il y a des jours où il a fait extrêmement beau, et même chaud, et d'autres où la météo était tellement exécrable que nous avons dû rester confinés à l'extérieur. Toute sortie était interdite », se remémore notre chercheuse et désormais aventurière. Mais les rigueurs de la vie antarctique ne l'ont pas empêchée de poursuivre ses importantes expériences, que du contraire.

« Un des objectifs de notre étude était de mesurer la réaction du système immunitaire face aux conditions de vie polaires. Dans l'Antarctique, les organismes sont généralement immunodéprimés durant la première semaine. C'est un des points communs entre un séjour au pôle et dans l'espace. À l'aide d'analyses sanguines régulières, nous avons vérifié le temps que met l'organisme à récupérer ses capacités immunitaires. Nous avons également procédé à un monitoring cardiaque des membres de la station, ainsi qu'à un bilan oxydatif, avec des analyses de salive et d'urine, qui sont d'excellents marqueurs du stress. »

Médicaments de l'espace

Que l'on ne s'y trompe pas. Toutes ces recherches qui rendent possibles les vols habités contribuent aussi à faire avancer la médecine. Exemple avec la protonthérapie, née entre autres de la recherche spatiale. Lors de sa mission polaire, la chercheuse du SCK·CEN s'est d'ailleurs aussi fixée un autre objectif : tester la trousse médicale qui équipera l'astronaute de demain. Et peut-être, qui sait, les hôpitaux terrestres d'après-demain. « Nous avons avec nous une vingtaine de médicaments que les astronautes emmènent avec eux quand ils partent en orbite », ajoute Sarah. « Nous les avons exposés sur le toit de la station polaire pour étudier leur comportement en présence de doses massives d'UV. En Antarctique, il fait jour quasi continuellement en cette saison. L'idée est de voir à quelle vitesse ces médicaments se dégradent lorsqu'ils sont soumis aux effets du rayonnement cosmique et du froid extrême, pour pouvoir calculer ensuite les doses à administrer aux astronautes. C'est d'autant plus important que l'efficacité de certains médicaments varie lorsqu'on se trouve dans l'espace. Certains sont plus efficaces, d'autres moins. »

« J'ai côtoyé des gens hors du commun, j'ai vécu des moments de partage et de complicité comme on en a peu dans notre vie de tous les jours. C'était unique. »

Une expérience inoubliable

« L'expérience d'un mois là-bas n'est que la partie visible de l'iceberg. Ce projet a demandé un immense travail d'équipe. Mes collègues ont dû faire preuve de beaucoup de créativité et de flexibilité pour faire de cette expérience un succès scientifique », tient absolument à préciser Sarah, qui tire de ce séjour beaucoup de fierté. « Il a fallu changer nos protocoles pour les adapter aux contraintes de sécurité, réduire notre matériel au strict minimum, car le poids que nous pouvions emporter était limité. J'ai dû apprendre à réparer moi-même ce qui pouvait l'être pour les mêmes raisons. La préparation a été vraiment énorme, mais quelle satisfaction. » Et quelle aventure ! De son séjour sur le continent blanc, Sarah garde en effet un souvenir inoubliable. « Il est encore trop tôt pour tirer des conclusions de nos analyses, mais ce que j'ai vécu personnellement là-bas est fantastique. J'ai côtoyé des gens hors du commun, j'ai vécu des moments de partage et de complicité comme on en a peu dans notre vie de tous les jours. C'était unique. »

PROJET ÉDUCATIF

Pour cette chercheuse insatiable multipliant les projets éducatifs, partager son aventure avec les jeunes était une évidence. « J'ai réussi à obtenir jusqu'à 3 heures de connexion Internet par jour », s'enthousiasme Sarah. « J'ai profité de ce temps pour expliquer ma mission à des classes de primaire et secondaire via vidéoconférence. Entre quatre et six écoles par jour. J'espère avoir pu transmettre ma passion pour les sciences et faire naître des vocations ! »

Des cyanobactéries « belges » à la conquête de l'espace

Le 15 décembre 2017, la fusée SpaceX-13 décollait du Centre spatial Kennedy en Floride en direction de la station spatiale internationale ISS. À son bord, le tout premier bioréacteur développé par les microbiologistes du SCK•CEN, en collaboration avec l'Agence spatiale européenne, le consortium scientifique MELISSA et l'entreprise QinetiQ. Cette expérience unique marque une étape essentielle vers un système de production autonome d'oxygène et de nourriture pour les futurs vols habités de longue durée. Et un petit pas de plus vers la tant convoitée planète Mars...

La Belgique, une porte vers les étoiles ? Oui, ou du moins pour l'instant, vers la proche banlieue terrestre. Depuis de nombreuses années, le SCK•CEN s'illustre dans le domaine de la recherche spatiale et envoie, sur base régulière, des expériences en orbite autour de notre planète bleue. Mais la dernière en date marque sans doute un tournant dans la conquête d'un grand rêve : voyager en direction de Mars et qui sait, peut-être un jour plus loin encore.

Les défis de l'espace

En attendant, de grands progrès doivent encore être accomplis avant de poser ne fût-ce qu'un pied sur la planète rouge. « Le principal challenge pour y arriver est de procurer suffisamment de nourriture et d'eau aux équipages qui partiront pour ce genre de voyage. Il ne sera en effet plus possible de les ravitailler en vol comme cela se fait aujourd'hui »,

souligne Natalie Leys, responsable du *Space Life Science Program* du SCK•CEN. Mais d'autres sacrés défis attendent aussi les futurs astronautes en partance pour le cosmos, dont la quasi-absence de gravité ou encore les radiations cosmiques délétères.

« Aussi longtemps que nous restons sous le bouclier de la magnétosphère terrestre, nous sommes protégés de leurs effets sur notre organisme. Mais ce n'est plus le cas lorsqu'on s'aventure au-delà », fait remarquer

la microbiologiste. La dose quotidienne de rayonnements ionisants dans l'espace est ainsi nettement supérieure à celle que l'on mesure sur terre. Dans la Station spatiale internationale (ISS), pourtant en partie protégée par la magnétosphère, elle est en général 200 fois plus élevée.

Compost spatial

La route vers Mars et les étoiles serait-elle définitivement fermée ? C'est mal connaître l'ingéniosité des scientifiques travaillant sur les programmes de vols habités. « Les agences spatiales imaginent par exemple des solutions qui vont permettre aux équipages de produire leur eau, nourriture et oxygène en régénérant leurs déchets. C'est exactement le but que s'est fixé l'agence spatiale européenne avec le projet MELISSA, dont le SCK•CEN est l'un des cofondateurs », explique encore Natalie Leys. Mais comment faire ? Impossible d'emporter un potager et sa réserve de terreau : trop lourd et trop encombrant !

« L'idée est plutôt de reproduire une partie de l'écosystème aquatique terrestre en se servant de bioréacteurs »



« Nous avons dû concevoir un bioréacteur capable de fonctionner dans les conditions exigeantes de l'espace. C'était un véritable défi scientifique et technologique, mais nous y sommes parvenus et en sommes très fiers ! »

sophistiqués pour alimenter des serres de production. Il s'agit de produire une sorte de compost spatial. Nous comptons nous servir de micro-organismes pour pouvoir recycler les déchets organiques et inorganiques en éléments nutritifs pour les plantes. Certains étant comestibles, ils pourront aussi être consommés par les astronautes », détaille Natalie Leys.

Premier bioréacteur de l'espace

Depuis le vol du spationaute belge Frank De Winne, plusieurs cultures de micro-organismes ont été envoyées dans l'espace par notre centre. « Il s'agissait jusqu'alors d'expériences moins complexes », nuance Natalie Leys. Mais en décembre 2017, après dix ans de recherches intenses, le SCK•CEN a franchi un pas supplémentaire en envoyant à bord de la station ISS non plus une « simple » boîte de Pétri, mais un véritable bioréacteur sophistiqué, contenant de la spiruline, une cyanobactérie des plus intéressantes (voir ci-contre). « Il s'agit d'une première européenne et sans doute mondiale ! », s'enthousiasme Natalie Leys. « La culture en question était nourrie de façon active et contrôlée à distance. L'expérience a duré cinq semaines durant lesquelles les spationautes ont aussi pu récolter des échantillons. L'objectif était de tester le comportement de la spiruline et la production d'oxygène en présence de microgravité et de radiations spatiales. Nous avons donc dû concevoir un bioréacteur capable de fonctionner dans ces conditions exigeantes. C'était un véritable défi scientifique et technologique, mais nous y sommes parvenus et nous en sommes très fiers ! »



Une récolte inattendue

Les premiers résultats sont en tout cas à la hauteur de l'enjeu et certains ont même surpris les scientifiques du Space Life Science Program : « La production d'oxygène est quasi similaire à celle qui aurait pu avoir lieu sur terre. La récolte finale s'est même avérée supérieure à ce que nous avions prévu, même si nous ne savons pas encore pourquoi », se réjouit Natalie Leys. « Certaines choses doivent bien entendu encore être améliorées, mais nous savons aujourd'hui que ce type de bioréacteur fonctionne. C'est un premier jalon important ! »



LA SPIRULINE, FUTUR ALIMENT DES ASTRONAUTES ?

Facile à produire, capables de transformer rapidement la matière organique et inorganique en nutriments et en biomasse, certains micro-organismes représentent des candidats idéaux pour alimenter le futur garde-manger des astronautes. Parmi eux, les cyanobactéries du genre *Arthrospira*, mieux connues sous le nom de spiruline, font figure d'élèves-modèles. « Elles ont l'avantage de se développer par photosynthèse, comme les plantes », explique Natalie Leys. « Mais à l'inverse des végétaux classiques, elles peuvent être cultivées sur des surfaces très réduites. Elles consomment aussi le CO₂ de l'atmosphère et le recyclent en oxygène, ce qui est très utile dans l'espace clos d'un vaisseau spatial. Elles sont de surcroît parfaitement comestibles et s'avèrent une importante source de protéines. En plus, elles sont particulièrement résistantes aux rayonnements cosmiques ! »

Innovation

Le SCK•CEN repousse les limites de l'innovation

Nous voyageons aux quatre coins du globe, traçons les particules de l'atmosphère via des modèles et considérons même l'espace comme notre terrain de jeu. Nous explorons littéralement les frontières pour les repousser afin de rendre possible l'impossible. En innovant de plus belle. Seul ou en équipe, mais toujours avec cet enthousiasme illimité, cette curiosité brûlante et ce souci constant de travailler au service de la société.

Hildegarde Vandenhove

Directeur de l'Institut Environnement, Santé et Sécurité



À la poursuite de l'énigmatique neutrino stérile

Né d'une collaboration entre la Belgique, la France et le Royaume-Uni, un détecteur d'un nouveau type a été construit au SCK•CEN afin de tenter de démontrer l'existence du neutrino stérile. Cette particule élémentaire, dont l'existence reste pour l'instant théorique, pourrait constituer l'essentiel de la mystérieuse « matière noire », un des composants majeurs de l'univers.

Quarks, leptons, bosons... sont quelques-uns des noms qui forment l'étrange et fascinant bestiaire des particules élémentaires, celles qui constituent les éléments les plus fondamentaux de l'univers. Parmi ces particules, les neutrinos constituent une catégorie un peu à part. Presque indétectables, ils n'interagissent quasiment pas avec la matière. Chaque seconde, des milliards de neutrinos issus du soleil traversent ainsi notre corps sans même nous affecter.

L'existence et les caractéristiques de trois sortes de neutrinos ont pu être déterminées. Mais certaines anomalies de mesures constatées ces dix dernières années laissent supposer l'existence d'une quatrième sorte de neutrino : le neutrino stérile. Et celui-ci pourrait s'avérer encore plus étonnant que les autres : il n'interagirait absolument pas avec la matière et serait donc impossible à détecter avec notre technologie actuelle.

À la chasse aux neutrinos

Depuis 2013, un consortium réunissant le SCK•CEN et d'autres centres de recherche belges, français et britanniques, met au point une technologie de détection des neutrinos novatrice. Baptisé SoLid (*Search for oscillation with a Lithium-6 detector*), cet ambitieux projet a pour objectif principal de répondre à une des questions fondamentales de la physique actuelle des particules : existe-t-il des neutrinos stériles ?

Le neutrino stérile étant par définition indétectable, les scientifiques n'ont d'autre choix que de procéder de manière détournée, en scrutant ses effets indirects. « Nous savons que des neutrinos sont générés en masse par les réacteurs nucléaires. Nous allons donc mesurer avec une précision jamais atteinte le

flux de neutrinos émis par le réacteur de recherche BR2 du SCK•CEN, pour vérifier si nous trouvons des écarts, des anomalies, par rapport à ce que nous devrions mesurer, ce qui laisserait supposer l'existence de neutrinos stériles », explique Lars Ghys, l'un des physiciens du centre de recherche belge chargés de cette étude.

Un détecteur très SoLid

D'autres expériences du même type n'ayant pas nécessairement été concluantes, les scientifiques du consortium SoLid ont fabriqué un détecteur de neutrinos d'un genre tout à fait nouveau et plus exactement un détecteur d'antineutrinos. L'ensemble pèse 1,6 tonne et est composé de petits cubes de plastique de 5cm sur 5. Il y en a au total pas moins de 12 800.



Lars Ghys et Bernard Coupé
membres de l'équipe SoLID

BR2 SUPERSTAR

Le choix du réacteur de recherche BR2 du SCK•CEN est loin d'être un pur hasard. « L'inconvénient à effectuer des mesures près d'un réacteur nucléaire est que nous devons tenir compte d'un rayonnement de fond plus important, du fait de la présence du réacteur ou du rayonnement cosmique. Cela perturbe les calculs. Mais comparé à d'autres réacteurs de recherche, le BR2 bénéficie d'un rayonnement de fond parmi les plus faibles au monde, ce qui le rend quasiment unique pour mener à bien notre étude », souligne Lars Ghys. Pour réaliser ces tests, un caisson composé de polyéthylène et d'eau, pesant au total 35 tonnes, a été installé dans le BR2 pour isoler le détecteur du rayonnement de fond.

Les neutrinos qui traversent ce matériau provoquent une réaction, une sorte d'éclair de lumière très bref : « C'est ce signal que nous sommes capables de détecter et de localiser avec une précision qui n'a encore jamais été atteinte. La fine segmentation de notre détecteur, avec ses 12 800 cubes, le rend unique au monde. Elle lui confère une sensibilité spatiale inégalée », souligne Lars Ghys.

Une meilleure compréhension de l'univers

En cours depuis décembre 2017 à Mol, cette expérimentation a déjà livré de nombreux terabytes de données. Elles sont en ce moment analysées et interprétées. Les premiers résultats scientifiques sont attendus dans les mois qui viennent. Plusieurs années de recherche seront cependant nécessaires pour arriver à une conclusion.

Mais rêvons un peu. Sur quoi pourrait bien déboucher la découverte d'un nouveau type de particule élémentaire ? Certaines applications pratiques sont-elles envisageables ? « Nous ne le savons pas encore, mais on pourrait par exemple imaginer se servir de cette nouvelle technologie de détecteur pour lutter contre la prolifération des armes nucléaires. Les neutrinos voyageant sans encombre sur de grandes distances, on pourrait les utiliser pour détecter les différentes matières radioactives produites dans un réacteur particulier sans avoir besoin de s'en approcher de très près », imagine Bernard Coupé, chercheur au SCK•CEN et membre de l'équipe SoLid.

Mais c'est dans le domaine de la recherche fondamentale que la découverte du neutrino stérile pourrait se révéler la plus révolutionnaire. « La démonstration de leur existence serait d'une grande portée dans le domaine de la physique des particules. Les neutrinos stériles pourraient également être un constituant essentiel de la matière noire qui compose une partie de l'univers. Cette matière n'est pas visible, mais nous savons qu'elle existe ! », s'enthousiasme Lars Ghys.

« La fine segmentation de notre détecteur, avec ses 12 800 cubes, le rend unique au monde. Elle lui confère une sensibilité spatiale inégalée. »