

JOELLE BRAMI, CNES

NUTRITION

QU'Y A-T-IL AU MENU ?

La nourriture est fondamentale pour les astronautes en mission de longue durée. Pour apprendre à bien se nourrir, un programme particulier est mis en place dans le cadre des expérimentations *bedrest*. Savoir équilibrer sa nourriture se révèle aussi utile pour lutter contre les maladies des sociétés modernes.

CHU de Toulouse-Rangueil, clinique de l'espace du Medes. 11 heures du matin, dans une des chambres, Bruno et Jérôme, volontaires sains de l'expérience *bedrest*, sont allongés depuis quatorze jours, leurs lits inclinés à -6° pour simuler les effets de l'impesanteur. « Bruno, qu'est-ce qui vous manque le plus dans vos repas ?
 – Les repas sont variés, nous avons beaucoup de légumes, et le fromage, surtout le cantal, est excellent. Mais ce qui me manque : un verre de vin, avec du pâté, de la charcuterie. Après cette expérience, ce qui me fera le plus plaisir, c'est de manger un gâteau !
 – Et vous, Jérôme ?
 – Les repas sont variés, équilibrés, bien plus qu'à la maison. On apprend à mieux manger, on a un sentiment de satiété sans être ballonné. Malgré tout, ce qui me manque le plus : un café et un carré de chocolat noir ! » (Interdits par le programme scientifique.)

Les expériences de *bedrest* cofinancées par l'Esa et le CNES ont pour objectif de préparer les vols spatiaux de longue durée ; les apports nutritionnels doivent y être bien maîtrisés. Marie-Pierre Bareille, responsable du projet *bedrest* au Medes : « Dans une mission de longue durée, la nourriture pour les astronautes est fondamentale. C'est le carburant de l'organisme, et elle favorise la convivialité, importante du point de vue psychologique. Nous avons constaté qu'en impesanteur la balance énergétique est négative. Les astronautes perdent du poids, soit parce qu'ils ne mangent pas assez, soit parce qu'ils font beaucoup d'exercice. Sur du long terme, leurs performances physiques et psychologiques pourraient en être affectées et le succès des missions compromis. Dans la préparation d'un voyage vers Mars, la nourriture est un problème de santé et de logistique. Une erreur sur la quantité embarquée serait critique pour la santé de l'équipage ou pour le coût de la mission. La production d'une partie de la nourriture grâce à des cultures variées réalisées à bord pourrait être une solution. »

Si ces expériences sur des sujets volontaires sont importantes pour les futurs voyageurs de l'espace, elles permettent aussi d'étudier des phénomènes que l'on trouve dans les maladies chroniques d'origine métabolique des sociétés modernes : diabète, obésité, dyslipidémie (trouble du fonctionnement des lipides), maladies cardiovasculaires. Une meilleure ali-

mentation et des exercices physiques adaptés sont par exemple mis en place pour lutter contre l'obésité infantile.

Côté cuisine

L'alitement conduit à une diminution de la masse et de la force musculaire et osseuse ainsi qu'à une résistance à l'insuline. En restant longtemps alité, les muscles s'atrophient à cause d'une diminution de la synthèse des protéines, phénomène que l'on prévient en apportant davantage de protéines (petit lait) dans l'alimentation. Mais une alimentation riche en protéines abaisse le pH sanguin, ce qui entraîne des problèmes musculaires, osseux et, indirectement, une

Préparation au gramme près des repas du dernier *bedrest* à la clinique de l'espace. Meals for the latest *Bedrest* experiment at the MEDES space clinic are weighed to the nearest gram.



diminution de la tolérance au glucose. Pour rééquilibrer le pH sanguin et compenser ces effets, on ajoute aux principaux repas du bicarbonate de potassium. L'apport de protéines associé à un exercice physique (qui en lui-même a des effets positifs sur le capital musculaire, osseux) améliore la sensibilité à l'insuline. Ces réactions internes en chaîne vont être rééquilibrées en partie par des apports très précis dans la confection des plats des 12 hommes volontaires des campagnes *bedrest* 2012-2013. En cuisine, rien n'est simple, tout est pesé, analysé... : jus d'orange 200 g, basilic moulu 0,10 g, poisson meunière 76 g, sel 0,30 g, poulet émincé 55 g, huile d'olive extra vierge 15 g, carottes 200 g, etc. Pascale Vasseur, physiologiste, responsable nutrition au Medes, veille au bon dosage des ingrédients (protéines, glucides, lipides, minéraux, vitamines, etc.) distillés plus agréablement dans un sauté de veau, des pâtes, une sauce huile d'olive-citron ou un fromage blanc-framboises!

« Le contrôle des apports nutritionnels est demandé par l'Agence spatiale européenne afin qu'ils soient les mêmes pour chaque *bedrest* qui se déroule en Europe. Chaque plat est adapté en fonction du métabolisme et de l'activité de chaque volontaire.

Grâce à notre excellent partenariat avec le service hôtellerie-restauration du CHU de Toulouse et à M. Lalande, son responsable, nous avons pu répondre à cette demande. Tous les plats ont été fabriqués spécialement pour la clinique de l'espace : le CHU nous a fourni les entrées et les desserts et nous a mis en relation avec la société Davigel. » Cette filiale de Nestlé implantée à Pontivy, en Bretagne, a réalisé tous les plats chauds et les collations. Anne-Laurence Rouille, ingénieur agronome chez Davigel, est enthousiasmée par ce partenariat, un vrai défi industriel : « Nos plats sont issus d'un fin dosage d'une centaine de macro et micronutriments (calculés par un logiciel de nutrition). Nous avons calculé les valeurs nutritionnelles pour 50 aliments. La technologie "surgelés" couvre les trois campagnes *bedrest*. Nous sommes fiers, dans notre usine, d'avoir travaillé pour la première fois dans le cadre d'un projet scientifique ! »

Dans la petite cuisine de la clinique s'affairent des aides-soignants qui pèsent chacun des ingrédients constituant le plateau-repas. Là, le rouge des betteraves, ici, l'orange des carottes... La décoration du plat est aussi un plaisir des yeux, pour ouvrir l'appétit. Nous sommes loin de l'insipidité des plats habituellement servis lors d'une hospitalisation. ■



The right diet is essential to astronauts on long-duration missions. To learn how to eat well, a dedicated project has been instigated under the *bedrest* trial programme.

A balanced diet proves just as useful in combating the diseases of modern society.

Toulouse University Hospital, MEDES space clinic. It is 11 a.m., and in one of the bedrooms healthy volunteers Bruno and Jérôme are on their 15th day of *bedrest*, tilted head down at -6° to simulate the effects of weightlessness.

Bruno, what do you miss most in your meals?

- The meals are varied, with lots of vegetables, and the cheese—especially the Cantal—is excellent. But I must admit I'd like a glass of wine with some *pâté* or such. And once the experiment's over, I'm really going to enjoy some cake!

How about you, Jérôme?

- The menus are varied and the meals much better balanced than at home. We're learning to eat better, and feel full without being bloated. But what I really miss is a cup of coffee and a square of dark chocolate...

The *bedrest* experiments jointly funded by ESA and CNES are designed to prepare for long-duration spaceflight, when nutrient intakes must be strictly

NUTRITION

What's on the menu?

controlled. Marie-Pierre Bareille, head of the *bedrest* programme at MEDES, explains: "During a long-duration mission, eating right is vital for the astronauts. It's fuel for their bodies, but meal times together are also good for morale. In microgravity, the energy balance is negative. Astronauts lose weight, either because they don't eat enough or because they do a lot of exercise. In the long term, their performance could be affected and mission success compromised. When preparing a journey to Mars, food is both a health and logistics issue. Taking the wrong amount would be critical for the crew's health and the cost of the mission. One solution would be to grow some of their food on board." While these experiments are important for future space travellers, they also help study the chronic metabolic health disorders of modern life, such as diabetes, obesity, dyslipidemia¹ or cardiovascular diseases. A better diet and suitable physical exercise are recommended to combat child obesity, for example.

What's cooking?

Bedrest leads to a drop in muscle and bone mass and strength, and in resistance to insulin. Long periods of *bedrest* result in muscle wastage, which can be offset by an increase in whey proteins. A protein-rich diet causes the blood pH level to fall, leading to muscular and bone disorders and, indirectly, a lower glucose tolerance. To rebalance blood pH level and compensate for these effects, potassium bicarbonate is added to the main meals. The intake of proteins, when combined with physical exercise (which has positive effects on muscle and bone structures), improves sensitivity to insulin. These internal chain reactions have to be balanced

out partly by measuring very precisely the intake of each ingredient in meals for the 12 male volunteers in the 2012-2013 *bedrest* programme. In the kitchen, nothing is left to chance. Everything must be weighed and analysed. Pascale Vasseur, physiologist, is the head of nutrition at MEDES. He makes sure that not only are all the ingredients correctly proportioned with respect to proteins, carbohydrates, fats, minerals and vitamins, but that they are incorporated in tasty dishes like veal stew, pasta, lemon and olive sauce or *fromage blanc* with fresh raspberries. "ESA asks that all nutritional intakes be monitored, as they must be the same for each *bedrest* campaign throughout Europe," says Vasseur. "Each meal is tailored to the metabolism and activity of each volunteer, working in close partnership with the catering service of Toulouse University Hospital, headed by Mr Lalande. All the dishes were prepared specifically for the space clinic: the hospital catering service provided the first course and dessert and put us in touch with Davigel."

A subsidiary of Nestlé in Brittany, Davigel made all the hot meals and snacks. Anne-Laurence Rouille, agronomist at Davigel, is enthusiastic about this partnership, which is a real industrial challenge. "Our meals are based on accurate doses of around 100 macro and micro nutrients computed by nutrition software. We worked out the nutritional values for 50 different foods. Deep-freeze technology enables us to cover the three *bedrest* campaigns. Our factory is proud to have been part of a science project for the first time ever." In the small kitchen at the space clinic, the healthcare assistants are busy weighing meal ingredients. The presentation is attractive to whet the volunteers' appetite, and a far cry from the tasteless meals normally served in hospitals. ■

¹ A lipid metabolism disorder