

# NUTRITION dans l'espace

## Du tube à la gastronomie : un luxe ou une nécessité ?

**50 ans** d'expérience et quelques 500 astronautes... Mais c'est finalement assez peu pour étudier les conséquences physiques et psychologiques de la vie dans l'espace. Ce d'autant plus qu'une grande part des missions ont été de courte durée. Les données nous permettant d'étudier les répercussions sur la santé humaine sont donc principalement issues des séjours courts et les conséquences sur l'organisme d'une mission spatiale de longue durée assez peu documentées. Cependant, la NASA a mis en évidence, défini et classé dans 15 disciplines 45 risques pour la santé et la sécurité des équipages.

### La nutrition, pivot de la santé humaine

L'alimentation est l'une des 15 disciplines traitées par l'agence américaine et fait bien sûr l'objet de recherches scientifiques pour établir recommandations et mesures visant non seulement à maintenir l'équilibre nutritionnel en vol mais aussi à contrecarrer les effets négatifs de l'apesanteur.

Les 14 autres disciplines passent en revue l'ensemble des risques pour la santé. Il ressort que la plupart des conséquences physiques sont dues à la micro-apesanteur et concernent essentiellement le centre de l'équilibre et les systèmes musculo-squelettique et cardio-vasculaire. Des répercussions touchent aussi les systèmes endocrinien et immunitaire et le métabolisme en général. La plupart des

conséquences physiques sont réversibles au bout de quelques mois de retour sur terre.

Bien sûr, les risques liés à l'hygiène (qualité de l'air, gestion des déchets, eau potable...) sont traités ainsi que ceux induits par les radiations, point très certainement le plus critique pour la santé humaine. Les astronautes portent sur eux durant tout le vol un dosimètre. Une exposition accrue aux rayons cosmiques est un risque majeur (carcinogénèse, répercussions sur le système nerveux central...) et il peut arriver qu'un astronaute soit interdit de vol à la suite d'une exposition trop importante aux radiations.

### Santé sous surveillance

Les conséquences psychologiques sont également étudiées à travers la communication, le comportement et la dynamique de groupe. Le stress est inhérent à un vol spatial : vie en univers confiné, promiscuité, séparation avec la famille et isolement social, tensions interpersonnelles, dérèglement du cycle circadien (rythme biologique de 24 heures) et troubles du sommeil, monotonie des activités possibles y compris des repas... La capacité d'adaptation au stress est cruciale pour la réussite de la mission.

En impesanteur, l'absence de verticalité conduit à une perte de repères responsable du « mal de l'espace » (vertiges et nausées), syndrome fréquent mais réversible au bout de quelques jours.

La fragilisation osseuse (voir encadré) pose plus de problèmes. Le risque d'ostéopénie, voire d'ostéoporose et donc de fractures est un des risques majeurs et des mesures préventives doivent être mises en place, notamment en veillant aux apports calciques. Cette « ostéoporose spatiale » disparaît cependant une fois de retour sur terre, au bout de quelques mois.

L'atrophie musculaire est aussi à corriger : sur notre planète, les muscles s'opposent à l'attraction terrestre. Ce phénomène disparaît donc en vol et les muscles commencent à perdre en volume et en puissance. L'exercice physique intense (en force plutôt qu'en endu-

## Le métabolisme osseux est perturbé dans l'espace

Le renouvellement osseux est influencé par des facteurs environnementaux tels que

l'alimentation et la charge mécanique exercée à la fois par le poids sur le squelette du fait de la pesanteur et par l'action des muscles squelettiques lors de leur contraction.

Notre squelette fixe 98% du calcium de l'organisme, ce qui représente une réserve calcique d'environ 1 kg. L'apesanteur et la diminution de l'activité physique perturbent le métabolisme osseux et la perte calcique peut atteindre une centaine de mg/jour. La densité minérale osseuse est donc touchée à des degrés variables au cours de longues missions. Des mesures de prévention sont nécessaires : pratique sportive en force (intérêt incontesté du tapis de course), traitement médicamenteux (biphosphonates, supplémentation en vitamine D et calcium) et diététique appropriée (alimentation riche en calcium). En vol, la décalcification est aussi maîtrisée par des vêtements qui maintiennent une compression sur les bras et les jambes.



**Les astronautes ne sont plus astreints à la nourriture exclusivement en tube. Pour certaines occasions, comme ici lors de Noël pendant la mission de navette STS-103 (20-28 décembre 1999), l'helvète Claude Nicollier de l'Agence Spatiale Européenne avait amené des chocolats... suisses bien évidemment ! 🍫**



### Nourriture en sachet typique de l'ère Gemini et Apollo. L'alimentation spatiale s'est depuis diversifiée.

rance), de courte durée mais répété dans la journée, semble être le moyen le plus efficace pour ralentir la fonte musculaire.

Sur Terre, les liquides biologiques, à commencer par le sang, sont attirés vers le bas du fait de la pesanteur et des mécanismes viennent lutter contre ce phénomène (valvules veineuses, contraction musculaire au niveau des membres inférieurs, pompe cardiaque). En impesanteur, on assiste à un afflux sanguin vers la partie thoracique et céphalique (la tête). Ce déplacement d'environ 1 litre et demi de sang de la partie basse du corps vers la partie haute va être capté et interprété comme une hypervolémie mettant alors en marche les mécanismes de régulation pour retrouver l'équilibre et notamment par augmentation de la diurèse : en quelques jours, le corps élimine 1 litre et demi d'eau par les urines ! Ce volume sanguin perdu sera reconstitué dans l'heure précédant l'atterrissage en buvant beaucoup et très salé : pour un homme de 70 kg environ, il faut compter 1,5 litre d'eau (ou un bouillon) additionnée de 12 g de sel. Le cœur adapte également son fonctionnement à ces variations.

Cette diminution du volume sanguin s'accompagne également de modifications au niveau des hématies (nombre de globules rouges, volume, taux d'hémoglobine...) et du métabolisme du fer mais également des leucocytes avec affaiblissement des défenses immunitaires.

### Autre point à risque et non des moindres : l'alimentation

Le maintien de la santé des astronautes dépend des apports des différentes substances nutritives. La problématique alimentaire est complexe car elle regroupe

à la fois des problèmes logistique (stockage), sanitaire (conservation des aliments), nutritionnel (couverture des besoins) et psychosocial (plaisir et convivialité).

Une alimentation inadéquate pourrait compromettre la santé de l'équipage et la réussite de la mission. Or il est fréquemment observé au cours des missions spatiales, une réduction des apports caloriques et une perte de poids. Ce qui implique aussi une insuffisance en vitamines, minéraux et oligoéléments. Il est vraisemblable que des changements mé-



**L'impesanteur soumet le corps humain à de rudes épreuves avec notamment une perte sensible de la masse musculaire et osseuse. L'exercice physique permet de limiter de tels effets. Ici un tapis roulant de la Station Spatiale Internationale doté d'un système de retenue sans quoi l'astronaute s'envolerait dès la première foulée. **

### Les 3 fonctions de l'acte alimentaire

**Fonction biologique :** manger répond à des besoins vitaux, énergétiques et nutritionnels (apports caloriques, apports en macro et micronutriments). D'un point de vue physiologique, une carence ou un déséquilibre alimentaire sur quelques jours n'a pas d'incidence. En revanche, les répercussions sur la santé existent sur le long terme et seraient préjudiciables lors des missions spatiales de longue durée.

**Fonction psychologique :** En donnant à manger à son enfant, la mère fait plus que le nourrir. Elle lui apprend le lien entre bien-être physique et plaisir des sens tout en communiquant aussi avec lui, le regarde, le câline, l'aime, le contient et le sécurise (ou pas...). Plaisir, émotions et alimentation sont étroitement liés.

**Fonction sociologique :** depuis l'enfance, de la table des parents à celle des amis, en passant par la cantine et le restaurant, nous savourons et découvrons les aliments, nous brassons mythes alimentaires et codes sociaux. Nous développons une identité alimentaire, nous intégrons une culture gastronomique, familiale et nationale. En nous réunissant autour d'une table, nous partageons et nous échangeons avec les autres, en mettant en bouche saveurs, symboles, magie et souvenirs.

**En juillet 1974, une capsule américaine Apollo et un vaisseau soviétique Soyouz se retrouvent sur orbite (mission ASTP pour Apollo-Soyouz Test Project). Ici, les Américains Stafford et Slayton goutent un potage russe conditionné sous forme de tube. Une étiquette «Russian Vodka» a été rajoutée afin symboliser une façon de trinquer à l'événement.**

© NASA



taboliques, des modifications d'absorption et/ou d'élimination des substances nutritives se fassent au cours des vols spatiaux. Si le rôle des déséquilibres nutritionnels sur la baisse de résistance à la radiation reste à déterminer, il est en revanche évident que le respect de l'acte alimentaire, dans ses 3 fonctions (voir encadré), est capital pour l'équilibre physique mais aussi psychique des hommes à bord.

Ce d'autant que partir pour une mission spatiale signifie aussi vivre à plusieurs dans un espace réduit. La vie en milieu confiné présente un certain nombre de contraintes physiques et logistiques mais peut avoir finalement plus d'impact au niveau psychologique (surtout si l'environnement offre peu de stimuli) que sur le plan somatique : diminution de l'énergie et des compétences, irritabilité, agressivité et comportements impulsifs, anxiété, état dépressif...

© NASA



**L'eau est un élément indispensable. Ici une réserve du précieux liquide à bord de la station russe Mir.**

**Manger est un acte social qui conserve son importance sur orbite, permettant une réunion des équipages. En juillet 2009, pour la première fois, l'ISS accueillait 13 convives (6 de la Station et 7 de la navette Endeavour). Tous ne sont pas sur la photo.**

© NASA



Les femmes et les hommes sélectionnés en tant qu'astronautes sont entraînés aussi pour s'adapter à cet environnement et à cette promiscuité. Leur sécurité dans l'espace et le maintien de leur parfait état de santé sont une priorité. C'est à cette priorité que doit répondre l'alimentation à bord.

Mais comment conjuguer sécurité sanitaire des aliments, sécurité des équipements, commodité de stockage, rapidité de préparation, facilité de consommation, équilibre nutritionnel, confort digestif et convivialité, envie de manger, plaisir des sens, ou encore saveurs en bouche ?

### Manger : un acte social

Une bonne partie de la vie sociale sur Terre s'articule autour des repas. Il est important que dans l'espace, le repas permette aussi de créer un espace relationnel de détente et de partage. Si l'on prend l'exemple de la Station Spatiale Internationale, elle est suffisamment vaste pour que les membres de l'équipage ne se croisent que peu dans une même journée. Ainsi, autant pour garantir la cohésion de l'équipe que pour participer à l'équilibre psychique des astronautes, il est crucial que ceux-ci se retrouvent et partagent, si ce n'est tous les repas, au moins 1 repas par jour.

Pour faire de ce moment un plaisir, il est essentiel aussi d'apprécier ce que l'on mange. Mais peut-on manger dans l'espace comme sur Terre ?



**Avant de partir en mission, les astronautes testent les plats proposés et les notent (ici au centre Johnson de la NASA à Houston) afin que les nutritionnistes établissent un régime adapté aux besoins et aux goûts de chacun.**

Le temps où les explorateurs de l'espace avalaient de la nourriture en tube, des tablettes à croquer, de la purée sans saveur, des aliments en cubes froids, déshydratés (et qu'ils ne pouvaient réhydrater qu'avec leur propre salive !) s'avère révolu. Déjà, de Youri Gagarine aux premiers pas sur la lune, les choses avaient considérablement évolué. À la fin des années 1960, les équipages d'Apollo bénéficiaient de l'eau chaude à bord garantissant notamment une meilleure réhydratation des aliments avec une amélioration de leur goût.

Et, au cours des 50 années qui se sont écoulées depuis les premiers vols habités, l'alimentation spatiale est passée du tube de pâte à manger peu appétissante à de savoureux plats concoctés par de grands chefs étoilés. Des repas raffinés s'envolaient ainsi à bord de la station MIR dès 1996. L'Agence Spatiale Européenne (ESA) travaille avec des chefs européens pour créer une nourriture spatiale de qualité. Un partenariat entre le CNES (l'agence spatiale française), l'ESA et ADF (Alain Ducasse Formation) a permis de créer une gamme complète de repas à la fois savoureux, équilibrés et diététiques. La «gastronomie spatiale» est née.

### Les astronautes notent leurs plats

À bord de la Station Spatiale Internationale, la nourriture quotidienne est essentiellement américano-russe (à 50/50). Elle reste assez classique même si tout est fait pour éviter fadeur et monotonie. Les chefs français ont cependant créé des plats particuliers qui s'invitent à bord pour fêter quelques événements exceptionnels (anniversaires, nouvelle année, relève de l'équipage...).

## Apports énergétiques moyens conseillés pour les équipages en mission spatiale

2.800 kilo-calories (kcal), répartis ainsi :

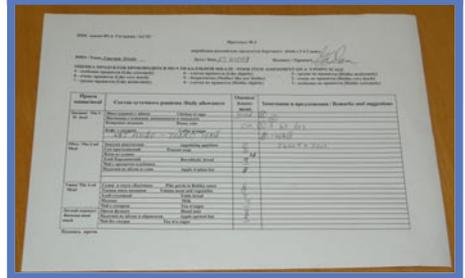
- 20 % de protéines
- 30% de lipides
- 50% de glucides

Selon les circonstances, cet apport calorique peut être augmenté. C'est ainsi que de la nourriture supplémentaire est prévue pour les activités extravéhiculaires. Cette «EVA Food» apporte pour 8 heures en moyenne 500 kcal de nourriture et 1 litre d'eau.

© Marie Ange Sanguy



**À la Cité des Étoiles près de Moscou, les nutritionnistes des missions habitées russes ont également un restaurant où les cosmonautes notent les différentes recettes disponibles. Mais le programme alimentaire final ne sera pas forcément constitué que des meilleures notes afin de ménager un effet de surprise qui brisera la monotonie.**



La carte est vaste et les astronautes affectés à une mission sont invités, 1 à 2 ans avant le vol, à goûter à peu près à tout ce qui se fait comme plats et produits alimentaires. Ils attribuent une note entre 0 et 10 qui leur permettra le moment venu de se souvenir de ce qu'ils ont aimé ou pas et de faire leur sélection quelques mois avant le départ.

Des menus standards sont réalisés mais les astronautes peuvent substituer quelques produits pour satisfaire davantage leur propre goût et même aussi composer eux-mêmes l'intégralité de leurs menus. Leurs choix se font bien évidemment à partir d'une liste officielle de plats et les modifications de menus seront de plus soumises à l'évaluation des diététiciens qui examineront l'équilibre nutritionnel avec l'apport énergétique total et la couverture des besoins en macronutriments, vitamines et minéraux.

La sécurité sanitaire fait aussi partie des priorités. Les 2 principales techniques de conservation des aliments qui s'envolent pour l'espace sont la déshydratation et la stérilisation. Empêcher la prolifération de bactéries et autres microorganismes nuit en partie à la qualité organoleptique des aliments (leur goût, leur odeur) mais diminue également sa teneur en vitamines. Il est donc nécessaire d'évaluer la quantité de vitamines dégradée au cours du procédé de conservation utilisé et d'ajouter ensuite à la nourriture une quantité équivalente pour garantir un apport vitaminique adéquat.

### Le lyophilisé reste dominant

Les plats lyophilisés représentent en moyenne les 2/3 des plats présents dans ces menus officiels. Ils sont emballés dans des

© NASA



**Même si le conditionnement en sachet et le lyophilisé restent dominants, la variété des plats est désormais à l'ordre du jour dans l'espace (ici l'ISS).** 🍴



pochettes souples, transparentes et sur chaque sachet, le mode d'emploi précise si l'eau à ajouter doit être chaude ou froide, la quantité à ajouter et le temps d'attente conseillé pour que la réhydratation soit correctement effectuée. La réhydratation se fait à l'aide d'un système relié à l'alimentation en eau du vaisseau ou de la station, eau recyclée provenant en partie



**Les repas des astronautes sont méticuleusement rangés. L'Européen André Kuipers est prêt à se servir dans le module russe Zvezda de l'ISS.** 🍴

© NASA

de la condensation de l'atmosphère issue de la respiration et de la transpiration de l'équipage.

L'autre tiers est fait de plats thermostabilisés, soit des plats précuisinés en sauce, conditionnés dans des pochettes d'aluminium épaisses qu'il suffit de mettre dans un four chauffant à 80 °C.

À côté de ces plats, il existe la «natural form food», aliments prêts à être mangés sans cuisson ni ajout d'eau (barres de céréales, biscuits, fruits secs, bonbons et friandises...).

Par sécurité, une quantité complémentaire de repas est embarquée, capable d'apporter à chaque homme de l'équipage 2.000 kcal quotidiennement pendant plusieurs jours. Ce «Safe haven food system» est indépendant des menus classiques. La nourriture est stockée à température ambiante. Les produits sont donc essentiellement des produits thermostabilisés et lyophilisés, avec une durée de péremption de 2 ans minimum.

Le stock de nourriture est bien sûr plus important dans les stations spatiales que dans les vaisseaux prévus pour des missions courtes (Soyouz russe ou autrefois les navettes), mais d'une façon générale le stock embarqué doit être réduit au minimum tant en volume qu'en poids. Un vaisseau de ravitaillement prévu pour les longs séjours s'amarré ainsi à la Station Spatiale Internationale pour la réapprovisionnement (combustible, nourriture...). Ce ravitaillement à intervalles réguliers permet d'envoyer des produits frais.

## Les astronautes de l'ISS peuvent déguster :

Des cailles rôties au Madiran, une volaille épicée et sauté de légumes à la Thaï, un céleri rave en délicate purée à la noix de muscade ou encore un pudding de riz aux fruits confits.

### Rangement méthodique

Les repas sont stockés dans de grands casiers et rangés dans l'ordre où ils seront consommés. Le stockage se fait environ 3 semaines avant le départ et les casiers ne seront installés à bord que 2 à 3 jours avant le lancement. Chaque astronaute a une couleur attribuée et tous les plats sont identifiés par la pastille de couleur correspondant à chacun d'eux. Ces couleurs permettent de reconnaître facilement ce qui correspond aux choix des astronautes aussi bien en équipement qu'en nourriture. Une étiquette placée sur le devant du casier précise son contenu.

À côté de ces grands casiers, il existe le «fresh food locker». À l'origine, il contenait des denrées fraîches (fruits...) et permettait à l'équipage d'avoir accès pendant les premiers jours à une nourriture qui ne soit pas de type conserve. Si le nom est resté le même, le contenu lui a évolué avec le temps et aujourd'hui ce casier permet de stocker de la nourriture de son choix. Bien sûr cette nourriture «personnelle» doit être contrôlée par l'agence spatiale qui devra délivrer notamment

### Organisation du stockage des repas

Pour chaque jour, il y a un casier avec différents compartiments correspondant aux différents repas de la journée. Sur le devant du casier, une étiquette précise ce qui se trouve à l'intérieur et dans chaque compartiment sont stockés tous les plats du repas pour l'ensemble des membres de l'équipage, identifiés chacun par la couleur de l'astronaute.

Exemple : dans le casier du jour N°3, on trouvera dans le compartiment du déjeuner tous les plats qui ont été demandés par l'équipage et tous les sachets avec une pastille verte seront pour le membre de l'équipage à qui il a été attribué la couleur verte.

Efficace pour celui qui prépare le repas pour les autres : il reconnaît facilement ce qui correspond à ce que chacun a commandé. Il n'y a plus qu'à passer à table !



**Grâce aux vaisseaux cargo automatiques qui desservent la Station (ici un Progress russe), les équipages de la Station reçoivent à cette occasion des denrées fraîches et périssables (souvent des fruits), très appréciées car elles constituent un lien avec la Terre. 🍌**

un certificat de salubrité. C'est dans ce casier que les astronautes américains amènent du «peanut butter» (beurre de cacahuètes), d'autres du Nutella, du chocolat suisse ou un bloc de parmesan. C'est dans ce cadre aussi que, fin gourmet, Jean-François Clervoy a choisi de modifier l'ordinaire des repas en amenant à bord de la navette Discovery des produits Comtesse du Barry. Il se souvient de leur cassoulet à la saucisse de Toulouse grillée et du canard à la sauce bordelaise et aux cépes et ajoute : «J'ai adoré leur foie gras !» Le foie gras se déguste en l'air sur des tortillas (galette mexicaine), «pain spatial» idéal puisqu'il se conserve bien et ne fait pas de miettes !

Il existe aussi quelques dizaines de boissons différentes, sucrées ou non : jus de fruits, limonades, café noir, café au lait, thé, infusions, etc. Toutes ces bois-



**Les tortillas sont couramment utilisées, comme le montre Sunnita Williams dans l'ISS, car elles jouent le rôle de pain tout en ne produisant quasiment pas de miettes. 🍌**



© CNES/NASA



© CNES/NASA



sons sont reconstituées par réhydratation et se boivent à la paille. Un système de valve antiretour permet que le liquide ne s'échappe pas. C'est aussi ainsi que se dégustent les soupes, celle aux champignons est un délice paraît-il !

Pas d'alcool bien évidemment... sauf exception échappant aux contrôles. Une source sûre raconte que dans MIR il fut un jour embarqué en paquetage cadeau-surprise, 500 ml de Cognac savourés à 10 lors d'une occasion festive. Une grande modération et un exploit unique !

### Comme sur Terre... ou presque

En somme, comme sur terre, le tube n'est plus là que pour le lait concentré sucré et on mange même parfois mieux dans l'espace qu'à certaines de nos tables au sol. Les plats spatiaux sont des plats familiers, et appétissants, certains créés par de grands chefs, préparés rapidement sur orbite mais dégustés avec plaisir. Fast food ? Gastronomie ? A fast (cooked) food but very gastronomic ! Un luxe ? Une nécessité là-haut où les conditions de vie exigent aussi quelques compensations.

Comme sur Terre également, le rythme des repas est respecté avec un petit déjeuner, un déjeuner et un dîner avec la possibilité de snack entre 2 repas.

Et si la paille est utilisée pour la nourriture liquide, les astronautes utilisent fourchette, couteau et cuillère comme sur terre !

Les déchets sont aujourd'hui compactés et stockés dans un compartiment spécial. Ils étaient ramenés sur Terre par la navette (avant son arrêt) et désormais emportés par le vaisseau automatique ravitailleur lorsqu'il quitte la Station pour aller se consumer dans les hautes couches de l'atmosphère. Plateaux et ustensiles sont nettoyés.

**Les agences spatiales CNES et ESA, avec le groupe Alain Ducasse Formation du célèbre chef étoilé, ont collaboré afin de mettre au point des repas gastronomiques qui respectent les règles strictes d'hygiène (zéro bactéries) et qui sont aussi adaptés à la modification du goût en impesanteur (voir l'article). Essentiellement employés lors d'événements (relève d'équipage, sortie en scaphandre), de tels plats jouent un rôle important pour le moral des équipages.**

© CNES/NASA



## Une journée alimentaire classique dans l'espace\* comprend par exemple les menus suivants

### PETIT DÉJEUNER

Céréales Granola (R) x 2, fromage à tartiner (T) sur des tortillas (FF), boisson à l'ananas (B), boisson orange te pamplemousse (B), thé au citron (B).

### DÉJEUNER

Cocktail de crevettes (R), bœuf Stroganoff (R) x 2, poulet et nouilles (R), tortilla (FF) x 2, jus de pomme (T), fruits séchés (IM), limonade (B) x 2

### DÎNER

Soupe de poisson(R), soupe de champignons (R), macaronis au fromage (R), Tortilla (FF) x 2, compote de pommes (T), biscuits au beurre de type sablés (NF), thé aux herbes (FF)

B = Beverage (boisson), FF = Fresh Food (nourriture fraîche), IM = Intermediate Moisture (partiellement humide), NF = Natural Form (sous forme naturelle, prête à être mangée), R = Rehydratable (lyophilisé, nécessite une réhydratation), T = Thermostabilized (stabilisée par cuisson pour éliminer les germes).

(\*) Exemple d'une mission de navette

La différence réside finalement plus dans les procédés d'emballage et le dressage de la table. Dans l'espace, la nourriture doit être contenue dans des emballages fermés pour ne pas se disperser dans un environnement en micropesanteur. C'est aussi pour cette raison qu'il est préférable de préparer des plats en sauce. La sauce sert de liant, maintenant les ingrédients en contact et évitant ainsi que ne s'éparpillent grains de riz ou petits pois. Le sel et le poivre sont servis sous forme liquide. Des particules éparses, même infimes, seraient particulièrement dangereuses

autant pour les instruments à bord que pour la santé des hommes (inhalation et pénétration dans les poumons, contact avec l'œil...).

Les emballages sont d'ailleurs soumis à des tests destinés à évaluer leur résistance car à bord ils auront à supporter vibrations, pressions, accélérations (jusqu'à 6 g lors des décollages) et variations de température et de taux d'humidité qui seraient préjudiciables d'un point de vue organoleptique et surtout extrêmement dangereux sur le plan sanitaire. Bien sûr, la nourriture embarquée est aussi soumise à des tests de conservation et à des analyses microbiologiques.

À table, les plateaux-repas servent d'assiette. Y sont maintenus par des adhésifs les différents sachets de nourriture composant le repas et le plateau lui-même est retenu par un système d'attache aux genoux de l'astronaute ou au mur. Les astronautes aussi sinon ils voleraient au-dessus de leur repas. Moins pratique encore pour déguster et savourer chacun des plats offerts.

### Là-haut, les saveurs changent

Mais au fait, savourer, goûter, sentir : est-ce encore possible quand on a la tête dans les étoiles ? Les astronautes rapportent souvent que certains plats appréciés sur Terre ne le sont plus autant dans l'espace. Inverse-



À l'avenir, les astronautes cultiveront une partie de leur nourriture. Des expériences ont déjà commencé avec des mini-serres, comme ici à bord de la Station Spatiale Internationale. 

© NASA

ment, ce qui ne paraît pas toujours fameux au sol le devient en l'air. Jean-François Clervoy cite l'exemple des pâtes au fromage (Macaroni & Cheese), plat auquel il avait attribué une modeste note de 6 sur 10 lorsqu'il l'avait goûté au sol, et dont il raffolait sur orbite. Autre exemple de saveurs modifiées avec le cocktail de crevettes à la sauce piquante, si épicée qu'elle faisait pleurer au sol mais si délicieuse là-haut. Par chance, son pilote en avait commandé beaucoup, mais ne les appréciait que moyennement une fois dans l'espace.

Le sens de l'odorat, fondamental dans la perception du goût des aliments, est perturbé dans l'espace. Les saveurs sont moins fortes, voire transformées. Les plats doivent être plus salés et plus épicés pour être appréciés là-haut. Deux mécanismes principaux entrent en jeu : la redistribution du sang vers la tête aboutit entre autres à une congestion nasale limitant la perception des odeurs d'une part et d'autre part en l'absence de pesanteur les molécules olfactives n'atteignent pas les muqueuses du nez. L'olfaction directe et rétro nasale sont donc rendues moins performantes.

La cuisine spatiale tient compte de cet aspect et s'emploie à préserver le plaisir des

sens pour que le repas orbital comble autant que sur Terre en répondant aux besoins physiologiques autant que psychosociologiques. Manger est un acte fondamental, dans l'espace comme au sol même pour des missions de courte durée.

### Le défi martien côté nourriture

Et pour partir sur Mars ? Au-delà des aspects physiologiques et psychologiques fondamentaux, se pose un problème de taille : le stock de marchandise embarquée ! Un équipage de 6 astronautes, partant pour 3 ans vers la planète rouge, aura besoin de plusieurs tonnes de nourriture et d'eau potable. Impossible d'imaginer un cargo ravitailleur pour s'amarrer au vaisseau qui s'approchera de la planète rouge. Même si l'on peut trouver un procédé permettant d'augmenter la durée de conservation des aliments et la porter à 5 ans, comment lancer dans l'espace une charge utile, rien qu'en denrées alimentaires de plusieurs tonnes ? Pour 6 personnes embarquées pour une mission de 3 ans, on parle ici de 18 tonnes de nourriture et entre 9 et 10 tonnes d'eau !

La solution s'oriente vers une ferme spatiale permettant la culture des produits consommés, tout en recyclant l'eau et les déchets. L'Agence Spatiale Européenne a entamé les recherches pour définir ce qui pourrait être cultivé et étudier la faisabilité d'un écosystème autonome.

Ces nouvelles techniques qui seraient ainsi mises au point pour l'espace pourraient, comme bien d'autres par le passé, être utilisées sur Terre et avoir des retombées capitales dans un monde où la population va croissant et où les ressources diminuent. ■

*L'auteur, diététicienne et nutritionniste, remercie Jean-François Clervoy pour le temps qu'il a bien voulu lui accorder et le partage de son incomparable expérience.*

**Pour le long voyage vers Mars, un potager spatial adjoint à un système de recyclage permettra de réduire la quantité de nourriture à embarquer. Cette logique a été testée lors de la simulation Mars 500 réalisée près de Moscou (voir notre précédent numéro).**



© ESA

Réalisé par Corinne DUBEL