

## La recherche agronomique à bord de Mir

# Les moissons de l'espace

MARSHA FREEMAN

**Un programme international d'étude de l'influence de la microgravité sur la croissance des plantes a produit des résultats importants et quelquefois surprenants.**

**P**our accomplir de longues missions spatiales, il sera indispensable, entre autres, de pouvoir faire pousser des plantes dans l'espace. Sur certains corps célestes, comme la Lune ou Mars, la tâche sera assez similaire à ce que nous faisons sur Terre. En effet, on dispose d'un sol porteur et même la faible gravité offre des conditions de croissance bien différentes que celles trouvées en absence quasi totale de gravité.

En ce qui concerne la vie à bord d'une station spatiale autour de la Terre, de la Lune ou d'une planète quelconque, ainsi que les voyages plus longs que les deux jours nécessaires aux astronautes d'Apollo pour rejoindre la Lune, il faudra envisager de compléter les rations alimentaires préparées à Terre avec de la nourriture que l'on aura fait pousser *in situ*.

Le grand avantage sera évidemment d'alléger la charge du vaisseau. Mais pas seulement. Les plantes peuvent rendre un service assuré jusqu'à

présent par des équipements mécaniques et chimiques : « nettoyer » l'atmosphère viciée par le gaz carbonique provenant de la respiration de l'équipage. Alors qu'aujourd'hui on est obligé d'embarquer des réserves d'oxygène pour régénérer l'atmosphère, les plantes pourraient à l'avenir jouer ce rôle puisqu'elles utilisent le gaz carbonique pour leur métabolisme et rejettent de l'oxygène comme déchet. Enfin, il faut aussi prendre en compte — et cela ne doit pas être sous-estimé — l'effet psychologique stimulant de prendre soin et de cultiver son jardin bien loin de la Terre verdoyante.

En 1984, avec la perspective de voyages interplanétaires, l'Institut des problèmes biomédicaux de Moscou a coordonné, sous les auspices du programme soviétique Intercosmos, des travaux scientifiques sur « *les moyens et les méthodes pour utiliser les plantes supérieures, les algues et les animaux dans un système biologique afin de subvenir aux besoins des équipages spatiaux* ». Les programmes soviétiques et ceux qui ont suivi portaient principalement sur la conception de systèmes d'alimentation en oxygène à cycle fermé, dans lesquels l'eau pourrait être recyclée et les plantes remplaceraient, ou du moins complèteraient, les dispositifs de régénération chimique de l'atmosphère.

Le Dr Tania Ivanova de l'Institut de recherche spatiale de l'Académie des sciences bulgare explique que certains scientifiques du bloc de l'Est ont contribué, dans les années 80, à concevoir et développer différentes expériences afin d'étudier la croissance des plantes en microgravité spatiale. C'est en 1985 que la toute première expérience a été réalisée à bord de la station spatiale soviétique Saliout 7.

Son objectif était de tester, dans l'espace, les caractéristiques hydrodynamiques d'une zéolite appelée « balkanine » et destinée à servir de milieu nutritif pour les plantes. Les zéolites sont des structures cristallines tridimensionnelles d'aluminosilicate qui peuvent gagner et perdre de l'eau de manière réversible. La balkanine a été choisie car c'est une zéolite naturelle que l'on trouve aussi bien sur la Lune que sur Mars. Elle est « préparée » ou dopée avec des sels minéraux pour fournir les nutriments aux plantes.

Au même moment, des modules de serres étaient conçus et testés sur Terre. Une importante étape fut franchie en juin 1990, quand la serre Svet (« lumière »), développée par le Dr Ivanova et ses collègues en Bulgarie, a été envoyée sur la station Mir et intégrée au module laboratoire Kristall. Dès le 15 juin, les premières expériences avec Svet (baptisées Serre 1) ont commencé.

En 1996, dans le cadre du programme conjoint Navette-Mir, un système américain de mesure des échanges gazeux (Gas Exchange Measurements System ou GEMS) a été ajouté à la serre Svet. Ainsi, on a pu mesurer précisément les paramètres liés à l'environnement affectant la croissance des plantes, en particulier l'absorption du gaz carbonique et l'humidité du substrat.

Lors de ce même programme, les astronautes ont effectué les expériences Serre 2 et 3 qui consistaient à cultiver du blé super nain ainsi qu'une plante de la famille de la moutarde. Du fait que toutes les expériences n'ont pas réussi, les scientifiques ont appris à quel point l'agriculture en microgravité diffère de celle sur la Terre et développent des moyens pour résoudre les problèmes que représente l'environnement spatial.



La croissance du blé à bord du module Svet paraît mature et normale. Notez les têtes au bout de nombreux plants, que les scientifiques croyaient contenir des graines.

## Les premières expériences avec Svet

Avec une surface cultivée d'environ 1 m<sup>2</sup>, la serre Svet tient peu de place. Le module racines où sont semées les graines est divisé en quatre rangées côte à côte. Chaque module racines est monté sur rails et tient comme un tiroir dans le fond de la serre. Il y a assez de place pour que les plantes croissent jusqu'à une hauteur de 40 cm.

L'eau est injectée sur le substrat de baltanine à partir de tubes et de diffuseurs, ou de mèches, qui sont entourés d'un produit imprégné de chlorure. Ces mèches empêchent les particules du substrat de s'envoler dans la cabine et accroît la surface de mouillage du substrat. Dès le début des expériences, les physiologistes des végétaux travaillant sur le projet ont admis que le principal défi pour faire pousser des plantes en microgravité serait de réussir à alimenter uniformément les racines en eau.

Le taux de transpiration de la plante, ou échange gazeux des plantes (absorption de gaz carbonique et libération d'oxygène), est directement proportionnel à la quantité d'eau disponible à la racine ; trop ou trop peu

d'eau perturbe la « respiration » de la plante. De son côté, le taux de transpiration conditionne le taux de formation de matière sèche de la plante, ou le taux de croissance. L'eau est également importante pour rafraîchir la plante, surtout sous la lumière intense d'un éclairage de serre artificiel. Doubler l'éclairage pour forcer la croissance de la plante nécessitera aussi de doubler la quantité d'eau que les racines de la plante doivent absorber.

L'expérience Serre 1 a été réalisée peu après que Svet soit arrivé à bord de Mir, en 1990. Dans un article de 1992, le Dr Ivanova rapporte que les premiers végétaux à racines fraîches ont été cultivés dans l'espace à cette occasion. Il s'agissait de radis rouges à bout blanc et de choux chinois. On observa que les végétaux accumulaient de la biomasse en fonction de la durée d'exposition à la lumière et qu'il n'était pas utile de simuler les « jours » et les « nuits ». Toutefois, la durée expérimentale de Serre 1 a été limitée par les capacités énergétiques à 16 h par jour.

Les chercheurs ont remarqué un retard dans les temps de croissance de certaines plantes, et cela dû aux difficultés d'humidification du substrat. En plus, quand l'équipage a ramené sur Terre des racines fraîches de vingt-trois et cinquante-quatre jours ainsi que des racines séchées de vingt-neuf

jours afin de les analyser, les scientifiques ont constaté que les plantes de la Svet étaient deux fois plus petites que celles du groupe témoin resté sur Terre, assujetti aux mêmes conditions d'éclairage que sur Mir. A titre d'exemple, les plantes de radis et de choux chinois avaient atteint, après vingt-trois jours dans l'espace, la taille de celles sur Terre après dix ou onze jours de croissance.

De ces caractéristiques, le Dr Ivanova et ses collègues ont conclu que la photosynthèse avait été réduite de quatre fois dans l'espace. Lors d'une conférence en octobre dernier en Italie, le Dr Ivanova rapporta que les analyses physiologiques et chimiques ont montré que les plantes ont subi un « stress hydrique et alimentaire significatif ». Il était clair qu'un contrôle en temps réel des conditions environnementales aiderait à mieux adapter l'irrigation et, en conséquence, réduire le stress des plantes.

## L'expérience Serre 2

En 1994, la Nasa et l'Agence spatiale russe ont signé un accord destiné à mener un certain nombre de missions communes Navette-Mir, permettant aux astronautes américains d'effectuer des vols de longue durée à bord de la station russe. De plus, chaque équipage américain amènerait avec lui de nouveaux équipements scientifiques afin d'augmenter les moyens déjà disponibles sur la station.

En mai 1995, le nouveau module Spektr était lancé vers Mir et, le 30 juin, la navette Atlantis s'amarre à la station, amenant un nouveau module de végétation, développé en Bulgarie, ainsi que le GEMS, élaboré et construit à l'université de l'Utah. Le GEMS a été conçu pour contrôler l'environnement dans la serre Svet ainsi que dans le module Kristall.

Le GEMS est équipé d'un ensemble de seize détecteurs d'humidité pour contrôler la distribution de l'eau dans le substrat de la serre. Le dispositif mesure et enregistre les données toutes les trois secondes, que ce soit sur l'humidité du substrat, la lumière, les températures de l'air et des feuilles, l'oxygène et les pressions et températures de l'air de la cabine.

L'expérience serre 2 a été menée à

