

> Si la présence d'eau dans les urines ou les selles est manifeste, c'est le médecin italien Santorio Santorio (1561-1636) qui mit en évidence la perspiration, c'est-à-dire la perte d'eau sans sueur apparente par évaporation directe à travers la peau et les alvéoles pulmonaires (vapeur d'eau contenue dans l'air expiré). Cette évaporation participe à la dissipation des 70 à 90 watts de chaleur produite par notre métabolisme au repos.

La transpiration (ou sudation) est un phénomène plus visible que la perspiration et, comme cette dernière, se produit au niveau des pores de la peau. Les glandes sudoripares situées dans la peau «puisent» l'eau dans les capillaires sanguins qui les entourent, et produisent la sueur dont la composition est proche de celle d'une urine très diluée. Celle-ci est ensuite évacuée par les pores cutanés. En prenant l'énergie nécessaire à son évaporation dans la chaleur corporelle, la sueur joue un rôle important dans la régulation thermique de notre corps en cas d'effort ou de chaleur (c'est aussi le processus d'évaporation de l'eau mouillant notre corps qui provoque la sensation de froid en sortant d'une douche). La sudation peut alors atteindre des valeurs aussi hautes que 1,5 litre par heure ! D'où l'importance de boire beaucoup lorsque l'on exerce une activité physique intense ou lorsqu'il fait très chaud. Dans ces situations, les animaux transpirant moins, comme le chien, halètent pour évaporer de l'eau par la surface de leur langue afin de maîtriser leur température interne.

Les humains ont deux sortes de glandes sudoripares qui diffèrent par leurs fonctions et par la composition de la sueur qu'elles produisent. Les glandes eccrines sont les plus nombreuses (on en compte de trois millions à six millions) et couvrent presque tout le corps. Elles se situent surtout sur la paume des mains, la plante des pieds et le front. On comprend donc pourquoi le distille dispose d'une capuche et couvre aussi les mains et les pieds. Les glandes apocrines, que l'on trouve notamment sous les aisselles, produisent une sueur plus riche en molécules organiques (dont des phéromones). Leur transformation par des bactéries produit l'odeur typique de la transpiration. Thufir Hawat, le Mentat des Atréides, ne mâche d'ailleurs pas ses mots à propos de l'odeur d'un distille : «[...] ils puent autant les uns que les autres dès qu'ils sont en lieu clos. C'est à cause de ce vêtement qui récupère l'eau de leur corps. Ils appellent ça un "distille".»

Le fonctionnement du distille n'est bien sûr pas détaillé par Frank Herbert, mais il semble difficile qu'il atteigne les performances décrites. D'emblée se pose le problème de la récupération de la sueur : elle passe à travers une membrane poreuse pour être ultérieurement filtrée. Mais si la sueur est directement

captée sous forme liquide, elle ne jouera plus son rôle refroidissant faute de pouvoir s'évaporer, ce qui est fâcheux. Les plongeurs portant une combinaison intégrale en néoprène savent bien qu'il est dangereux de rester trop longtemps au soleil : sans évaporation de la sueur pendant une période prolongée, ils courent un risque très important d'hyperthermie provoquant étourdissements, nausées, vomissements et maux de tête. D'ailleurs, dans le film *Dune* de David Lynch (1984), les figurants jouant les Fremen portaient un costume très près du corps et peu «respirant» qui limitait l'évaporation de la sueur. Dans le désert mexicain où furent tournées les scènes sur Arrakis, tous s'accordèrent à dire que l'expérience fut très éprouvante.

COMMENT LE DISTILLE POURRAIT-IL FONCTIONNER ?

Si le distille permet l'évaporation de la sueur et le refroidissement naturel du corps, il doit aussi évacuer l'air saturé en vapeur d'eau en contact avec la peau pour le remplacer par de l'air sec à la bonne température. Dans le cas contraire, l'évaporation, et donc le refroidissement, s'arrêterait : c'est pour cette raison qu'il est utile d'aérer une pièce dans laquelle sèche du linge. Reste ensuite à condenser l'humidité avant de la traiter. La façon la plus évidente consiste à refroidir la vapeur d'eau : c'est ce qui se passe lors de la formation d'un brouillard par refroidissement d'un air humide.

Dans cette situation, capter les fines gouttelettes d'eau contenues dans le nuage et la brume est réalisable grâce à un long filet de polypropylène constitué de mailles très fines. Cette méthode est expérimentée dans les régions arides du Chili et du Pérou, où l'accès à l'eau potable demeure difficile mais le brouillard régulier. Elle fut aussi utilisée par les Romains dans le pourtour méditerranéen grâce à des tumulus pierreux plutôt qu'avec des filets. Cela ressemble tout à fait aux «pièges à vent» que Kynes père et fils installent sur Arrakis pour capter l'humidité de l'air.

Dans le distille, la déshumidification de l'air capté au voisinage de la peau doit aussi se



Sur la Station spatiale internationale, les eaux usées sont recyclées à plus de 90%



Dans le roman *Dune*, le personnage de Liet Kynes (ici dans l'adaptation cinématographique de Denis Villeneuve) joue un rôle central. Cette planétologue a une compréhension profonde d'Arrakis et veut terraformer ce monde. L'eau est donc un élément essentiel dans son projet.

faire par condensation. Mais dans ce processus, la vapeur d'eau libère très exactement la quantité d'énergie qui a été nécessaire à son évaporation ! Cela provoque alors le réchauffement de la surface sur laquelle les gouttes se forment. Pour que la condensation n'annule pas l'effet refroidissant de la transpiration, il faut que le distille soit doté d'un dispositif d'évacuation rapide de cette chaleur, sinon son porteur risque de mourir de chaud. Pour cela, le distille doit être constitué d'un matériau ayant à la fois une forte conductivité thermique (de sorte à faciliter le transfert de chaleur vers l'extérieur), une grande émissivité radiative (pour rayonner efficacement la chaleur sous forme de lumière infrarouge), et posséder une grande surface d'échange avec l'air ambiant, comme on le voit sur les radiateurs d'automobile ou sur ceux utilisés pour refroidir les composants électroniques. Afin d'éviter que la surface extérieure du distille ne soit couverte d'ailettes disgracieuses et gênant les mouvements de son porteur, on peut imaginer que cette surface soit fractale de sorte à augmenter l'aire d'échange avec l'extérieur sans trop augmenter le volume du distille.

La découverte faite par le physicien Jean-Charles Peltier (1785-1845) en 1834 pourrait aussi s'avérer utile. Il s'agit d'un effet thermoélectrique dans lequel un courant électrique provoque une différence de

température. Il se produit dans des matériaux conducteurs de natures différentes liés par des jonctions. L'une des jonctions se refroidit alors légèrement, pendant que l'autre se réchauffe. L'effet Peltier est utilisé comme technique de réfrigération dans des secteurs où une grande fiabilité est requise (dans le domaine spatial, par exemple), mais aussi pour des applications plus courantes comme les glacières et les réfrigérateurs de camping. La partie externe du distille pourrait alors être constituée d'une jonction Peltier, la partie intérieure froide condensant la vapeur d'eau, la partie extérieure se chargeant d'évacuer la chaleur produite par la condensation.

LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

En plus de la sueur, le distille est aussi capable de récupérer l'eau des excréments humains. Sécrétée par les reins après filtration du sang, l'urine est composée à 95% d'eau, le reste étant essentiellement de l'urée (2%), des sels dissous et des molécules organiques (elle en contient plus de 3000 différentes !). Le recyclage de l'eau des urines a bien sûr été largement étudié par les agences spatiales, par exemple afin de réduire le coût d'approvisionnement en eau de la Station spatiale internationale (*International Space Station* ou ISS). Le recyclage de toutes les eaux usées à plus de 90% n'évite pourtant pas l'envoi en orbite de près de six tonnes d'eau chaque année.

Dans l'ISS, l'urine est d'abord distillée à basse pression dans un cylindre en rotation pour pallier l'absence de gravité apparente. L'eau obtenue est ensuite mélangée avec celle provenant d'autres sources (douche ou vapeur d'eau condensée dans l'air) avant de transiter à travers une série de filtres. Enfin, les contaminants organiques et les micro-organismes sont détruits en passant dans un réacteur catalytique qui les oxyde avant une ultime filtration. L'eau obtenue peut être bue, mais elle sert également à la production de dioxygène par électrolyse.

Les selles sont aussi riches en eau : elles en contiennent environ 80%, le reste étant essentiellement des fibres de cellulose ou musculaires non digérables. Contrairement à l'urine, les selles sont plus difficiles à recycler car elles sont susceptibles de contenir des germes contaminants. Des recherches menées pour l'établissement d'une future colonie martienne ont montré que, finalement, assez peu d'eau pourrait être récupérée des selles. Cela, sans compter les problèmes psychologiques que cela poserait certainement à l'équipage qui devrait la consommer (dans la Station spatiale internationale, les astronautes russes refusent déjà de boire l'eau issue du recyclage des urines). Naturellement, si l'unique alternative est la mort par déshydratation, leur opinion pourrait changer...