

de liaisons chimiques: la molécule a toujours la possibilité de quitter la surface à cause de l'agitation thermique. Comme l'intensité de ces forces dépend des molécules et des surfaces, l'adsorption privilégie certaines espèces au détriment d'autres.

Là encore, si le principe est simple, la pratique l'est moins, car du point de vue d'un physicien, les molécules d'O₂ et de N₂ se ressemblent beaucoup: elles ont des tailles très proches de l'ordre de 0,3 nanomètre, elles sont neutres, elles n'ont pas de dipôle électrique permanent (c'est-à-dire que le barycentre de leurs charges positives et celui de leurs charges négatives coïncident). Cependant, en raison des liaisons chimiques qui s'établissent pour créer la molécule, la distribution des nuages électroniques autour des noyaux est perturbée, conduisant à une concentration des charges électriques autour de l'axe qui relie les noyaux. Il en résulte ce que les physiciens appellent un «quadrupôle» électrique. Ce quadrupôle, qui rend les molécules sensibles à un champ électrique, est quatre fois plus élevé pour N₂ que pour O₂.

DES SURFACES TRÈS SÉLECTIVES

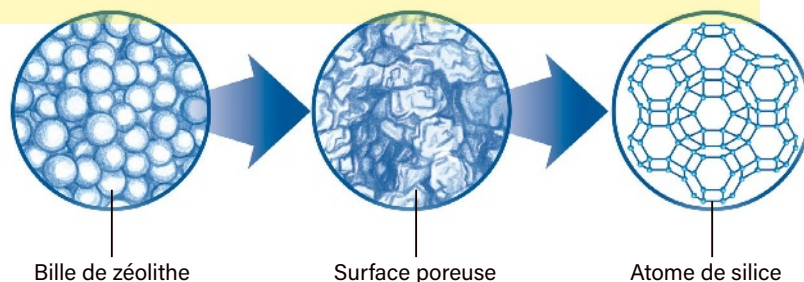
Nous tenons là une piste pour discriminer les deux molécules: avoir une surface avec des charges pour créer des champs électriques forts, susceptibles d'agir plus intensément sur le N₂; prendre un matériau poreux pour avoir le rapport surface/volume le plus élevé possible afin d'adsorber le maximum. Les zéolithes et leurs variantes sont justement dotées de ces propriétés: il s'agit de cristaux d'aluminosilicate agencés de façon à former des cavités régulières d'une taille d'environ 1 nm et interconnectées (voir la figure ci-dessus).

Dans le cas du JLOX-500, utilisé dans les concentrateurs portatifs, on obtient une sélectivité entre N₂ et O₂ de plus de 3, c'est-à-dire que le rapport des concentrations de N₂ et O₂ en surface est trois fois plus élevé que dans la phase gazeuse: on passe ainsi d'un rapport de concentrations N₂/O₂ de 4 dans l'air ambiant à 12 à la surface du matériau. On comprend donc que de l'air passant à travers une colonne de ce matériau s'appauvrit progressivement en N₂ et s'enrichit en O₂. Cette colonne doit bien sûr être suffisamment longue pour obtenir la concentration désirée en oxygène.

Toutefois, on sature aussi progressivement la surface de la zéolite par les molécules adsorbées, même si la capacité

LE SECRET DU TAMIS

Les tamis moléculaires, utilisés dans les concentrateurs d'oxygène, se présentent sous forme de billes d'environ un millimètre de diamètre (à gauche). À l'échelle du micromètre (au centre), ces billes se révèlent extrêmement poreuses: elles sont constituées d'un agencement désordonné de cristallites de zéolithes. Ces cristallites sont formées par la répétition régulière de cages nanométriques dont le squelette est en silice (à droite).



d'adsorption est très élevée: 8 litres de N₂ par kilogramme de JLOX 500, par exemple. C'est pourquoi, pour avoir un fonctionnement continu, les concentrateurs utilisent deux réservoirs cylindriques remplis de zéolithes. Pour une adsorption significative, il faut en effet faire passer de l'air sous pression dans les cylindres. Il suffit donc, grâce à un système de vannes, de mettre un réservoir sous pression (c'est lui qui donne l'air enrichi en O₂) et l'autre à basse pression: dans ce dernier, puisque l'adsorption est réversible, les molécules adsorbées, notamment de N₂, se détachent: la zéolithe est purgée et prête à adsorber de nouveau. On effectue ainsi des cycles d'adsorption/désorption en alternance. Pour un meilleur contrôle, l'air concentré en O₂ est stocké dans un réservoir tampon qui le délivre à la pression adéquate au patient.

N'oublions pas que l'air n'est pas un mélange binaire: si les gaz rares interagissent peu, tel n'est pas le cas du CO₂, certes peu concentré mais doté d'un quadrupôle électrique trois fois plus élevé que N₂ et surtout de la vapeur d'eau dont le dipôle électrique est à l'origine d'une forte adsorption. Aussi, pour améliorer et conserver les performances du concentrateur, il peut être judicieux de faire passer l'air dans un filtre pour se débarrasser des poussières, mais aussi dans un dessiccant pour assécher l'air, avant de l'envoyer dans les réservoirs de zéolithes. Toutes ces précautions prises, le patient bénéficie d'un oxygène de qualité qu'il peut respirer en toute quiétude. ■

BIBLIOGRAPHIE

I. Millot, **Production d'oxygène en situation d'exception. Vers une autonomie totale**, thèse de l'université de Lorraine en Sciences du vivant, 2018.

OMS, **Spécifications techniques pour les concentrateurs d'oxygène**, OMS publications, 2015.

O. Talu et al., **Measurement and analysis of oxygen/nitrogen/ 5A-zeolite adsorption equilibria for air separation**, Gas Separation & Purification, vol. 10(3), pp. 149-159, 1996.