

Jason Robert Tavares

Bonjour, mon nom est Jason Tavares et je suis professeur au département de génie chimique de l'École Polytechnique de Montréal. Comme vous l'avez vu au cours de cette formation, le stress hydrique n'a pas de frontières et s'empire en raison des changements climatiques. Plus de deux milliards de personnes vivant dans des régions arides sont menacées par des pénuries d'eau potable. Ce n'est pas juste à l'étranger. Près de chez nous, à l'été 2020, des restrictions ont dû être mises en place, au Québec, sans compter que les communautés des Premières Nations sont mises à l'épreuve par des problèmes d'eau, d'accès à l'eau potable depuis plusieurs années.

Les populations soumises à des stress hydriques dépendent, soit de l'eau fournie par des camions-citernes, qui est coûteuse et intermittente, soit des eaux souterraines, qui sont en quantité limitée et pas toujours potables. En plus de contribuer au stress hydrique, cette dépendance sur l'importation d'une ressource essentielle nuit à l'autonomie des communautés.

En termes d'alternatives, la désalination de l'eau de mer est possible. Ce processus est relativement bien optimisé, que ce soit par des approches thermiques ou par filtration comme l'osmose inverse; mais requière des investissements considérables, la proximité à un courant d'eau salée et un endroit approprié pour rejeter la saumure résultante.

En contre-partie, d'énormes masses d'eau sont disponibles dans l'atmosphère, même dans les endroits les plus arides, sous forme d'humidité et de brouillard. On estime que jusqu'à 13 000 kilomètres cubes d'eau sont stockés dans l'atmosphère. Pour comprendre cette envergure, soulignons qu'environ 3 500 kilomètres cubes d'eau douce circulent annuellement dans les lacs et les rivières du Canada et que la consommation annuelle d'eau au Canada, un des plus grands consommateurs par capita, est de 38 kilomètres cubes. Diverses méthodes existent pour récolter l'eau de l'atmosphère. Dans les régions où les précipitations sont faibles, mais que le brouillard est abondant, notamment dans des régions montagneuses ou certaines îles, on peut mettre en place une barrière physique; une espèce de filet passif pour collecter l'eau douce déjà condensée sous forme de brouillard dans l'air. Il est pertinent ici de noter que plusieurs études démontrent que ce type de capture n'a pas d'impact mesurable sur les cycles hydrologiques locaux.

Mais, pour collecter la vapeur d'eau présente sous forme d'humidité, qui est beaucoup plus abondante, on doit s'y prendre autrement. On peut utiliser la réfrigération, un peu comme un système d'air climatisé ou un déshumidificateur de sous-sol, où on refroidit l'air en-deçà de son point de rosée pour condenser l'eau. Cependant, cette approche est plutôt énergivore. Les récents développements en science des matériaux visent à exploiter et améliorer les adsorbants; des matériaux hautement poreux que vous avez sûrement déjà vus dans des emballages alimentaires ou des marchandises sensibles à l'humidité. C'est ce petit sac de gel de silice avec la mention : « Ne pas manger »! Les adsorbants ont la capacité de capter de l'eau sans refroidissement, en exploitant un phénomène appelé la condensation capillaire. Essentiellement, toute surface a une monocouche moléculaire d'eau adsorbée en surface. Si on approche deux surfaces, à des distances inférieures à 50 nanomètres, un ménisque se formera spontanément. Ce ménisque est

MODULE 5 : ENJEUX ET PISTES DE SOLUTIONS

Section : Accessibilité et protection de l'eau

Recherche – Captation d'eau de l'atmosphère

construit à partir de l'eau présente sur les surfaces. Donc, il libère de la surface pour qu'encore plus d'eau vienne s'y adsorber, et ainsi de suite. On peut ainsi capter de l'eau à partir de l'air, sans refroidissement.

C'est le principe d'opération du gel de silice dont on parlait tantôt, qui a des pores de la bonne taille pour la condensation capillaire. Le problème, c'est qu'il faut ensuite injecter beaucoup d'énergie dans le système pour extraire l'eau du gel de silice; c'est ce qu'on appelle l'hystérèse du système. Pour y remédier, on doit étudier davantage les propriétés des matériaux. Si on réussit à créer des pores plus petits que 2,2 nanomètres, le processus devient réversible. Simplement en réduisant l'humidité ambiante, on peut provoquer la désorption. On peut ainsi créer un « concentrateur » d'eau à faible énergie.

Ce principe a été développé par des ingénieurs de Berkeley et du MIT, en utilisant des matériaux de pointes appelés *Metal-organic frameworks*, ou *MOFs*. Par contre, les *MOFs* sont extrêmement coûteux, et complexes à synthétiser. Dans notre laboratoire à Polytechnique Montréal, nous développons conjointement avec un partenaire industriel, un matériel carboné appelé « éponges nanoporeuses » ou *nanoporous sponges*, en anglais. Ces éponges, dérivées d'une simple pyrolyse d'une résine, permettent d'atteindre les porosités requises, mais à beaucoup plus faible coût. L'idée ici est d'abord de créer des systèmes de capture d'eau atmosphérique à échelle réduite pour subvenir, par exemple, aux besoins minimaux d'un individu vivant sous stress hydrique, de l'ordre de cinq litres par jour. Mais, les faibles coûts pourraient permettre l'extrapolation de la technologie pour générer jusqu'à 10 000 litres par jour et ainsi aider les communautés dans le besoin. Peut-être verra-t-on ces éponges déployées auprès des communautés des Premières Nations ou d'autres endroits à fort stress hydrique dans les années à venir!