

HYDROGÈNE

PLEINS GAZ À L'UQTR !

UN TOUT NOUVEAU PROGRAMME DE RECHERCHE SUR L'HYDROGÈNE VIENT DE VOIR LE JOUR À L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES. IL NE S'Y RETROUVE PAS PAR HASARD. DEPUIS DES ANNÉES, LES MEMBRES DU GROUPE DE RECHERCHE SUR LES DIÉLECTRIQUES ŒUVRENT DANS LE DOMAINE DE LA TECHNOLOGIE DU GAZ NATUREL.

UN REPORTAGE DE RAYNALD PEPIN

Vous bouclez votre ceinture et actionnez le démarreur. Le moteur démarre au quart de tour. Un coup d'œil au rétroviseur et vous déboîtez ; bye-bye le bureau !

Vous serez encore pris dans un embouteillage. Votre auto fait toujours du bruit, continue à occuper de l'espace perdu pour les humains et risque d'en tuer quelques-uns. Mais aujourd'hui, il y a un gros progrès : votre nouvelle auto ne pollue plus l'air urbain. Désormais, elle *l'humidifie* !

Ce scénario n'est pas pour demain. En effet, cette nouvelle auto devra utiliser de l'hydrogène comme carburant (outre la vapeur d'eau, la combustion de l'hydrogène génère des oxydes d'azote, mais beaucoup moins que la combustion de l'essence). On sait isoler l'hydrogène à partir d'eau ou d'hydrocarbures : les sources sont donc abondantes. Le gaz obtenu est utilisé dans le raffinage du pétrole et dans l'industrie chimique, pour la production d'ammoniaque, de méthanol, etc. D'ailleurs, l'étymologie grecque du mot *hydrogène* signifie « engendrer de l'eau ».

Il existe déjà des véhicules expérimentaux (autos, autobus) fonctionnant à l'hydrogène, mais utiliser l'hydrogène en grandes quantités pour le chauffage ou le transport est une autre histoire. À volume égal, l'hydrogène fournit moins d'énergie que les autres carburants à cause de sa faible densité (à poids égal, toutefois, l'hydrogène libère 2,7 fois plus d'énergie que l'essence). Il faut trouver des moyens de le transporter, de le stocker, de l'utiliser de façon économique et sécuritaire.

C'est à ces tâches que s'attaquent les chercheurs de l'Université du Québec à Trois-Rivières. Sur le campus de l'UQTR s'érige actuellement le bâtiment de deux étages qui abritera de nouveaux laboratoires pour lesquels l'UQTR a reçu plus de cinq millions de dollars en subventions pour la construction et l'achat d'équipement.



CHARBON ACTIVÉ EN GRANULES ET PASTILLE FORMÉE PAR COMPRESSION. LES PASTILLES SONT UTILISÉES POUR STOCKER LE GAZ À BASSE PRESSION PAR ADSORPTION.

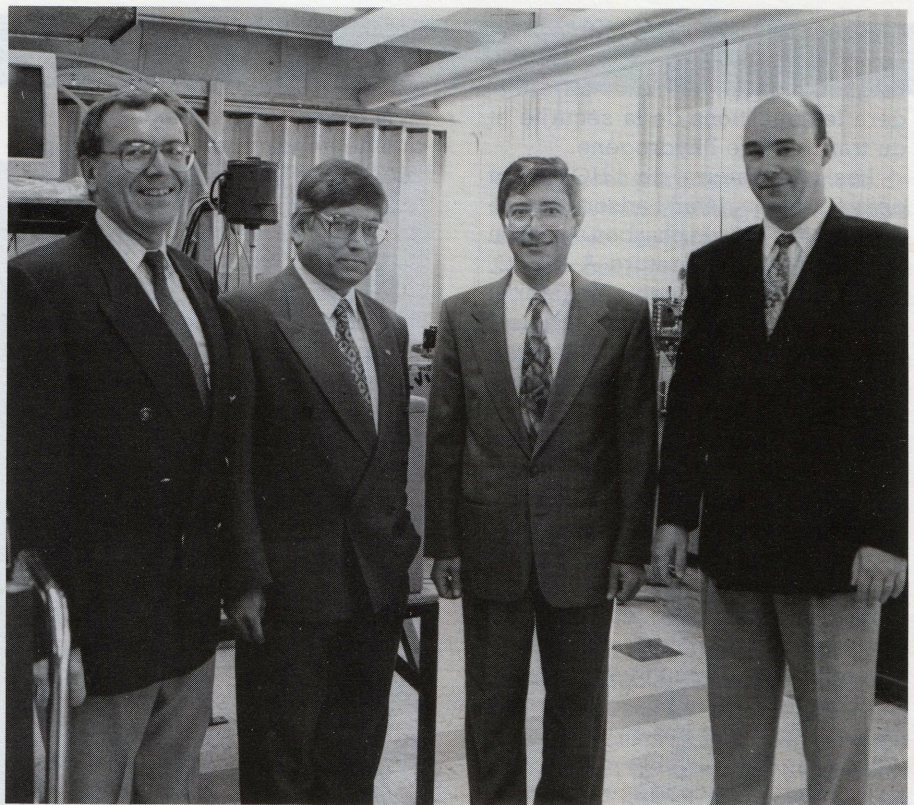
D'UN GAZ À L'AUTRE

Ce nouveau programme de recherche sur l'hydrogène ne se retrouve pas à Trois-Rivières par hasard. Depuis des années, les membres du Groupe de recherche sur les diélectriques œuvrent dans le domaine de la technologie du gaz naturel (voir *Réseau*, février 1986). «Grâce à notre expertise sur les diélectriques (matériaux isolants), nous avons mis au point une méthode efficace de mesure de la densité du gaz naturel, esquisse Tapan K. Bose, professeur de physique et directeur de recherche. En connaissant la vitesse et la densité du gaz, on peut déterminer précisément la quantité de gaz passant dans un gazoduc.»

Les chercheurs de l'UQTR se sont aussi intéressés au stockage du gaz naturel par la méthode d'adsorption. Actuellement, certains véhicules fonctionnent au gaz naturel, mais il faut emmagasiner le gaz naturel à 200 atmosphères dans le réservoir (200 fois la pression atmosphérique ou 100 fois la pression retrouvée dans des pneus d'auto) pour assurer une autonomie décente aux véhicules. «Nous avons perfectionné une technologie qui permettra d'emmagasiner le gaz naturel à une pression plus faible, de l'ordre de 35 atmosphères, explique Tapan K. Bose. Il s'agit d'installer un matériau microporeux, un adsorbant, à l'intérieur du réservoir. Les molécules du gaz sont attirées par celles de l'adsorbant et se lient à la surface interne des micropores.»

Comme le diamètre des micropores est de l'ordre du millionième de millimètre (environ trois fois la taille d'une molécule de méthane, constituant principal du gaz naturel), la surface totale des pores contenus dans un centimètre cube de matériau dépasse les 1 000 mètres carrés. Voilà de quoi stocker pas mal de gaz! L'adsorbant utilisé est du charbon activé, un charbon dont le nombre de micropores a été augmenté par chauffage du charbon dans une atmosphère de gaz carbonique.

«Nous avons réussi à combiner le charbon à un polymère liant sans altérer les propriétés du charbon activé, c'est-à-dire sans boucher les micropores, nous apprend M. Bose. Ce progrès nous a permis de produire des pastilles de charbon activé. Ces pastilles emmagasinent 40 % plus de gaz que du carbone activé en poudre parce qu'elles sont plus denses. Pour commercialiser ce pro-



PHOTOS : CLAUDE DEMERS, UQTR

L'ÉQUIPE DE RECHERCHE SUR L'HYDROGÈNE ET LE GAZ NATUREL COMPREND QUATRE PROFESSEURS : JEAN-MARIE ST-ARNAUD ; TAPAN K. BOSE, DIRECTEUR ; RICHARD CHAHINE ET JACQUES GOYETTE.

duit, pour lequel nous avons un brevet, il ne reste qu'à diminuer un peu le coût de production.» Avec 100 grammes de pastilles, on arrive à stocker 16 grammes de gaz naturel, un bon résultat.

Dans les années 80, Tapan K. Bose est entré en contact avec le Conseil de l'industrie de l'hydrogène, installé à Montréal. Le Conseil s'est intéressé aux travaux menés à l'UQTR, car les techniques développées pour le gaz naturel sous pression devraient aussi s'appliquer, avec de légères modifications, à l'hydrogène. Lors d'une conférence socioéconomique de la région Mauricie-Bois-Francs, en 1989, l'UQTR a proposé la création d'un institut de recherche. La région a bien accueilli le projet; Bécancour, en effet, héberge déjà Imperial Chemical Industries (ICI), qui produit de l'hydrogène, et Hydrogénal, qui achète cet hydrogène et le liquéfie.

Le principal objectif du programme est de développer l'expertise scientifique et technologique dans le domaine du stockage et du transport de l'hydrogène et de la sécurité de son utilisation. «Notre équipe n'abandonne pas le domaine du gaz naturel pour autant, précise M. Bose. Qu'on parle d'hydrogène ou

de gaz naturel, les problèmes et les méthodes sont similaires. Pour l'hydrogène, il faut toutefois se doter d'une technologie cryogénique afin de pouvoir liquéfier l'hydrogène et le conserver liquide.»

L'HYDROGÈNE MIS EN BOÎTE

L'équipe de recherche sur l'hydrogène et le gaz naturel comprend quatre professeurs, six chercheurs postdoctoraux, une dizaine d'étudiants à la maîtrise et au doctorat et plusieurs techniciens et professionnels. Les Trifluviens collaborent avec de nombreuses autres équipes, comme celle de l'Université de Victoria (sur la liquéfaction de l'hydrogène) et de l'Université de Paris-Nord (sur l'adsorption). «C'est mon approche pragmatique, ironise Tapan K. Bose. Quand on démarre un projet dans un nouveau domaine, on cherche des partenaires qui ont déjà une certaine expertise.» L'expertise de M. Bose ne doit pas non plus être négligeable, puisqu'il est président, jusqu'en 1996, de l'Association de l'hydrogène du Canada!

On prévoit que les efforts de recherche seront initialement dirigés vers le stockage de l'hydrogène par trois méthodes: adsorption dans

du charbon activé, absorption dans des hydrures métalliques et liquéfaction magnétique. Par la suite, on abordera les questions de la sécurité et du transport de l'hydrogène.

Les chercheurs de l'UQTR ont déjà étudié en détail l'adsorption de l'hydrogène dans le charbon activé en fonction de la température. À -196°C , la température de l'azote liquide, et sous une pression de 17 atmosphères, les pastilles de charbon activé stockent une quantité d'hydrogène équivalant à 40% de la quantité d'hydrogène liquide qui occuperait le même volume. « Ce résultat est intéressant, car il ne serait probablement pas trop difficile d'utiliser des réservoirs cryogéniques refroidis à l'azote liquide pour transporter et stocker l'hydrogène sous faible pression, souligne le directeur de recherche. L'azote liquide est facile à produire et peu coûteux. Au contraire, stocker l'hydrogène sous des pressions élevées ou sous forme liquide, à -253°C , coûte cher. »

Une fois l'hydrogène adsorbé dans un réservoir, il est simple de le récupérer: il suffit d'ouvrir la valve du réservoir. Comme la pression externe est plus faible, le gaz sort. Quand la pression interne devient inférieure à deux atmosphères, le gaz restant demeure dans le réservoir, à moins qu'on chauffe un peu celui-ci. « L'adsorption diminue quand la tem-

pérature augmente, explique le physicien, parce que les molécules de gaz ont plus d'énergie. »

N'est-ce pas se compliquer la vie que de développer un nouveau procédé, alors que des véhicules roulent déjà à l'hydrogène, stocké dans des réservoirs sous 200 atmosphères de pression? « Avec de telles pressions, il faut utiliser des réservoirs d'acier cylindriques qui sont lourds et qui occupent beaucoup d'espace dans un véhicule, justifie M. Bose. Si on peut stocker l'hydrogène sous de faibles pressions, 15 ou 20 atmosphères, on pourra utiliser des réservoirs rectangulaires plus légers, constitués par exemple de matériaux composites. »

Bien entendu, il reste plusieurs « détails » à régler. Par exemple, la liaison des molécules d'hydrogène au carbone dégage de la chaleur, ce qui fait grimper la température... et donc, rappelez-vous, diminue l'adsorption. « Pour contourner ce problème, on pense ajouter dans le réservoir une substance qui se liquéfiera en absorbant la chaleur dégagee lors du remplissage du réservoir », ajoute le directeur.

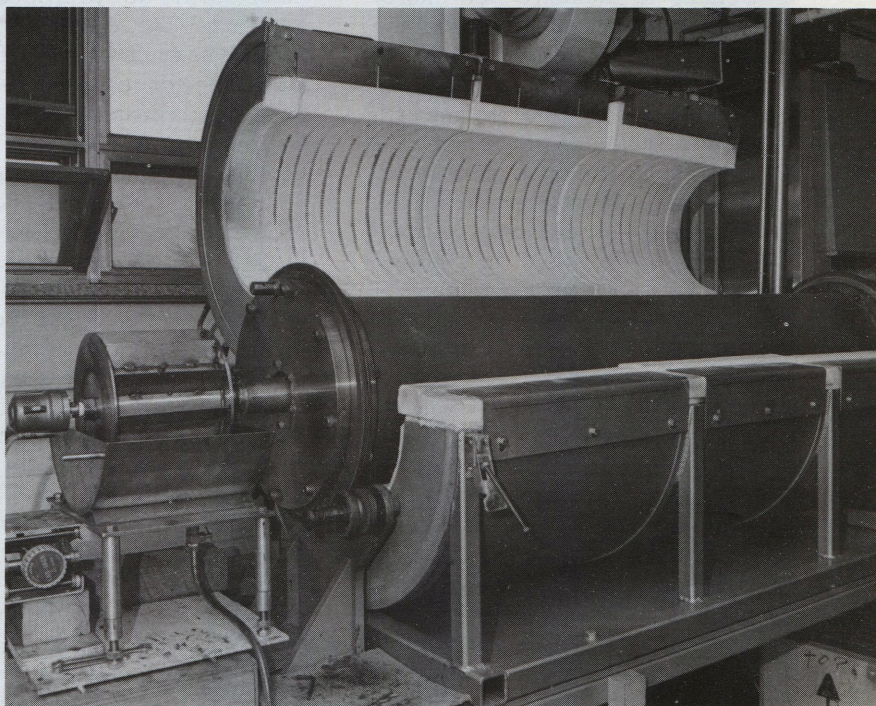
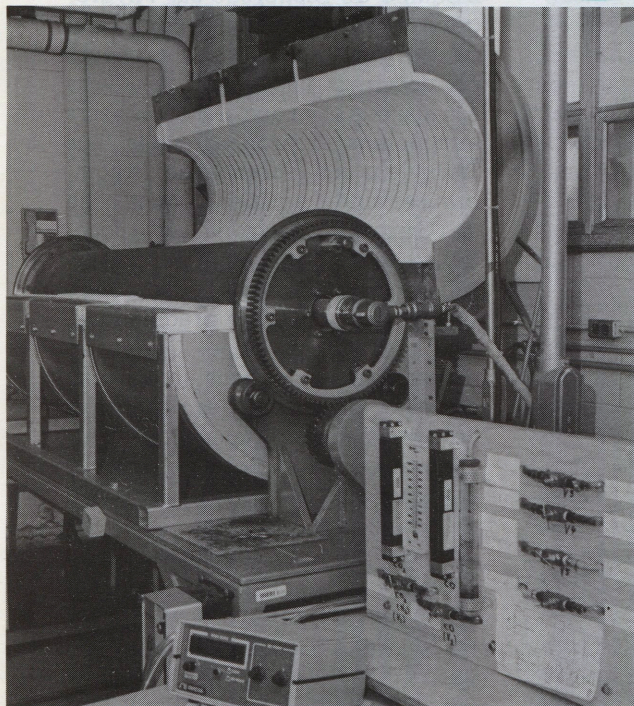
Le stockage au moyen d'hydrures métalliques est aussi une voie intéressante. La compagnie Mazda a d'ailleurs mis au point une voiture expérimentale qui stocke l'hydrogène selon ce prin-

cipe et peut parcourir 200 kilomètres. Mais, là aussi, il y a encore de petits problèmes: le réservoir est trop volumineux, l'autonomie réduite, et la durée de vie faible.

« Dans ce procédé, l'hydrogène se lie chimiquement aux atomes d'un métal, explique Tapan K. Bose. L'hydrogène entre dans le réseau métallique un peu comme l'eau dans une éponge. » Cette insertion est possible parce que les atomes d'hydrogène sont extrêmement petits. Des alliages comme le titanate de fer ou le lanthane-nickel emmagasinent l'hydrogène, sous des pressions inférieures à deux atmosphères, à des densités plus grandes que celle de l'hydrogène liquide. Autrement dit, un réservoir rempli d'hydrures contient plus d'hydrogène qu'un réservoir de même taille rempli d'hydrogène liquide! Pour faire sortir l'hydrogène, il suffit de chauffer un peu. « Une petite source de chaleur secondaire est donc nécessaire pour le démarrage. »

Ça, c'est le bon côté de la médaille. Le mauvais, c'est qu'un réservoir contenant du métal est évidemment assez lourd. Et, surtout, après seulement quelques cycles d'hydrogénation/déshydrogénation, le métal se dégrade, se fragilise. D'ailleurs, cet inconvénient n'est pas limité au stockage: l'hydrogène attaque aussi le métal des gazoducs. Heureusement, on peut expédier

FOUR CONSTRUIT PAR CANMET POUR LA PRÉPARATION DU CHARBON ACTIVÉ : VUES DU PANNEAU DE CONTRÔLE DE CIRCULATION DES GAZ ET DU SYSTÈME DE CIRCULATION DE LIQUIDE RÉFRIGÉRANT.



par gazoduc de l'hydrogène en le mélangeant à du gaz naturel, ce qui limite beaucoup la dégradation du métal. L'hydrogène peut être récupéré à l'arrivée au moyen d'une membrane poreuse.

Les chercheurs de l'UQTR viennent d'entamer les travaux sur les hydrures en mesurant la quantité d'hydrogène stockée par divers alliages pour diverses pressions et températures. «À plus long terme, nous voulons explorer les moyens de diminuer la fragilisation des métaux, dit Tapan K. Bose. Nous voulons aussi étudier le stockage par alliages de magnésium.» Le magnésium a l'avantage d'être léger... et est produit tout près, à Bécancour justement (par Norsk Hydro); par contre, pour que le stockage soit efficace, des températures et pressions plus élevées (sept atmosphères) sont nécessaires. Ici encore, il faut mettre au point divers alliages, modifier les procédés... sans savoir si ça va déboucher. La recherche, c'est l'aventure!

Enfin, le projet de liquéfaction de l'hydrogène vise à mettre au point une méthode de liquéfaction qui serait efficace pour produire de l'hydrogène liquide en petites quantités, une ou deux tonnes par jour. «Un tel procédé serait utile pour les endroits ou les industries dont les besoins sont faibles, explique le directeur de

recherche. La méthode traditionnelle de liquéfaction utilise une série de cycles compression-refroidissement-expansion rapide et n'est efficace que pour de grandes quantités, supérieures à 50 tonnes par jour. De plus, les installations sont très encombrantes.»

La méthode de liquéfaction projetée par Tapan K. Bose fait appel au refroidissement magnétique. C'est un peu plus complexe qu'un climatiseur! En gros, il s'agit de confiner l'hydrogène dans une enceinte formée de matériaux ferromagnétiques, dont les propriétés magnétiques sont similaires à celles du fer: chaque atome agit comme un minuscule aimant. On applique un champ magnétique, les atomes s'alignent, et on évacue la chaleur vers l'extérieur. Puis on supprime le champ, les atomes se désalignent, ce qui correspond à une température inférieure: les matériaux et l'hydrogène voisin se refroidissent.

De nouveau, le principe est bien connu, mais sa mise en application ne sera pas simple. Il faut d'abord trouver ou mettre au point des alliages métalliques dont les propriétés magnétiques seront convenables, puis étudier tout l'aspect technique.

L'HYDROGÈNE, PAS UNE PANACÉE

En ce qui concerne la sécurité, la programmation de recherche vise la mise au point, d'ici quelques années,

d'un détecteur bon marché pour repérer des fuites d'hydrogène dans les bâtiments. Comme le gaz naturel, l'hydrogène peut exploser en présence d'oxygène, si une étincelle met le feu aux... poudres. «L'hydrogène présente quand même un avantage, avance Tapan K. Bose. Comme il est moins dense que l'air, il s'élève et ne s'accumule pas s'il y a une fuite.» Il semble même que lors d'accidents, l'automobile à hydrogène est plus sécuritaire que celle à essence.

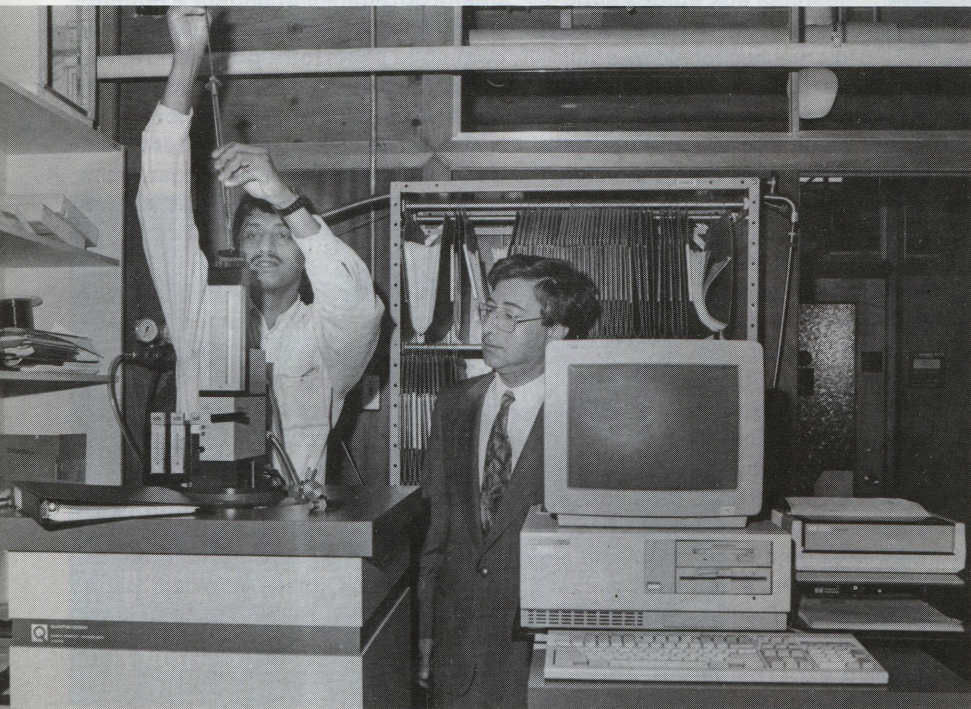
Plus tard, on prévoit aussi étudier le transport par gazoducs, bateaux et camions... il faut reconstituer toute la chaîne, comme pour le gaz et le pétrole! De grandes quantités d'hydrogène liquide pourront être transportées par bateau, avec des réservoirs spéciaux. Un projet de cette nature, qui visait la production d'hydrogène au Québec et son transport en Allemagne, a d'ailleurs été abandonné à cause du prix de revient trop élevé en comparaison des autres sources d'énergie.

«À quantité d'énergie égale, l'hydrogène coûte actuellement quatre fois plus cher que l'essence, remarque Tapan K. Bose. Il ne sera peut-être jamais compétitif sur ce plan parce que c'est une source d'énergie secondaire, au contraire du pétrole. Par contre, des interventions législatives, comme celle de Californie limitant les émissions de polluants par les automobiles, pourraient tout changer et favoriser l'utilisation de l'hydrogène.»

Produire de l'hydrogène, à partir d'hydrocarbures ou d'électricité, n'est pas sans effet sur l'environnement. Par exemple, la méthode la moins coûteuse repose sur une réaction entre le gaz naturel et l'eau, qui dégage de l'hydrogène mais aussi du gaz carbonique, un des responsables de l'effet de serre. Ne fera-t-on encore que déplacer la pollution, jeter nos déchets plus loin? «Non, conclut le chercheur. Les moteurs d'auto sont rarement bien mis au point, ce qui amplifie les émissions de polluants. Dans une grande entreprise produisant de l'hydrogène, on peut espérer que la pollution sera mieux contrôlée.»

Bref, si l'hydrogène présente des avantages, il n'est tout de même pas la panacée. La solution à la pollution repose au moins autant sur des choix sociaux et personnels que sur des progrès technologiques. **R**

B. RAVI GOPAL, ASSOCIÉ DE RECHERCHE, ET LE PROFESSEUR RICHARD CHAHINE DANS LE LABORATOIRE DE RÉFRIGÉRATION MAGNÉTIQUE.



PHOTOS : CLAUDE DEMERS, UQTR