

RECHERCHE

CAHIER THÉMATIQUE H > LE DEVOIR, LES SAMEDI 9 ET DIMANCHE 10 AVRIL 2016



Université Concordia
Repenser
l'enseignement
de la chimie
Page H 2



Récupération du CO₂
À la recherche
du Saint-Graal
Page H 4

La chimie verte gagne du terrain



ISTOCK

« On sent vraiment un engouement depuis quelques années pour les différents créneaux de la chimie verte, affirme Benoît Marsan, chercheur au Département de chimie de l'UQAM. Les chercheurs sont encouragés à aller dans cette direction en phase avec les enjeux environnementaux et de santé dans notre société. »

La chimie peut paraître nébuleuse, voire louche. Parce que, dans la tête de bien des gens, les produits chimiques, c'est nécessairement mauvais. Or, des chercheurs, soutenus bien souvent par l'industrie, travaillent d'arrache-pied pour arriver à développer une chimie plus verte. Dans toutes sortes de domaines. Tour d'horizon avec un chercheur bien actif dans ce secteur au Québec, Benoît Marsan.

MARTINE LETARTE

Une pile solaire, c'est génial. Ce l'est encore plus si elle est fabriquée avec des matériaux et des procédés peu dommageables pour l'environnement et peu coûteux, pour arriver à un produit mince et flexible. Ainsi, en plus d'être verte, cette pile pourrait être utilisée beaucoup plus couramment comparativement à la pile traditionnelle à base de silicium qu'on retrouve dans les panneaux solaires.

Cette pile solaire, c'est le projet sur lequel travaille depuis de nombreuses années Benoît Marsan, chercheur au Département de chimie de l'Université du Québec à Montréal.

Après avoir testé plusieurs matériaux, il a arrêté son choix sur une solution d'électrolyte efficace, sans danger pour l'environnement et recyclable. Puis il a jeté son dévolu sur le sulfure de cobalt, à la fois abordable et performant.

Il a publié les résultats de ses recherches dans de prestigieuses revues scientifiques et a été sélectionné parmi les découvertes de l'année 2010 par l'équipe du magazine *Québec Science*.

« Ces dernières années, nous avons beaucoup

amélioré nos méthodes de fabrication et notre pile commence à avoir un rendement intéressant, dit-il. Ce n'est pas comparable à la pile au silicium, mais comme elle est flexible et peu coûteuse, on pourra l'utiliser dans beaucoup plus de créneaux. »

Les grands principes de la chimie verte

La pile solaire développée par Benoît Marsan et son équipe est l'un des nombreux exemples d'applications de la chimie verte.

Son collègue Jérôme Claverie, également professeur au Département de chimie de l'Université du Québec à Montréal, a pour sa part mis au point un nouveau type de matière plastique thermodurcissable époxy sans bisphénols, des composés toxiques. On retrouve les thermodurcissables dans différents éléments, comme les composantes électroniques des ordinateurs et les matériaux composites de l'aéronautique.

Benoît Marsan avait ces grands principes de chimie verte en tête lorsqu'il a développé son procédé de fabrication pour le sulfure de cobalt. « Nous utilisons une méthode électrochimique, qui est une méthode propre, dit-il. Cela ne cause pas de déchets. »

M. Marsan, qui est membre du Centre québécois sur les matériaux fonctionnels dans

lequel on trouve plus de 70 chercheurs et 350 étudiants, souligne que d'autres secteurs d'activités peuvent tirer avantage de la méthode électrochimique.

Par exemple, le domaine minier. L'industrie aurifère rejette généralement des cyanures et c'est très toxique. Pour s'en débarrasser, on peut utiliser une méthode chimique pour oxyder les cyanures, par exemple en ajoutant du chlore gazeux ou du peroxyde d'hydrogène.

« Par contre, on reste avec une grande quantité de déchets, des produits chimiques qu'il faut gérer, même s'ils ne sont pas toxiques, affirme le chercheur. En utilisant plutôt une méthode électrochimique, on peut oxyder les cyanures sans créer de déchets. On produit en fait de l'azote gazeux qui constitue 79% de l'air qu'on respire et des ions carbonates inoffensifs. De la recherche est faite dans le domaine. »

Engouement

Plusieurs grands événements se tiennent maintenant dans le monde dans le domaine de la chimie verte. Par exemple, l'Annual Green Chemistry & Engineering Conference de l'American Chemical Society se déroule cette année à Portland et la Green and Sustainable Chemistry Conference vient tout juste de se terminer à Berlin.

« On sent vraiment un engouement depuis quelques années pour les différents créneaux de la chimie verte, affirme Benoît Marsan. Les chercheurs sont encouragés à aller dans cette direction en phase avec les enjeux environnementaux et de santé dans notre société. »

De nombreux produits issus de la chimie verte sont aussi disponibles sur les tablettes pour les consommateurs. Notamment pour l'entretien ménager.

Pour en savoir plus

La chimie verte est en fait un concept très large sur lequel travaillent différents types de scientifiques, du chimiste à l'ingénieur en passant par le biologiste. L'UNESCO a même adopté 12 principes de la chimie verte. On y trouve notamment la volonté de ne produire aucun déchet, l'adoption de méthodes de synthèse peu ou pas toxiques pour l'homme et l'environnement, et la production de produits chimiques moins toxiques avec l'utilisation de ressources renouvelables en dépensant peu d'énergie.

« On voit d'ailleurs des certifications pour informer les consommateurs qui souhaitent aller vers ce genre de produits, et ça fonctionne bien, même si cela a un coût, remarque Benoît Marsan. Les consommateurs ont cette conscience maintenant. »

Quant à la pile de Benoît Marsan, des discussions sont en cours pour arriver à une commercialisation.

« C'est toujours un long processus qui implique plusieurs partenaires, mais nous avons bon espoir d'y arriver, indique le chercheur. Pendant ce temps, nous continuons d'améliorer les propriétés des matériaux et la performance de la pile solaire. Ainsi, on dit souvent que la chimie cause des problèmes, mais elle apporte aussi des solutions. »

Collaboratrice
Le Devoir

RECHERCHE

UNIVERSITÉ CONCORDIA

Repenser l'enseignement de la chimie

La chimie verte, qui cherche à être aussi performante que la nature, s'implante petit à petit. Mais il faudra du temps, précise un spécialiste, de la patience... et même changer la façon dont on enseigne la chimie!

CLAUDE LAFLEUR

« La chimie verte n'est pas une nouvelle branche de la chimie — telle que la chimie organique ou la chimie analytique —, mais c'est une nouvelle façon de penser, déclare Xavier Ottenwaelder, professeur associé au Département de chimie et de biochimie de l'Université Concordia. En gros, il s'agit de changer la mentalité des acteurs de la chimie, notamment des chercheurs, mais également des industriels ainsi que des politiques et du public. » C'est toutefois une nécessité qui sera difficile à implanter, estime-t-il.

Par exemple, dit-il, les chimistes et les industriels « ne sont pas trop difficiles à convaincre » puisqu'ils réalisent très bien que toute pollution entraîne des coûts considérables tant pour eux que pour la société. Par contre, poursuit le professeur Ottenwaelder, une certaine réticence surgit lorsqu'on songe à remplacer les processus actuels, car cela exige de nouveaux réactifs, de nouvelles infrastructures, de nouvelles chaînes d'approvisionnement, etc. « En fait, cela demande de changer complètement les structures en place... et ça, c'est bien entendu difficile », observe-t-il.

Il s'agirait même à terme de remplacer la chimie basée sur le pétrole — la pétrochimie — par une chimie basée sur de la matière biorenewable. Tout un défi, estime ce professeur de chimie de Concordia.

Percer les mécanismes de la nature

D'origine alsacienne, Xavier Ottenwaelder s'est installé chez nous après avoir effectué ses études en France puis aux États-Unis. « Je suis devenu chimiste, car, comme ça arrive souvent, j'ai eu un super prof de chimie, absolument charismatique et génial, lance-t-il. Puis c'est le Canada qui m'a le plus plu et je suis arrivé ici en 2006. »

L'équipe qu'il dirige à Concordia — le Xavier Ottenwaelder Research Group (XoRG) — étudie les réactions d'oxydation. « Nous essayons de comprendre comment la nature procède, explique le chercheur. Nous partons du principe



JACQUES NADEAU LE DEVOIR

« Il faut qu'on intègre le développement de la chimie à la protection de l'environnement. On ne peut plus prendre la pétrochimie comme source pour fabriquer nos matériaux. Il faut recourir à de la matière qui soit biorenewable », affirme Xavier Ottenwaelder.

que la nature fait tout mieux que nous, notamment les réactions chimiques qui se passent dans le corps humain et dans tout organisme vivant. »

Son équipe cherche par conséquent à comprendre ces mécanismes et à les reproduire. « Nous nous concentrons principalement sur les métaux de transition — le cuivre, le zinc, le fer, etc. — qui jouent notamment un rôle dans le mécanisme de la respiration, explique M. Ottenwaelder. On cherche en fait à comprendre comment la nature effectue des réactions très difficiles alors que, nous, on n'y parvient pas! Et qui plus est, la nature fait cela tout simplement dans de l'eau, à température ambiante et de manière très efficace... Nous, nous cherchons à reproduire ces caractéristiques-là. »

C'est dire que ces travaux s'inscrivent tout droit dans la chimie verte puisque les procédés que cherche à mettre au point l'équipe XoRG ne recourent pas à des solvants, « produits chimiques dangereux et coûteux », souligne au passage le professeur Ottenwaelder. « Si on pouvait travailler avec de l'eau comme solvant, ça serait super, dit-il. Et si on pouvait utiliser l'oxygène de l'air comme oxydant, ce serait évidemment plus propre... Bref, tout cela s'inscrit dans les principes de la chimie verte. »

La nature, observe Xavier Ottenwaelder, produit ces réactions au sein d'enzymes,

« des centres où tout a été optimisé par l'évolution afin que les réactions se fassent avec la plus grande rapidité possible. On parle ici de catalyse enzymatique ».

Changer les mentalités

Pour Xavier Ottenwaelder, la première étape pour changer notre façon de voir la chimie consiste à délaissier l'idée qu'on se fait du travail des chimistes. « Je crois que la plupart des gens voient la chimie comme une activité de pollution. On a très mauvaise réputation! constate-t-il. Il nous faut donc démonter le mythe qui veut que la chimie soit sale et polluante [et montrer] que le travail des chimistes, c'est extrêmement utile. »

Ce qu'on oublie souvent, fait-il valoir à titre d'exemple, c'est que les médicaments sont mis au point par des chimistes et fabriqués selon des procédés chimiques. « Et on oublie aussi que sans pesticides ni engrais, il n'y aurait pas grand-chose sur les étals », ajoute-t-il.

Mais les chimistes et l'industrie ont aussi leur part à faire, poursuit-il: « Il faut qu'on intègre le développement de la chimie à la protection de l'environnement. On ne peut plus prendre la pétrochimie comme source pour fabriquer nos matériaux. Il faut recourir à de la matière qui soit biorenewable. »

« La chimie verte n'est pas une nouvelle branche de la chimie — telle que la chimie organique ou la chimie analytique —, mais c'est une nouvelle façon de penser »

Xavier Ottenwaelder, professeur associé au Département de chimie et de biochimie de l'Université Concordia

Mais voilà qui nécessitera qu'on repense tout l'arsenal de réactions chimiques en se basant sur de nouvelles sources de matière première. « On ne peut plus partir de la chimie du pétrole, il faut qu'on trouve autre chose. Par exemple, la biomasse extraite des ressources forestières. »

Xavier Ottenwaelder constate d'ailleurs qu'il y a déjà un énorme pan de la chimie industrielle qui se développe. « Mais c'est extrêmement difficile et ça va prendre du temps, dit-il. Et c'est là que ça devient difficile, difficile de réconcilier les visions des politiques à court terme avec la vision des scientifiques à long terme. »

Par contre, fait-il remarquer, le Québec est réputé à travers le monde pour sa chimie liée au développement durable. « Nous avons été l'une des premières sociétés à faire autant d'efforts pour soutenir la chimie verte, indique le chercheur. Entre autres, nous nous sommes dotés d'un Centre en chimie verte et catalyse, un regroupement de chercheurs provenant de toutes les universités et tous les instituts. C'est une force importante. »

Et au Québec comme ailleurs, on forme de plus en plus de jeunes chimistes qui pensent en termes de chimie verte et d'environnement. Il faudra néanmoins changer la façon même selon laquelle on enseigne la chimie, rapporte le chercheur. Or, intégrer ces changements sera un défi de taille qui nécessitera des décennies, prévoit-il.

Collaborateur
Le Devoir

UNIVERSITÉ BISHOP'S

Chimie ne veut pas toujours dire toxique

Le professeur à l'Université Bishop's Alexandre Drouin cherche des méthodes pour que la chimie soit plus verte et durable. Il se compare à un constructeur immobilier, car pour lui, les nouvelles approches de synthèses doivent, comme celles de l'isolation d'une maison, éviter les métaux toxiques et réduire la production de déchets.

ALICE MARIETTE

« Il n'y a pas de raison d'avoir peur de la chimie, lance le professeur. Ces temps-ci, sur Internet, dans les publicités ou les journaux, on a l'impression que c'est le diable, mais en fait ce n'est pas ça du tout! On essaie de trouver des solutions à plusieurs problèmes. » Sa présentation à la semaine de la recherche de Bishop's — du 18 au 24 mars dernier — était pour lui une façon de montrer que son domaine d'études peut être plus vert. Mais aussi que les produits chimiques ne sont pas toujours synonymes de produits toxiques. « En fait, je voulais dire aux gens que la chimie était leur amie », résume-t-il.

Professeur à l'Université Bishop's depuis quatre ans, Alexandre Drouin étudie des réactions qui permettront de

trouver des processus plus respectueux de l'environnement, mais aussi moins chers. « Ce que j'essaie de faire, c'est de privilégier des composés organiques, donc qui sont soit réutilisables, soit moins chers, et qui sont moins dommageables pour l'environnement lorsqu'il faut s'en débarrasser », explique-t-il. C'est au cours de ses recherches que le professeur a réalisé qu'il se dirigeait vers l'organocatalyse, soit le fait de se servir d'un catalyseur d'origine organique pour modifier la vitesse de la réaction chimique. Ainsi, puisque moins de réactifs sont utilisés, la production de déchets est, elle aussi, moindre. « Mais c'est un avantage que je n'avais pas vu au départ », confie-t-il.

Aujourd'hui, M. Drouin essaie de développer de nouvelles méthodes de synthèses qui ne vont pas utiliser de métaux, en les remplaçant par

des acides aminés, ou des dérivés. « Tous les métaux ne sont pas mauvais, mais dans tous les cas, cela coûte plus cher de s'en débarrasser », affirme-t-il. Il cherche à former des réactions pericycliques, qui n'ont pas d'intermédiaires. « C'est un type de réaction qui va se passer à travers un cycle, explique le professeur. L'intérêt de ces réactions est qu'elles sont sélectives, donc elles permettent d'éviter la formation de produits secondaires, et c'est un grand avantage lorsqu'on essaie de faire de la chimie verte. » Alexandre Drouin cite aussi la méthode de l'économie d'atomes, qui implique qu'au cours de la synthèse tous les atomes des produits de départ sont transférés dans les produits finaux. « On crée moins de déchets de cette façon », précise-t-il.

Produits naturels, mais toxiques

« On a tendance à dire que, quand les produits sont naturels, ils sont bons pour la santé, alors qu'il y a des milliers d'exemples de produits naturels qui sont des poisons assez virulents », rappelle le professeur. Il cite le cyanure, qui se trouve

dans les pépins de plusieurs fruits, mais aussi la strychnine, qui, isolée de la plante du vomiquier, un arbuste d'Inde, est un composé naturel très toxique. « Être naturel n'est pas synonyme d'être bon pour la santé ou bon pour l'environnement », ajoute-t-il.

Andrew Turk, son étudiant au baccalauréat en chimie à l'Université Bishop's, s'intéresse lui aussi aux processus verts et aux produits naturels. À partir de plantes, notamment de l'aloë vera, il a lui-même extrait les éléments qu'il utilise pour faire une crème hydratante pour les mains. Au cours de ses recherches, Andrew a réalisé que dans les crèmes actuelles se trouve l'aloïne, un composé jugé toxique et cancérigène. « J'ai trouvé une façon d'enlever cette composante », explique l'étudiant. Puis de prendre le reste pour produire une crème pour les mains saine et moins dangereuse. Le but pour lui est aussi de faire des produits de beauté à bas prix. « Ce que je propose peut facilement réduire de 50% le coût d'une crème pour les mains », affirme-t-il. Il cherche maintenant à ajouter d'autres composantes,

afin de rendre sa préparation plus efficace. « Par exemple, en ce moment, je suis en train d'enlever la capsaïcine de la sauce piquante sriracha et de l'inclure dans ma crème », indique Andrew. La capsaïcine, c'est la molécule dans la sauce piquante qui fait que c'est piquant justement. Il affirme que cela pourrait avoir un effet positif, notamment pour les douleurs d'arthrite.

Des pratiques durables

Lors de sa propre présentation pendant la semaine de la recherche de Bishop's, Andrew Turk voulait prouver qu'il est possible en étant au baccalauréat de mener des projets intéressants et qui ont de la valeur. Pour lui, il était aussi très important de montrer que la chimie n'est pas synonyme de toxicité. « C'est avec la chimie verte que l'on va voir si, même dans les thés 100% naturels que font nos grands-parents, il n'y a pas quelque chose de dangereux pour la santé », ajoute-t-il. L'étudiant estime que le but des chimistes doit être de trouver des mécanismes pour que la chimie de demain soit plus verte

que celle d'aujourd'hui. « Ça serait contre-productif de ne pas faire de la chimie verte », pense Andrew.

Alexandre Drouin indique que certaines méthodes existent déjà. Plusieurs chercheurs réduisent par exemple la quantité de solvants ou en utilisent des aqueux, soit à base d'eau, qui sont beaucoup moins dommageables pour l'environnement. « Ce n'est pas motivé seulement par la protection de la nature, c'est moins cher d'utiliser de l'eau par exemple, estime-t-il. Donc ça va faire avancer la recherche beaucoup plus rapidement, car on se rend compte que ça coûte moins cher, non seulement pour acheter, mais aussi pour se départir des composés restants. » Le professeur rappelle que la chimie est un domaine de science relativement récent. Au début, peu se souciaient de l'environnement et de ce qu'il se passait avec le rejet de déchets. Ainsi, il faudra encore quelques années de recherche pour que les pratiques d'une chimie verte soient entièrement adoptées.

Collaboratrice
Le Devoir

S'approprier de nouvelles façons de faire

pour transformer les collectivités et développer les territoires.

tiess
TERRITOIRES INNOVANTS
EN ÉCONOMIE SOCIALE ET SOLIDAIRE
LIAISON ET TRANSFERT

tiess.ca

RECHERCHE

UNIVERSITÉ MCGILL

À l'avant-garde de la chimie verte

«Si aujourd'hui on devait introduire le pétrole dans la société, ça ne serait absolument pas acceptable», lance un professeur de chimie. Pourquoi? Parce qu'on pratique une chimie de plus en plus consciente de ses impacts sur l'environnement: la chimie verte.

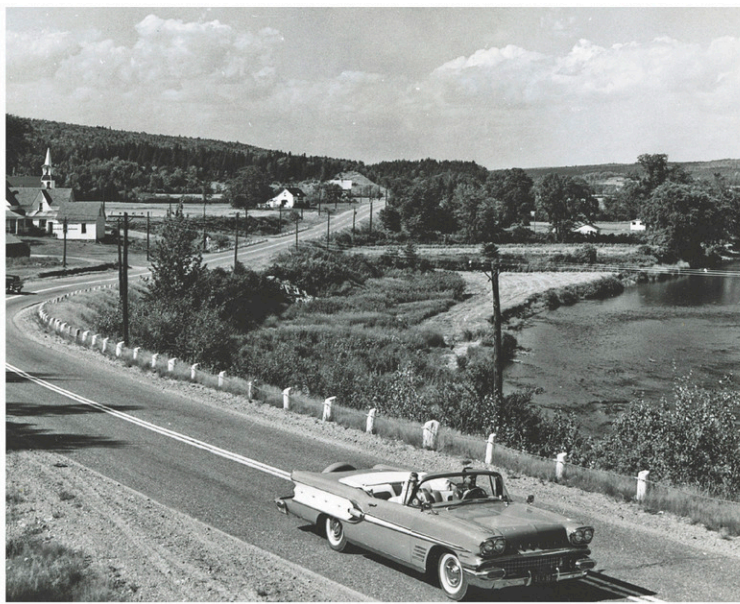
CLAUDE LAFLEUR

Probablement que plus de 95% de tout ce que nous utilisons dans une journée est le fruit d'un processus chimique, ainsi que l'essentiel de ce que nous mangeons, rapporte Bruce Lennox, professeur de chimie et doyen de la Faculté des sciences de l'Université McGill. «En fait, on n'a généralement pas conscience à quel point la chimie est omniprésente dans nos vies», remarque-t-il.

Or, les procédés chimiques employés couramment ne tiennent compte ni des déchets qu'ils génèrent ni de leurs impacts sur l'environnement et sur la planète.

Comme l'explique le professeur Lennox, pour fabriquer un produit, «on prend, disons, une substance A qu'on ajoute à une substance B pour fabriquer une substance C... qu'on ajoute à une substance D... qu'on mélange à une substance E... et ainsi de suite, de dix à quinze fois, disons». Or, le produit qu'on obtient au bout du compte — un médicament par exemple — peut ne représenter que 1% de toute la matière utilisée! Le reste, ce sont des déchets chimiques.

La chimie n'en est pas moins



ARCHIVES LE DEVOIR

«Par exemple, dans les années 1970 on a ajouté du plomb dans l'essence... sans réfléchir aux conséquences que cela aurait sur l'environnement!» assure Robin Rogers, professeur de chimie à l'Université McGill.

une activité formidable, enchaîne Robin Rogers, autre professeur de chimie de l'Université McGill. «Lorsque j'étais enfant, dans les années 1960, les chimistes étaient considérés comme des gens formidables, dit-il, puisqu'ils créaient toutes sortes de produits miracles, des médicaments et des tas de matériaux nouveaux. Mais lorsque je suis entré à l'Université de l'Alabama, en 1975, la profession était très mal perçue...» En fait, explique-t-il, à la suite de la publication du livre de Rachel Carson, *Printemps silencieux*, «les chimistes sont passés de héros à vilains!»

Le problème, poursuit M. Rogers, c'est que les chimistes ne prennent pas en compte les conséquences écologiques des molécules et des matériaux qu'ils développent. «C'est pour cela, par

exemple, que dans les années 1970 on a ajouté du plomb dans l'essence... sans réfléchir aux conséquences que cela aurait sur l'environnement!»

Mais voilà que la chimie s'amende avec l'apparition du concept de chimie verte. «Par exemple, si aujourd'hui on devait introduire le pétrole dans la société, ça ne serait absolument pas acceptable», lance le chercheur.

Une chimie tout à fait nouvelle

«La chimie verte propose une approche qui vise à utiliser des procédés et des produits qui ont le moins d'impacts possible sur l'environnement», poursuit Bruce Lennox. «Il s'agit d'intégrer dès le départ les concepts de toxicité, de cycle de vie, de risques écolo-

giques, ajoute Robin Rogers. Nous nous devons de tenir compte des impacts éventuels de ce que nous faisons.»

La chimie verte préconise même une façon totalement nouvelle de faire les choses, poursuit-il, l'idée maîtresse n'étant pas tant de chercher à nettoyer la pollution générée par les vieux procédés chimiques que de développer des procédés qui ne polluent pas du tout et qui n'auront aucune conséquence toxique à la longue.

Bruce Lennox établit ainsi une comparaison avec la cuisine: «Lorsque vous confectionnez un repas, normalement, vous ne mangez qu'une portion de ce que vous avez utilisé. Mais nous, nous cherchons à concevoir des façons de faire où on consommerait tout ce qu'on utilise pour concocter notre repas!»

Pourtant, le concept de chimie verte n'est pas si nouveau puisqu'il remonte à 1991, lorsque Paul Anastas, de l'Université Yale, a créé le terme dans un ouvrage où il définissait les douze principes de base. Pour sa part, Robin Rogers mettait sur pied dès 1998 un Centre de production manufacturière verte alors qu'il enseignait à l'Université de l'Alabama. «Je fais de la chimie verte depuis vingt ans maintenant, mais ce n'est que depuis une dizaine d'années qu'on commence à comprendre ce que je fais!» lance-t-il en riant.

Créer le futur... au Canada

Robin Rogers est l'une des sommités de la chimie verte, et l'Université McGill a marqué un bon coup en le recrutant en 2014 pour diriger la Chaire d'excellence en recherche du Canada sur la chimie et les pro-

De l'université vers l'industrie

En 1997, l'Université McGill décidait de développer la meilleure équipe de spécialistes en chimie verte. «Cela nous a demandé dix ans, mais oui, on peut dire aujourd'hui que nous sommes l'université la plus avancée au monde dans ce domaine, aucun doute là-dessus!» affirme Bruce Lennox, doyen de la Faculté des sciences de cette université. Disons aussi qu'au départ McGill s'enorgueillissait de compter quelques-uns des pionniers du domaine, dont Robert Marchessault, qui a créé des plastiques biodégradables, ainsi que Tak-Hang «Bill» Chan, qui a inventé de nombreux procédés chimiques suivant les principes de la chimie verte. «Nous avions donc de solides bases sur lesquelles bâtir notre projet», résume M. Lennox. De surcroît, l'Université McGill compte nombre de chercheurs de calibre international dans les domaines de l'environnement, de l'entrepreneuriat et des enjeux légaux. «Nous possédons donc l'expertise pour faire progresser le domaine de la chimie verte sur des bases multidisciplinaires», explique Bruce Lennox. C'est ainsi que l'Université McGill attache une grande importance à la sensibilisation des entreprises du Québec et du Canada aux applications de la chimie verte. «La prochaine étape de notre stratégie, poursuit le doyen de la Faculté des sciences, c'est de transférer les connaissances que nous développons à l'industrie et à la société. Et c'est quelque chose sur lequel nous travaillons très fort en ce moment.»

duits chimiques écologiques.

Pour le professeur Rogers, le défi de la chimie verte ne consiste pas tant à développer de nouveaux procédés chimiques, ni même à améliorer les procédés existants, qu'à imaginer de toutes nouvelles approches, sinon même des technologies inédites. Il cite ainsi l'exemple du procédé photographique: «Durant des décennies, les chimistes ont constamment cherché à améliorer les pellicules [...]. Mais voilà qu'un jour on a inventé une toute autre façon de faire — la photographie numérique — qui a complètement remplacé les procédés chimiques.»

«En venant m'installer au Canada, c'est exactement ce que je désire faire, poursuit cet Améri-

cain. Vous ne le réalisez peut-être pas, mais ici, au Canada, on dispose de toutes les ressources nécessaires, y compris de l'énergie, des matières premières et du brain power.» Nous avons donc tout ce qu'il faut pour créer les technologies du futur qui utiliseront nos ressources de façon intelligente, efficace et sans danger pour l'environnement. Et si nous faisons cela intelligemment, énonce le spécialiste, le Canada deviendra l'un des leaders économiques de la planète.

«Je suis venu m'installer au Canada en raison de tout ce que vous avez ici, renchérit-il. Et je me suis joint à McGill, car c'est incontestablement le leader mondial de la chimie verte.»

Collaborateur
Le Devoir

UQAM inspirée par l'innovation



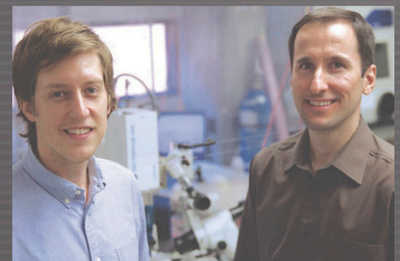
Deux chercheurs de l'UQAM créent un nouveau type de plastique écologique. L'une des 10 découvertes de l'année selon Québec Science.

#uqam

INNOVER POUR LA SOCIÉTÉ

UN FIL TENACE COMME LA SOIE D'ARAIGNÉE

Les P^{rs} Frédéric Gosselin et Daniel Therriault parviennent à produire une fibre de polymère ultra-tenace, en s'inspirant directement de la structure de la soie d'araignée. Les applications envisageables sont nombreuses: enveloppe de moteur d'avion, dispositifs chirurgicaux, etc.



UN TRACÉ RÉVÉLATEUR DE LA MOTRICITÉ

Saviez-vous qu'une simple signature pouvait révéler beaucoup sur votre état de santé? En effet, la vitesse à laquelle vous la tracez est fonction de votre état neuromusculaire, ont révélé les travaux du P^r Réjean Plamondon. Ceux-ci mènent à la réalisation d'outils très fiables et non-invasifs d'évaluation de l'état de santé de patients, telles que des applications utilisables avec des tablettes ou des téléphones intelligents.



VERS L'ÉLECTRONIQUE COMPATIBLE AVEC LE VIVANT

Le P^r Fabio Cicoira et son équipe développent des procédés de fabrication de dispositifs électroniques organiques, imprimés sur supports flexibles ou étirables et compatibles avec les tissus biologiques. Ceux-ci promettent des applications telles que des capteurs adhérents directement aux tissus biologiques, aux cellules ou aux organes.



Découvrez en vidéo les projets de nos chercheurs

polymtl.ca/innovatio

POLYTECHNIQUE
MONTRÉALLE GÉNIE
EN PREMIÈRE CLASSE

RECHERCHE

RÉCUPÉRATION DU CO₂

À la recherche du Saint-Graal

PIERRE VALLÉE

Ce n'est pas le dioxyde de carbone (CO₂) qui manque dans l'atmosphère terrestre. L'activité humaine en produit tellement que ce gaz menace sérieusement l'équilibre climatique de la planète. Mis à part en réduire l'émission, y a-t-il autre chose à faire avec le CO₂ rejeté dans l'atmosphère?

Frédéric-Georges Fontaine, professeur de chimie à l'Université Laval et membre du Centre de recherche en catalyse et chimie verte (C3V), croit que oui. Il travaille présentement avec son équipe à mettre au point un procédé chimique qui permettrait de transformer le CO₂ en méthanol (CH₃OH), un alcool combustible qui pourrait servir, entre autres, comme carburant.

«En puisant le CO₂ directement à la source, c'est-à-dire à partir de celui émis dans l'atmosphère, et en le transformant en méthanol, on viendrait en quelque sorte boucler la boucle, explique-t-il. Le carbone émis pas la combustion du méthanol ne serait pas un nouveau carbone mais un carbone recyclé. De plus, le méthanol ainsi produit serait un carburant qui n'aurait pas été élaboré à partir d'une source d'énergie fossile.»

Mais pour ce faire, il faut d'abord une source d'hydrogène, et à cet égard, le Québec est particulièrement bien placé. «Nous avons au Québec la possibilité de produire de l'électricité en grande quantité et à faible coût, et ce, de façon verte grâce à l'hydroélectricité. Il suffirait de se servir de cette électricité pour produire de l'hydrogène par l'électrolyse de l'eau.»

Le second élément nécessaire est le CO₂. «Évidemment, il n'est pas envisageable de capter le CO₂ qui se trouve à l'air libre, comme celui émis par les automobiles, et c'est la raison pour laquelle nous croyons que la source la plus exploitable est celle des grands émetteurs. Nous collaborons avec une entreprise, CO₂ Solutions, qui a développé une technologie capable de capter le CO₂ émis par les cheminées des grands émetteurs.»

Un procédé chimique vert

Il se produit bon an mal an une importante quantité de méthanol en utilisant des procédés chimiques industriels, généralement à partir d'une source d'hydrocarbure fossile, dont notamment le gaz naturel, qui contient du méthane.



Frédéric-Georges Fontaine, professeur de chimie à l'Université Laval et membre du Centre de recherche en catalyse et chimie verte (C3V), travaille présentement avec son équipe à mettre au point un procédé chimique qui permettrait de transformer le CO₂ en méthanol, un alcool combustible qui pourrait servir, entre autres, comme carburant.

Chimie verte oblige, le procédé chimique mis au point par Frédéric-Georges Fontaine s'éloigne des procédés traditionnels et industriels. Il s'agit d'élaborer un procédé chimique capable de combiner la molécule de CO₂ à une molécule d'hydrogène (H₂) et de les remodeler en une molécule de méthanol (CH₃OH).

Pour ce faire, le procédé chimique doit utiliser un catalyseur afin de provoquer la réaction chimique désirée. Une bonne partie de la recherche porte donc sur l'élaboration de ces catalyseurs. Le professeur Fontaine et son équipe en ont développé deux, le borane, composé de bore, de carbone et d'hydrogène, et la phosphine, composée de phosphore, de carbone et d'hydrogène. L'apport en hydrogène est fourni par un autre composé, l'hydroborane (BH₃). Au final, le procédé chimique doit accomplir trois choses : produire une molécule de méthanol facilement détachable du catalyseur, faire en sorte que le catalyseur soit réutilisable et produire le moins de déchets possible.

«Nous sommes ici dans le domaine de la recherche fondamentale et encore loin d'un procédé de nature industrielle, mais nos résultats sont très encourageants. Nous avons parcouru environ 90 % du che-

min. Nous sommes capables de produire du méthanol, mais éprouvons encore une petite difficulté à le détacher du catalyseur. De plus, la synthèse de l'hydroborane est trop coûteuse et fait que le procédé chimique n'est pas encore rentable. Il nous reste donc du peaufinage à faire.»

De nouveaux catalyseurs

Les deux catalyseurs développés par le professeur Fontaine et son équipe ont ceci de particulier qu'ils ne sont pas élaborés à partir de métaux, le bore et le phosphore n'étant pas des métaux. Ceci est contraire à la pratique généralisée en chimie industrielle où la majorité des catalyseurs contiennent des métaux. C'est particulièrement vrai pour les catalyseurs utilisés dans les procédés chimiques où l'on trouve une liaison carbone-hydrogène, réputée solide et peu manipulable. Pour y arriver, la chimie a développé un arsenal de catalyseurs à base de métaux. «Mais les métaux sont toxiques, et si cette toxicité peut être tolérable dans certains procédés chimiques, elle ne l'est pas du tout dans d'autres. Je pense notamment à l'industrie pharmaceutique où les molécules d'un médicament ne peuvent pas être accompagnées de traces de métaux. L'industrie pharmaceutique doit donc purifier ses composés chimiques, ce qui est très coûteux. L'utilisation de catalyseurs sans métaux réglerait ce problème.»

Mais comment s'assurer que les catalyseurs sans métaux sont aussi efficaces que ceux avec métaux? Frédéric-Georges Fontaine croit avoir trouvé une piste du côté de la paire de Lewis. La paire de Lewis est une liaison entre un acide et une base, les deux molécules en présence l'une de l'autre voulant à tout prix échanger des électrons. Le professeur Fontaine a eu l'idée d'introduire une barrière d'atomes entre ces deux molécules d'acide et de base, cette barrière empêchant les deux molécules de réaliser leur liaison. On parle donc ici de paire de Lewis frustrée. «Ces deux molécules de la paire de Lewis veulent tellement réaliser leur liaison qu'elles en deviennent frustrées et cette frustration les rend particulièrement réactives, capables ensuite de servir de catalyseurs. Nos recherches en laboratoire avec des composés à partir d'azote ou de bore ont démontré l'efficacité du procédé. C'est une piste prometteuse pour la chimie verte dans son désir d'éliminer le plus possible les métaux des procédés chimiques.»

Collaborateur
Le Devoir

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Les emballages alimentaires intelligents sont à nos portes

À Polytechnique Montréal, le professeur Abdellah Aji et son équipe mettent au point des emballages alimentaires intelligents qui interagiront avec les consommateurs afin de leur indiquer si les produits sont comestibles ou non.

MARIE LAMBERT-CHAN

Un film de plastique qui vous signale si votre longe de porc a dépassé sa date de péremption. Un contenant qui vous informe du degré de fraîcheur de vos amandes. Ou encore un emballage qui indique la présence de salmonelle dans votre jambon. L'industrie et les consommateurs en rêvent : des emballages intelligents qui réduiraient les risques d'intoxication alimentaire et lutteraient contre le gaspillage. D'ici quelques années, tout cela deviendra réalité, notamment grâce



Abdellah Aji

d'interagir avec l'atmosphère du produit emballé. Grosso modo, on les classe en deux catégories : les absorbeurs et les émetteurs. Les premiers capturent des produits qui, avec le temps, dégraderont l'aliment. Encore une fois, on parle d'oxygène et de vapeur d'eau, mais aussi de gaz carbonique. Le second type d'emballage actif relâche des composantes qui préservent l'aliment ou lui donnent un petit coup de pouce pour apparaître appétissant aux yeux des clients. On pense entre autres à l'éthylène qui, en petite quantité, aide au mûrissement des fruits.

Trois techniques de détection

Dans son laboratoire, le professeur Aji étudie «la détection des sous-produits de la détérioration des aliments». «Les produits alimentaires dégagent des gaz lorsqu'ils atteignent un certain niveau de dégradation, indique-t-il. Pour le poisson, ce sera l'ammoniac. Dans le cas du poulet, ce sera du sulfure d'hydrogène. Des fruits qui commencent à pourrir émettent de grandes concentrations d'éthylène. Nous développons donc des outils pour repérer ces gaz et envoyer un message aux consommateurs.»

L'ingénieur s'intéresse particulièrement à trois techniques. La première consiste à insérer des nanoparticules dans des nanofibres qui résultent en une membrane ayant la propriété de changer de couleur au contact des gaz. «C'est une réaction acide-base qui agit comme le papier utilisé pour mesurer le pH d'une piscine, illustre-t-il. Si le gaz est basique, comme l'ammoniac, on a recours à des particules acides. Au fur et à mesure que le gaz s'échappe de l'aliment, la membrane introduite dans l'emballage passera du bleu au

VOIR PAGE H 8 : POLY

SERVICES AUX BÉNÉFICIAIRES

Obtenir une licence ou un master par la
**Formation Ouverte
& À Distance**

RENDEZ-VOUS
EN LIGNE POUR LES
INSCRIPTIONS

PLUS DE 80 DIPLÔMES
PROPOSÉS DANS LES
DISCIPLINES SUIVANTES :

- Éducation et formation
- Sciences humaines
- Médecine et santé publique
- Sciences de l'ingénieur
- Droit, économie et gestion
- Environnement et développement durable

DIPLÔMES DÉLIVRÉS DANS
NOS UNIVERSITÉS MEMBRES :

- du Burkina Faso
- du Cameroun
- du Canada
- d'Égypte
- de France
- du Maroc
- du Liban
- de Madagascar
- du Sénégal
- de Tunisie

Liste complète
www.auf.org/formation-distance
www.foad.refer.org

Pour plus d'informations :
foad@auf.org



Les 10 établissements de
l'Université du Québec

Une force en recherche

- » Ensemble, les établissements du réseau de l'UQ se classent parmi les 50 premières universités de recherche au Canada;
- » Ils réunissent 2863 professeurs-chercheurs mobilisés dans 472 groupes et laboratoires de recherche, incluant 196 chaires;
- » Et bénéficient de plus de 200 M\$ par année en subventions et contrats de recherche.



Université du Québec
www.uquebec.ca

- Université du Québec à Montréal
- Université du Québec à Trois-Rivières
- Université du Québec à Chicoutimi
- Université du Québec à Rimouski
- Université du Québec en Outaouais
- Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue
- Institut national de la recherche scientifique
- École nationale d'administration publique
- École de technologie supérieure
- Télé-université

AGENCE
UNIVERSITAIRE
DE LA FRANCOPHONIE

Coopération et expertise au service du développement des sociétés

RECHERCHE

Important projet d'ozonation des eaux usées de Montréal

Si tout se déroule comme prévu, la station d'épuration Jean-R.-Marcotte, située dans l'est de l'île de Montréal, devrait mettre en service la plus importante unité d'ozonation au monde en 2018 pour traiter les eaux usées rejetées dans le fleuve Saint-Laurent. Aperçu des effets de cette approche avec deux chercheurs universitaires spécialisés en la matière.

ÉTIENNE
PLAMONDON ÉMOND

Si l'ozonation est déjà utilisée à Montréal dans les traitements associés à la production d'eau potable, elle ne l'est pas encore pour les eaux rejetées dans la nature. Le 23 mars 2015, la Ville de Montréal a annoncé l'octroi d'un contrat de fourniture de près de 99 millions de dollars à Degremont, une filiale de Suez Environnement, pour la fabrication, la livraison et la mise en service d'une unité d'ozonation dont l'objectif consiste à désinfecter, six mois par année, les eaux usées rejetées par l'agglomération dans le fleuve Saint-Laurent. L'automne prochain, les travaux de préparation du site de l'unité d'ozonation devraient s'amorcer. La Ville prévoit lancer, d'ici la fin de l'année, un appel d'offres pour la construction des bâtiments d'ozonation et un autre pour la construction du bâtiment de production d'oxygène nécessaire à ce procédé.

Cette dernière phase dans la chaîne de traitement semble donc sur le point de se concrétiser. Mais l'analyse de cette façon de faire pour les besoins montréalais remonte à près de 25 ans. Au début des années 1990, les données révélaient que l'utilisation du chlore avait un effet nocif sur la faune et la flore aquatiques du fleuve Saint-Laurent. La Ville de Montréal s'est alors tournée vers deux solutions de rechange qui ne sem-

blaient pas générer de sous-produits indésirables: le traitement à l'ozonation et celui aux rayons ultraviolets.

Les deux techniques ont fait l'objet d'une série d'essais parallèles avec les eaux usées montréalaises au cours des années suivantes. En 2002, un laboratoire écotoxicologique a été mis en place à la station d'épuration Jean-R.-Marcotte. Après analyse des résultats, la Ville de Montréal, le ministère de l'Environnement du Québec ainsi que le ministère des Affaires municipales ont recommandé en 2007 l'ozonation. Les résultats des tests indiquaient que cette dernière technique présentait davantage de bénéfices environnementaux.

Robert Hausler, professeur à l'École de technologie supérieure (ETS), est l'un des experts qui ont été consultés à partir de 2005 au sujet des procédés d'ozonation. Il les a notamment expérimentés directement dans les eaux usées de la métropole. Selon lui, il s'agit d'un bon choix.

«En tant que chimiste et ingénieur, je suis persuadé que c'était la meilleure décision, parce que ce sont les poissons qui nous l'ont dit», déclare-t-il. L'eau devenait claire, avait une odeur agréable et les poissons étaient un peu dodus, parce qu'ils étaient bien oxygénés. À l'œil, on voyait qu'il y avait un effet bénéfique. Ensuite, les dissections et les autopsies ont montré que les perturbations, les cellules cancéreuses et les muta-



La Ville de Montréal prévoit la mise en service d'une unité d'ozonation dont l'objectif consiste à désinfecter, six mois par année, les eaux usées rejetées par l'agglomération dans le fleuve Saint-Laurent.

tions avaient diminué. Elles n'avaient pas été enlevées totalement, mais c'était beaucoup mieux qu'avec les eaux usées ou le traitement aux ultraviolets.»

À ses yeux, le traitement aux rayons UV et celui à l'ozonation ont à peu près le même coût, le même rendement et les mêmes besoins en énergie. Mais dans le cas des eaux montréalaises, l'ozonation répond davantage, d'après lui, aux critères du développement durable. L'ozonation permettrait, selon la Direction de l'épuration des eaux usées de Montréal (DEEU), d'enlever 85% des perturbateurs endocriniens qui, lorsqu'ils se retrouvent dans le fleuve, bousculent la reproduction de diverses espèces.

En plus d'éliminer l'essentiel des coliformes fécaux, des entérocoques ou des coliphages pour protéger la santé humaine,

«la désinfection à l'ozonation a cet avantage d'avoir pour effet secondaire de dégrader les contaminants émergents», explique Viviane Yargeau, professeure à l'Université McGill, dont les recherches portent sur l'ozonation des eaux usées. Les contaminants émergents sont notamment issus des drogues illégales, des produits pharmaceutiques et des pesticides. La DEEU estime que 75% des antidépresseurs et anticonvulsifs dans les eaux usées seront éliminés grâce à l'ozonation. «Ce n'est pas le cas avec le traitement aux UV, qui a une efficacité très faible au niveau de l'enlèvement des contaminants émergents», précise M^{me} Yargeau qui, comme M. Hausler, faisait partie du groupe d'experts mandaté pour présenter un avis scientifique à Environnement Canada sur le déversement des

eaux usées de la Ville de Montréal en octobre dernier.

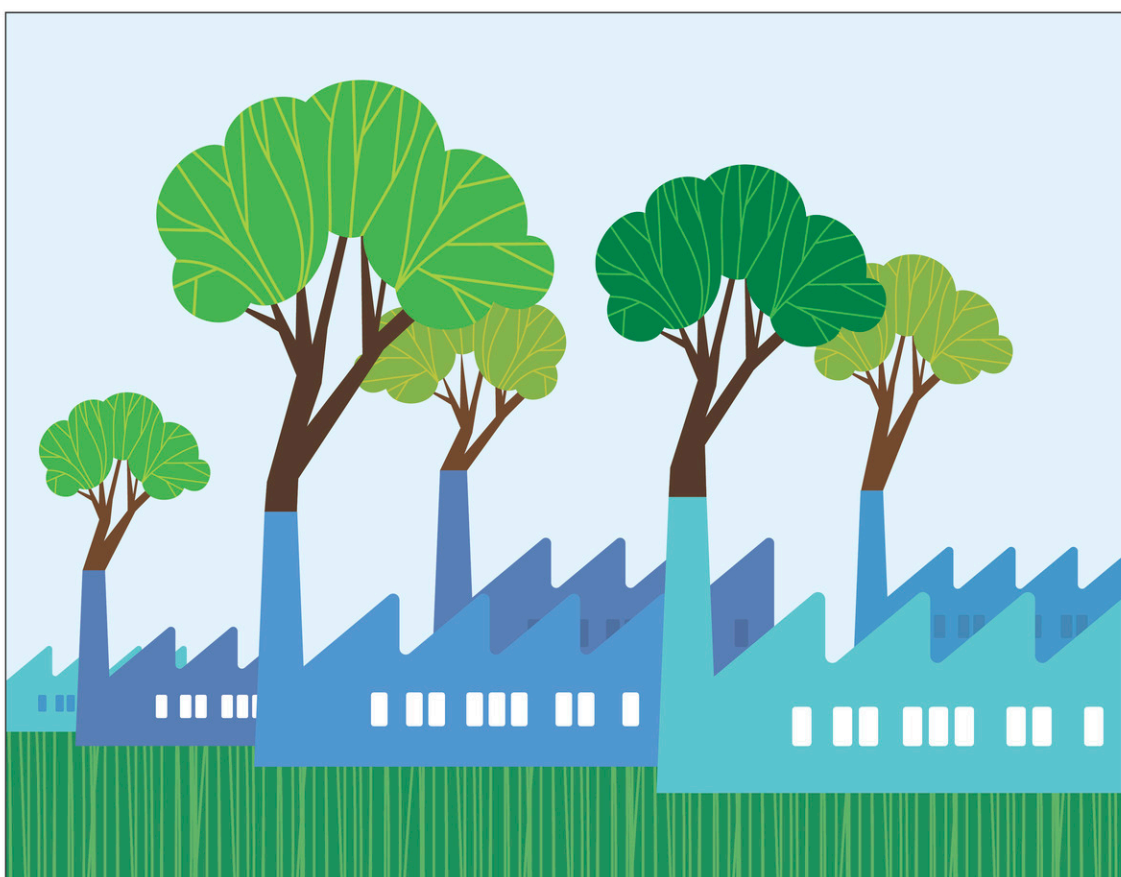
M. Hausler souligne aussi que l'ozonation s'adapte plus facilement «à la variation de la qualité de l'eau de Montréal», provoquée par le mélange d'eaux industrielles et domestiques sur le territoire, lequel «explique pourquoi les UV étaient moins performants que sur papier».

Le chercheur de l'ETS reconnaît que certaines municipalités d'Europe et des États-Unis ont laissé tomber l'ozonation dans les dernières décennies. Mais «les abandons d'il y a cinq ou dix ans s'expliquent plus parce que la technologie n'était pas prête à être installée», note Robert Hausler. Il souligne que les ozoneurs sont désormais plus efficaces en fonctionnant à l'oxygène plutôt qu'à l'air ambiant.

Il reste néanmoins la question du dosage de l'ozone injecté, qui demande une certaine vigilance. Dans le cas d'une eau avec une forte concentration de matières organiques, mettre de l'ozone en quantité insuffisante risquerait de générer de nouveaux sous-produits. «Tu te retrouves avec des molécules intermédiaires ou des molécules pas complètement oxydées qui peuvent être plus dangereuses que les premières», indique M. Hausler. En revanche, le chercheur affirme avoir observé ce phénomène lors d'essais avec des eaux de lixiviation, mais jamais dans ses expérimentations avec les eaux usées de Montréal. «Tu dois bien connaître ton eau et le procédé pour bien doser», prévient-il tout de même.

La dose d'ozone qui sera injectée par le système prévu à Montréal tournera autour de 16,5 milligrammes par litre, pour un débit d'ozone de 57 tonnes métriques par jour. Au sujet du dosage approprié pour ne pas créer de nouveaux problèmes, M^{me} Yargeau, de l'Université McGill, précise que «c'est un élément dont la Ville de Montréal est consciente. On est déjà en discussion avec elle pour avoir accès à des échantillons après l'installation et la mise en marche de l'unité pour pouvoir faire un suivi de l'enlèvement des contaminants émergents et du changement de toxicité, ainsi que pour s'assurer qu'une dose plus élevée ou plus faible pourrait permettre la désinfection, mais sans risque d'avoir un impact au niveau de la toxicité. [La Ville] semble ouverte à l'idée de considérer ces choses».

Collaborateur
Le Devoir



VOIR L'AVENIR EN VERT

La chimie est partout. Mais de nombreux processus chimiques utilisés dans la fabrication de microprocesseurs, de matières plastiques, de médicaments et de carburants nécessitent l'emploi de substances toxiques ou produisent des déchets dangereux.

À l'Université McGill, nous traçons un nouvel avenir durable pour cette science ancestrale. Depuis Tak-Hang Chan, pionnier de la chimie verte, jusqu'à Robin Rogers, Chao-Jun Li et plus de 25 autres experts, les chercheurs de McGill développent des composés et des processus chimiques qui seront le gage d'une nouvelle prospérité économique dans un monde plus propre, plus efficace et plus vert.

MCGILL, CHEF DE FILE MONDIAL EN CHIMIE VERTE.



UNIVERSITÉ
BISHOP'S
UNIVERSITY

ubishops.ca/research

4 DIFFÉRENTS CHAMPS PRIORITAIRES DE RECHERCHE LANGLES

CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX	SANTÉ PSYCHOLOGIQUE ET BIEN-ÊTRE	IDENTITÉS SOCIALES ET CULTURELLES	ASTROPHYSIQUE STELLAIRE ET RELATIVITÉ
---	--	---	---

Sous la direction de
Julien Prud'homme, Pierre Doray et Frédéric Bouchard

Sciences, technologies et sociétés de A à Z

Un outil
de référence
pratique
Une occasion
de réflexion

LIBRE ACCÈS
Projet pilote réalisé
en collaboration avec
la Direction des
bibliothèques
de l'UdeM.

Les Presses de l'Université de Montréal

PUM
Le savoir est ici
www.pum.umontreal.ca

RECHERCHE

ÉNERGIES VERTES

Du soleil et du vent pour aider la production agricole sénégalaise

En 2014, l'Université du Québec à Trois-Rivières s'est vu octroyer une enveloppe d'environ 450 000 \$ par l'Agence universitaire de la Francophonie dans le cadre du programme des Grandes initiatives de recherche, d'animation et de formation pour un projet au Sénégal nommé Technologies d'énergie renouvelable pour l'amélioration de la production agricole.

SOPHIE SURANITI

C'est le but ultime de ce projet. Améliorer les rendements agricoles et, par là même, réduire la pauvreté en milieu rural grâce à l'apport et à l'utilisation d'énergies vertes telles que l'énergie éolienne et l'énergie solaire. Pourquoi le Sénégal? Parce que depuis plusieurs années l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR) entretient des partenariats de recherche avec certaines universités du pays, dont une, particulièrement, l'Université Gaston Berger située à Saint-Louis. Cette université possède une ferme agricole d'une trentaine d'hectares ayant servi de modèle grandeur nature dès la mise en branle du projet. Des tests de plantations ont ainsi été effectués, hors saison ou selon des variables climatiques, en conditions réelles.

« Nous voulions notamment développer l'expertise du pompage d'eau, ainsi que le principe d'alimentation au goutte-à-goutte qui permet d'arroser en tout temps les plantations de cette ferme pilote », précise le porteur de projet pour la partie Québec, Kodjo Agbossou, professeur et directeur de l'École d'ingénierie de l'UQTR. Car les régions du Sahel connaissent une forte déforestation et une importante diminution de leur pluviométrie depuis les années 1970, conséquence entre autres des déboisements intensifs. À quel moment je stocke l'eau, à quel moment j'arrose mes plantations, à quel moment je ne fais rien car l'humidité ambiante suffit, etc. Tout ce processus se met en œuvre dès que l'on parvient à utiliser l'excédent d'énergie solaire pour pomper de l'eau — en fait, on stocke cette énergie sous forme d'eau — en vue d'une production réfléchie et maîtrisée.

Grâce à un système peu onéreux développé à l'UQTR, le projet, qui a débuté en 2014, est au

jourd'hui arrivé à la phase dite d'intégration des modules. C'est-à-dire qu'il faut maintenant réussir à instaurer une bonne gestion de la production d'énergie renouvelable pour les besoins d'une ferme agricole. Car l'une des principales difficultés reste la logistique entre les différents partenaires, notamment parvenir à boucler les choses dans les temps impartis. Or, les contextes d'un pays à l'autre peuvent être très différents. « Par contre, nous n'avons pas eu à relever de défis scientifiques. Seules quelques adaptations technologiques ont été apportées », confirme son responsable, M. Agbossou. Quant au transfert d'expertise, il s'est notamment réglé avec la venue l'été dernier d'un enseignant et doctorant de l'École supérieure polytechnique de l'Université Cheikh Anta Diop à Dakar, l'autre partenaire universitaire sénégalais du projet. Le doctorant, Oumar Cissé, devrait d'ailleurs revenir cet été au Québec.

Même si le modèle de ferme agricole reste pour le moment dans le giron universitaire, sur le campus de Saint-Louis, il est prévu d'organiser des forums de sensibilisation auprès des gens du milieu (agriculteurs, coopératives agricoles, organismes soutenant le secteur agricole, ONG...) afin de pouvoir l'intégrer ailleurs au Sénégal. Ce projet se termine officiellement en 2017, mais un microprojet est déjà prévu pour prendre la relève — sous réserve de financement. « Si l'énergie est là, nous pouvons penser à la mise en place d'un certain nombre d'outils supplémentaires », explique Kodjo Agbossou. Par exemple, pour conserver les produits agricoles et maraichers, les transformer pour les besoins locaux. Sans oublier d'autres produits alimentaires comme ceux issus de la pêche, une activité économique majeure au Sénégal.

Mais avant de se lancer dans une suite, une extension du projet, encore faut-il parvenir à



SOURCE KODJO AGBOSSOU

Kodjo Agbossou, professeur et directeur de l'École d'ingénierie de l'UQTR (au milieu), avec la représentante de l'PAUF, Virginie Mesguich, et le directeur du Bureau de l'international et du recrutement, Sylvain Benoit

boucler la phase d'intégration. À savoir la vulgariser (transmettre les connaissances auprès des populations cibles) et la chiffrer (combien ça coûte?). Les partenaires locaux doivent de leur côté manifester un intérêt réel pour que le projet bascule dans la sphère publique. Et puis il y a le financement. Crucial. « Une partie du projet est liée au fait qu'on doit trouver un partenaire financier. Ce qu'on n'a pas trouvé pour l'instant et qui compromet l'aboutissement complet du projet. Nous en sommes précisément là avec mon coresponsable, Mamadou Lamine Doumbia, professeur au Département de génie électrique et génie informatique de l'UQTR », précise M. Agbossou. Ce partenaire local, capable et désireux d'injecter de l'argent dans un tel projet, pouvant être privé.

Une fois le financement réglé, le transfert de technologies d'énergie renouvelable pour l'amélioration de la production agricole pourra être ainsi dupliqué à plusieurs endroits. Car la zone subsaharienne est vaste (une cinquantaine de pays), avec des régions qui partagent la même réalité agricole, c'est-à-dire qui sont dépendantes des précipitations et du pétrole. Grâce aux énergies renouvelables d'origine so-

laire et éolienne, le rendement des récoltes sera amélioré. « Le système d'électrification et de régulation de périodes d'utilisation de l'eau de pompage peut être commercialisé. Cela devrait un gain mutuel pour les partenaires sénégalais et pour l'UQTR », se réjouit Kodjo Agbossou.

Selon le professeur-chercheur et directeur de l'École d'ingénierie de l'UQTR, voir une approche globale se concrétiser sur le terrain dans le cadre d'un projet d'énergies vertes pour des applications agricoles est relativement inédit. Car souvent, dans beaucoup de pays, les projets se réalisent dans un contexte de coopération internationale. Par exemple, des ONG viennent installer des panneaux solaires ou des lampadaires. « Le projet de technologies d'énergie renouvelable pour l'amélioration de la production agricole est un beau défi universitaire, car il demande une certaine synergie entre les différentes universités partenaires dans le but d'un transfert de connaissances. Bien sûr, il y a toujours l'argent qui reste le nerf de la guerre, mais ce n'est pas le but », confie M. Agbossou.

Collaboratrice
Le Devoir

ets
mtl
.ca

LA RECHERCHE ÉTS NOTRE MOTEUR.

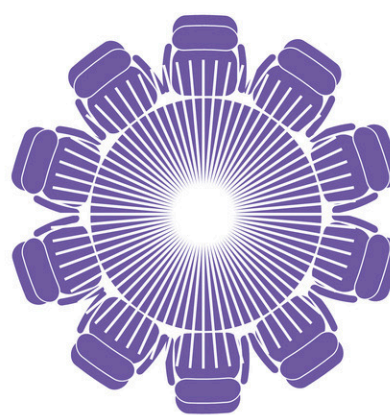
ÉCOLE DE
TECHNOLOGIE
SUPÉRIEURE

Université du Québec

ÉTS
Le génie pour l'industrie

CONCORDIA

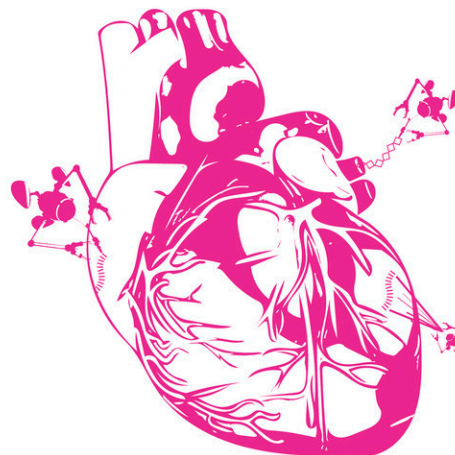
LE MONDE EST PETIT  NOUS VOYONS GRAND



INVITER LES EXPERTS-
ENTREPRENEURS
À FAIRE LA CLASSE



CONCEVOIR
UN PROCESSUS INDUSTRIEL
RENOUVELABLE ET DURABLE



OPÉRER LE CŒUR
PLUS EN DOUCEUR GRÂCE
À LA NANOTECHNOLOGIE



TECHNOLOGIE D'AVANT-GARDE
PRÊTE À PORTER POUR
ORCHESTRE EN TOURNÉE

ENSEMBLE, REPENSONS LE MONDE

CONCORDIA.CA

UNIVERSITÉ
Concordia
UNIVERSITY

RECHERCHE

TIESS

Une recherche consacrée à l'innovation et à l'économie sociales

Le TIESS travaille en étroite collaboration avec les chercheurs pour systématiser les apprentissages et les expériences vécues sur le terrain

Il se trouve des innovations sociales susceptibles de procurer une meilleure qualité de vie aux citoyens à la faveur de la croissance de l'économie sociale. Et, pour assurer le maintien et le rayonnement de telles innovations, les chercheurs apportent de l'eau au moulin. Pour sa part, l'organisme Territoires innovants en économie sociale et solidaire (TIESS) orchestre l'existence de telles initiatives ayant des impacts positifs sur la société.

RÉGINALD HARVEY

Le Québec compte trois organismes de liaison et de transfert en innovation sociale (OLITS). Le TIESS est l'un d'eux, et son directeur général, Vincent van Schendel, en esquisse le portrait: «On est en innovation sociale, donc c'est finalement tout ce qui relève ou émerge sur le terrain — souvent de façon inconsciente, en dehors des éprouvettes et des laboratoires — des mouvements de citoyens ou des petites organisations qui éprouvent des problèmes. Il faut les aider à trouver des solutions parce qu'il n'y a pas de livres de recettes pour le faire.»

Le TIESS s'occupe d'innovation dans le domaine spécifique d'une économie sociale qui, depuis 30 ans, connaît un essor en territoire québécois. Cette innovation a connu des vagues dont «les plus importantes sont survenues dans les années 1980 et 1990 avec l'avènement des centres de la petite enfance [CPE], des corporations de développement économique communautaire [CDEC], des centres locaux de développement [CLD] et avec l'arrivée d'innombrables réseaux un peu partout en habitation communautaire, en loisir et en culture», indique le DG.

Cette tendance est plutôt en déclin en raison du sort que lui a réservé l'actuel gouvernement libéral sur bien des plans, mais elle reprend du mordant dans les secteurs du numérique, de la sécurité alimentaire et des pratiques environnementales. Il y a aussi un changement qui est survenu et il se manifeste largement en matière de communication entre les partenaires: «Les gens se parlent beaucoup plus par des forums informels et par Internet, d'où les nouvelles pratiques qui sont en train d'émerger.»

Et qu'en est-il des interventions des Territoires innovants dans cette autre façon de mener des projets et de faire des affaires, M. Schendel? «On a été créé pour faire de la liaison, de la veille et du transfert en économie sociale dans le but de favoriser le partage des connaissances issues de la recherche et de l'expérimentation entre, d'une part, les milieux de la recherche et ceux sur le terrain, et, d'autre part, les milieux entre eux et les chercheurs entre eux.»

La mission consiste à réunir les 70 réseaux membres relevant, d'un côté, de l'enseignement supérieur et, de l'autre, de l'économie sociale et du développement des territoires: «On apprend à définir ensemble quels sont les besoins, les aspirations et les enjeux identifiés; et on s'applique aussi à faire en sorte que les apprentissages des uns puissent servir aux autres.»

À ce propos, il assure que «le TIESS travaille beaucoup avec le milieu de la recherche pour systématiser les expériences vécues et les apprentissages, de manière à les transmettre dans le fonctionnement même des organisations et pas seulement dans la tête des individus».

L'initiative prend le pas

Il recourt à cet exemple d'un modèle innovateur de financement pour mieux éclairer la nature des interventions: «Parmi les nouvelles formes de financement qui tentent d'apparaître pour remplacer celles qui sont taries, notamment en raison de la presque disparition des CLD et de celle des CDEC [elles viennent d'être rayées de la carte de Montréal], il y a ce qu'on appelle des obligations communautaires: en recourant à celles-ci, des organismes à but non lucratif [OBNL] peuvent émettre des obligations.»

Une telle initiative s'est répandue en Europe, mais elle demeure marginale ici, alors «nous, on réunit les chercheurs, les entreprises qui ont besoin de financement et les réseaux de soutien pour leur montrer ce qui a été fait ailleurs il y a 15 ans. On situe en quelque sorte la démarche type pour accompagner par la suite l'entreprise qui va émettre les obligations, en lui indiquant dans un guide ce qu'elle doit faire et ne pas faire.»

Il en résulte que «l'apprentissage des petites expériences complètement isolées vécues il y a 15 ans va servir à d'autres organisations pour émettre des obligations pour se financer à plus large échelle».

Les franchises de type social

Maude Léonard, professeure et chercheuse à l'École

des sciences de la gestion (ESG/UQAM), est associée aux Territoires innovants pour la conduite de deux projets de recherche: «En tant qu'organisation de transfert des connaissances, ces gens-là font le pont entre les organisations d'économie sociale dans le milieu et les chercheurs qui se tournent vers cette forme d'économie sur les territoires.»

Elle se penche sur l'un de ses travaux de recherche: «J'ai accompagné une étudiante à la maîtrise. Elle a procédé à un bilan de connaissances sur la notion de franchise sociale qui s'inscrit dans le cadre plus large du changement d'échelle des entreprises d'économie solidaire ou collective. Il s'agissait de cibler dans la littérature les éléments qu'il serait pertinent de transférer à celles-ci, tout en décortiquant chacun des termes et en déga-

geant quels sont les avantages et les inconvénients contenus dans chacune des approches de changement d'échelle.»

Un groupe de travail formé de l'étudiante, de la professeure, de deux porteurs de projets au TIESS et de l'organisation Lange bleu (couches lavables pour bébés) a effectué l'étude sur la franchise sociale: après avoir consacré beaucoup

d'énergie sur le plan de la recherche et du développement pour fabriquer un produit efficace d'une grande absorption, les gens de Lange bleu voulaient que ce produit performant profite à un plus grand nombre de personnes et souhaitaient en maximiser l'impact: «C'est pourquoi l'idée de mettre sur pied des franchises sociales leur est apparue comme une avenue intéressante, mais, dans l'ignorance du sujet, ils ont fait appel au TIESS.»

M^{me} Léonard apporte ce supplément d'information: «Au cours de la première étape, on s'est appliqués à faire le bilan de connaissances en collaboration avec des gens du domaine de la recherche.



OLIVIER ZUIDA LE DEVOIR

Un groupe de travail formé notamment de deux porteurs de projets au TIESS et de l'organisation Lange bleu (couches lavables pour bébés) a effectué l'étude sur la franchise sociale.

Par la suite, Lange bleu va se lancer dans une démarche d'essai de franchisés à l'extérieur du territoire de Montréal pour atteindre le but visé de changement d'échelle.

De notre côté, on va les accompagner tout au long de ce processus.»

Collaborateur
Le Devoir

QU'ONT
EN COMMUN
GOOGLE,
FACEBOOK
ET L'U_{DEM}?

CE SONT TOUS DES LEADERS MONDIAUX DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE.

DÉCOUVREZ COMMENT NOUS AVONS RÉUSSI À NOUS TAILLER UNE PLACE ENVIABLE DANS CE DOMAINE. UMONTREAL.CA/INTELLIGENCEARTIFICIELLE

Université 
de Montréal

RECHERCHE

ÉTUDIANTS AU 3^E CYCLE

L'UdeM veille à faciliter l'insertion professionnelle

Chaque année, des milliers de Canadiens obtiennent un diplôme de troisième cycle. Or, comme les offres de postes permanents de professeurs ou de chercheurs sont trois fois moindres à travers le pays que le nombre de diplômés, seule une minorité d'entre eux parviennent à décrocher un emploi en milieu universitaire au terme de leurs études. Très au fait de cette situation et désireuse de mieux outiller ses étudiants en vue d'une insertion professionnelle réussie, l'Université de Montréal (UdeM) a mis sur pied le programme des Saisons de la Faculté des études supérieures et postdoctorales (FESP). Tour d'horizon.

ÉMILIE CORRIVEAU

Lancées à l'automne 2014, les Saisons de la FESP constituent un programme destiné aux étudiants inscrits aux cycles supérieurs de l'UdeM et aux stagiaires postdoctoraux. Son objectif est double : promouvoir le développement des compétences professionnelles chez les étudiants des cycles supérieurs et faciliter leur intégration sur le marché de l'emploi.

Car dans un contexte où le nombre de titulaires de doctorats ne cesse de croître — au Canada, on parle d'une hausse d'environ 13% depuis les 25 dernières années —, mais où parallèlement, les opportunités d'emplois offertes par les universités tendent à se raréfier, de plus en plus de doctorants et de postdoctorants doivent se détourner du milieu universitaire pour dénicher un travail au terme de leurs études.

«Lorsqu'on s'intéresse aux doctorants diplômés et aux postdoctorants, on s'aperçoit qu'ils sont environ 90% à exercer aujourd'hui un emploi en lien avec leurs études, et ce, dans tous les milieux. Par contre, entre 70% et 85% d'entre eux font carrière dans l'administration publique, dans le secteur privé ou dans des organismes sans but lucratif», précise Michèle Brochu, vice-rectrice adjointe aux études supérieures de l'UdeM et administratrice exerçant les fonctions de doyenne de la FESP.

Or, les programmes de doctorat traditionnels ne comportent que rarement des formations permettant aux étudiants d'acquérir spécifiquement des compétences professionnelles extérieures à leur domaine de recherche.

«Notre objectif avec les Saisons de la FESP, c'est que les étudiants prennent conscience des autres possibilités qui s'offrent à eux. Nous leur enseignons des choses qu'ils n'apprennent pas forcément au contact de leur superviseur ni à celui de leurs pairs qui œuvrent dans le même milieu universitaire. Nous voulons qu'ils réalisent leur valeur, qu'ils élargissent leurs horizons au

contact d'étudiants de différents domaines et qu'ils développent les compétences transversales nécessaires pour bien intégrer le marché du travail», souligne la vice-rectrice adjointe aux études supérieures de l'UdeM.

Un programme à la carte

S'articulant autour de quatre thématiques, soit l'enseignement et le transfert des connaissances, l'efficacité personnelle, l'organisation de la recherche ainsi que la responsabilité sociale, l'innovation et la créativité, les Saisons de la FESP permettent aux étudiants qui s'y inscrivent de se constituer une formation à la carte.

Réunissant des doctorants et des postdoctorants d'une myriade de domaines d'études, le programme est conçu pour que tous les étudiants de troisième cycle, peu importe leur champ de compétences, puissent y trouver leur compte.

«Nous tenons plus de 75 activités différentes chaque année, commente M^{me} Brochu. Les étudiants sont invités à s'inscrire à celles qui les interpellent et qui répondent à leurs besoins particuliers.»

Trois types d'activités

Ces activités prennent pour l'instant trois formes : les ateliers, l'École d'été doctorale et postdoctorale, ainsi que le projet emploi.

Favorisant le renforcement de certaines compétences dont le développement a déjà été entamé au moyen de différentes activités universitaires ou professionnelles, les ateliers sont offerts avec la collaboration de professeurs et peuvent prendre la forme d'enseignements théoriques, de mises en situation ou de travaux pratiques. Par exemple, cet hiver, des ateliers intitulés «Entrevue avec les médias et rédaction administrative» ont été offerts aux étudiants.

L'École d'été doctorale et postdoctorale comporte pour sa part deux journées de formation intensives et s'adresse plus spécifi-



ISTOCK

Le programme des Saisons de la Faculté des études supérieures et postdoctorales (FESP) aide les étudiants titulaires d'un doctorat à mieux faire face au monde du travail.

quement aux étudiants qui désirent planifier leur projet d'avenir tout en élargissant leur réseau de contacts. Chaque année, son programme se déploie autour d'un thème différent, mais ce dernier est toujours en lien avec les compétences professionnelles. En 2016, par exemple, les activités de l'École d'été seront tenues sur le thème «Pédagogie et enseignement supérieur».

«Ce qui est fantastique avec l'École d'été, c'est qu'il y a des gens de tous les horizons qui y assistent, signale la vice-rectrice adjointe aux études supérieures de l'UdeM. Les étudiants de sciences de la santé et de sciences humaines se mêlent aux étudiants de HEC et de Polytechnique. Ça leur permet de commencer à se créer un réseau tout de suite et d'aborder certaines problématiques avec un regard différent.»

Quant aux activités de projets d'emploi, elles sont organisées en collaboration avec le Service des étudiants et des partenaires externes de l'UdeM. Prenant différentes formes, elles procurent des pistes de réflexion et des outils concrets pour permettre aux étudiants de

mieux aborder leur passage du milieu universitaire au marché du travail.

Et le mentorat?

De concert avec l'Association des diplômés de l'UdeM, la FESP travaille ces jours-ci à ajouter des activités de mentorat à son programme de développement des compétences professionnelles.

«Les anciens nous disent qu'ils sont intéressés à l'idée de rencontrer nos doctorants et postdoctorants et qu'ils sont prêts à faire du mentorat, indique M^{me} Brochu. C'est quelque chose qui nous enthousiasme beaucoup. Les étudiants n'apprennent pas la même chose au contact d'un superviseur qu'au contact d'un mentor. Nous pensons que ce sera un grand avantage pour eux de pouvoir profiter du savoir et des expériences de leurs prédécesseurs.»

Dans le même esprit, la FESP s'affaire à l'élaboration d'une poignée d'activités de formation pour enrichir son offre actuelle. Ces dernières s'ajoutent au programme au cours des prochains mois.

Collaboratrice
Le Devoir



GETTY IMAGES

Le professeur Aji et son équipe se sont lancés un autre défi : réduire la quantité de matière utilisée dans ces mêmes emballages et augmenter leur durabilité et leur dégradabilité.

POLY

SUIVE DE LA PAGE H 4

mauve, informant ainsi le client de l'état de comestibilité du produit.»

Une deuxième technique fait appel à la conductivité. Le gaz émis altère ou bloque carrément le courant électrique. L'emballage transmet cette information à l'aide d'une petite lumière dont l'intensité faiblit selon la concentration du gaz. Ce pourrait être aussi au moyen d'une puce dont le contenu est déchiffrable grâce à un téléphone intelligent.

Il y a enfin la technique de fluorescence dévolue à la reconnaissance de bactéries comme l'E. coli, la listeria et la salmonelle. «Une fois en contact avec la bactérie, le détecteur chimique émet un signal fluorescent pouvant être lu par un téléphone ou par la caisse enregistreuse», dit Abdellah Aji, qui a récemment reçu près d'un million de dollars de la Fondation canadienne pour l'innovation et du gouvernement du Québec pour poursuivre ses recherches.

Le défi des emballages intelligents et verts

Le professeur Aji et son équipe se sont lancés un autre défi : réduire la quantité de matière utilisée dans ces

mêmes emballages et augmenter leur durabilité et leur dégradabilité.

«Ce n'est pas évident, car les matériaux biodégradables ne présentent pas les performances que nous recherchons, remarque-t-il. Par exemple, ils n'offrent pas une très bonne barrière à l'oxygène. Il faut donc augmenter l'épaisseur du matériau pour s'assurer que l'aliment ne s'oxyde pas. Mais ce faisant, on utilise beaucoup plus de matière, ce qui n'est pas nécessairement avantageux.»

S'il reste encore des progrès à faire en matière d'emballages verts et intelligents, le chercheur révèle avoir perfectionné sa technique pour détecter l'ammoniac, au point où il considère cette dernière comme commercialisable. «Dans deux à trois ans, nous aurons mis au point des solutions pour le gaz carbonique, l'éthylène, le sulfure d'hydrogène et les aldéhydes», déclare-t-il. Quant aux techniques ciblant les bactéries, on en est encore pas mal loin. Ça fait déjà plusieurs années qu'on y travaille, et chaque fois qu'on avance, d'autres enjeux émergent. Cela dit, c'est la nature même de la recherche. On ne baisse pas les bras!»

Collaboratrice
Le Devoir



CAMPUS SCIENTIFIQUE



NOS CERVEAUX RESPIRENT À PLEIN POUMON

Nos chercheurs contribuent à rendre notre air plus pur. Par leur expertise et leur collaboration avec des partenaires industriels comme CO₂ Solutions, ils donnent vie à des technologies innovantes qui permettront, non seulement de capter le CO₂ présent dans l'air, mais également de le convertir en produits à valeur ajoutée comme les biocarburants.

Une façon concrète d'améliorer notre santé collective. #FiertéUL

www.fsg.ulaval.ca

f FSGUL

@FSGulaval



UNIVERSITÉ
LAVAL

Faculté des sciences et de génie