

Le .Bio

10e édition 2016

LA BIO-IMPRESSIION
fait bonne impression

LE MICROBIOTE INTESTINAL
un nouvel organe ?

L'ASCLÉPIADE
une plante au potentiel
qui croît comme de la
mauvaise herbe

VERS L'IMMORTALITÉ
et plus encore ...

LE SOMMEIL
plus qu'une histoire d'un soir

◀ EN COUVERTURE

« Quelque part sous l'eau, reposent ou vivent d'intrigantes épaves, cavernes et spécimens pouvant captiver le regard humain tout en faisant prendre davantage conscience de la fragilité des écosystèmes et de l'importance de la préservation des milieux naturels. »

© D. Danvoye | submersion-images.com



Le
.Bio

En couverture:

Contre-plongée vers le Soleil, herbier subaquatique, Lac-Supérieur, Laurentides, Québec.

En 4e de couverture:

Les géants de l'herbier subaquatique, Lac-Supérieur, Laurentides, Québec.

Rédacteur en chef:

Louis Donelle

Rédactrice en chef adjointe:

Jeanne Moisan Perrier

Coordination de la sélection:

Antoine Beaulieu, Thérèse Bois et Ilhem Meniai

Révision linguistique et correction:

Alexis Brodeur et May Landry

Graphisme et mise en page:

Thérèse Bois, Stéphanie Guernon et Rébecca Héту-Le François

Lancement:

Renelle Gélinas, Maude Lewis et Cathy Veillette

Auteurs-es:

Thérèse Bois, Ariane Breault, Alexis Brodeur, Myriam Cadieux, Émilie Caputo, Geneviève Crisafi, Louis Donelle, Geneviève Fortin, Renelle Gélinas, Stéphanie Guernon, Simon Harrisson, Rébecca Héту Le-François, May Landry, Maude Lewis, Ilhem Meniai, Jeanne Moisan Perrier, Daphnée Petit, Anaïs Ramet, Audrey Turcotte et Cathy Veillette.

Comité de sélection:

Chantal d'Auteuil – Directrice générale de l'Association des biologistes du Québec

Stéphane Barriault – Candidat à la maîtrise en biologie, UQAM

Alexandre L. Bourassa – Candidat à la maîtrise en biologie, UQAM

Tatiana Cardinal – Candidate au doctorat, UQAM

Normand Chevrier – Professeur retraité, Département des sciences biologiques

Karelle Desrosiers – Candidate à la maîtrise en biologie, UQAM

Damien Grapton – Communicateur scientifique pour CHOQ.ca et directeur de laboratoire à l'Institut Lady Davis de l'Hôpital général juif.

Geneviève Grenier – Commis de logiciels, Département des sciences biologiques, UQAM

Martin Jean – Chargé de projets à Environnement et changement climatique Canada

Claire Lépine – Agente de programme éducatif au Biodôme de Montréal/Espace pour la vie

Frédérique Pellerin Catellier – Candidate au doctorat, UQO

Encadrement professoral:

Pedro Peres-Neto et Nicolas Pilon

Autres collaborateurs:

Diane Careau, Réjean Langlois et Roger Lavoie

Remerciements

Année après année, ce projet qu'est *Le Point biologique* repose sur l'implication d'étudiantes et d'étudiants qui sortent de leur zone de confort afin de participer à ce projet hors du commun. La qualité de cette 10e édition n'est pas simplement attribuable à l'implication des membres de cette édition, mais est le résultat de nombreuses collaborations. Nous tenions donc à remercier ceux et celles qui ont contribué, de près ou de loin, à cette 10e édition du *Point Biologique*:

Merci à l'ensemble des auteurs. Sans vous, *Le Point Biologique* ne pourrait tout simplement pas exister. Publier vos articles a été un honneur et nous espérons que le résultat est à la hauteur de vos attentes.

Merci aux membres du comité de sélection. Cette tâche fastidieuse qu'est l'évaluation des articles est cruciale. Nous vous remercions sincèrement du temps et de l'énergie que vous avez mis à évaluer et à commenter chacun des articles.

Merci aux membres de la 9e édition et des éditions précédentes qui nous ont adéquatement conseillé et outillé pour la réalisation de ce projet. À nos yeux, la réussite de cette édition est grandement attribuable à l'héritage que vous nous avez habilement transmis.

Merci à Réjean Langlois, conseiller à la vie étudiante attiré à la Faculté des sciences, qui nous a fourni un appui considérable à toutes les étapes de cette démarche.

Merci à Dominique Danvoye de Submersion-Images. Vos photographies ont été une source d'inspiration importante pour la création du magazine. La beauté de ces images vient montrer à quel point l'étude de ce monde est importante. Merci également à l'ensemble des participantes et participants du concours de photographie. Merci spécialement à Günes-Hélène Isitan pour vos magnifiques œuvres.

Merci grandement à nos commanditaires, soit l'Association étudiante du secteur des sciences, les Services à la vie étudiante, la Faculté des sciences, le Regroupement des étudiants et étudiantes en biologie, ainsi que Martine Paquette et SPI Santé Sécurité, qui ont permis, par leur appui, la réalisation de ce projet.

Finalement, merci à vous d'avoir pris le temps de lire *Le Point biologique*. Ce magazine est pour vous. Il a été créé afin que vous puissiez porter un regard nouveau sur les phénomènes biologique et la nature. Nous espérons qu'il a suscité votre intérêt et que vous aurez envie de renouveler l'expérience l'année prochaine.

Le Point biologique aimerait également souligner la contribution exceptionnelle de Mme Diane Careau, non seulement au *Point biologique*, mais à l'ensemble des activités et projets étudiants à la Faculté des sciences. Après 40 ans de service à l'UQAM dont 16 ans en tant que conseillère à la vie étudiante attirée à la Faculté des sciences, Mme Careau quitte pour prendre une retraite bien méritée après avoir rendu possible de nombreux projets étudiants. Nous te souhaitons donc la meilleure des retraites!

Mot du rédacteur

Chère lectrice, cher lecteur,

C'est avec grand plaisir que nous vous présentons la 10^e édition du *Point biologique*. Ce projet étudiant publie annuellement quelques articles de vulgarisation scientifique écrits dans le cadre d'un cours du baccalauréat en biologie en apprentissage par problèmes.

En publiant ces articles, nous espérons partager notre passion pour la biologie, mais aussi contribuer, modestement, à la démocratisation du savoir. Nous estimons que la vulgarisation scientifique est essentielle à la société afin que les connaissances scientifiques puissent profiter à l'ensemble de la population. Cet accès à l'information et aux connaissances est nécessaire afin de permettre aux citoyennes et citoyens de prendre des décisions éclairées sur des enjeux politiques, sociaux, environnementaux, etc.

Malheureusement, la démocratisation du savoir ne semble pas être une priorité de nos gouvernements. Au niveau fédéral, l'ère sombre du gouvernement Harper avec le musèlement des chercheurs fédéraux, la diminution des budgets de recherche, l'abolition du formulaire long du recensement de Statistique Canada, la destruction d'ouvrages scientifiques, la fermeture de bibliothèques scientifiques, la fermeture d'un programme de suivi de lacs expérimentaux qui durait depuis un demi-siècle, etc., aura des répercussions à long terme sur la recherche scientifique et l'accès à l'information.

Au niveau provincial, depuis 1990, les gouvernements libéraux et péquistes ont enchaîné les coupures en éducation, les hausses de frais de scolarité et les atteintes à l'aide financière aux études diminuant ainsi l'accès aux études supérieures. Ces mêmes gouvernements ont également réduit les budgets du Fonds de recherche du Québec, fragilisant ainsi de nombreux centres de recherche et mettant fin à plusieurs projets scientifiques.

“ Knowledge is power. Information is liberating. Education is the premise of progress, in every society, in every family.”

– Kofi Annan, Secrétaire général des Nations Unies de 1997-2006

À l'instar de Kofi Annan, au *Point biologique*, nous croyons qu'il n'y a pas meilleur investissement pour une société, que la transmission des connaissances, la recherche scientifique et l'éducation. La connaissance et la créativité sont des ressources inépuisables qui se multiplient, lorsque partagées. C'est donc dans cette optique que nous nous sommes collectivement investis afin de vous offrir cette 10^e édition du *Point biologique*.

Bonne lecture,



Louis Donelle
Rédacteur en chef

Le
.Bio

L'équipe



De gauche à droite:

1ère rangée : Louis Donelle, Jeanne Moisan Perrier

2eme rangée : Simon Harrisson, Stéphanie Guernon, May Landry, Renelle Gélinas, Ilhem Meniai, Cathy Veillette, Maude Lewis

3eme rangée : Therence Bois, Rébecca Héту-Le François, Antoine Beaulieu, Alexis Brodeur

Le
.Bio



2

© Muzina Shanghai



10

© Ian Cuming/National Geographic

| Sommaire

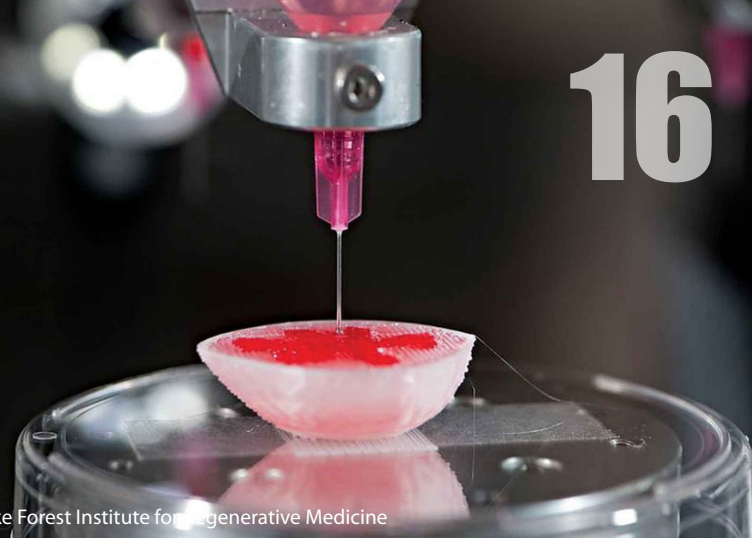
2| Vers l'**immortalité**
et plus encore ...

10| Le **microbiote**
intestinal, un nouvel
organe ?

16| La **bio-impression**
fait bonne
impression

22| L'**asclépiade**, une
plante au potentiel
qui croît comme de
la mauvaise herbe

28| Le **sommeil**, plus
qu'une histoire
d'un soir



16

© Wake Forest Institute for Regenerative Medicine



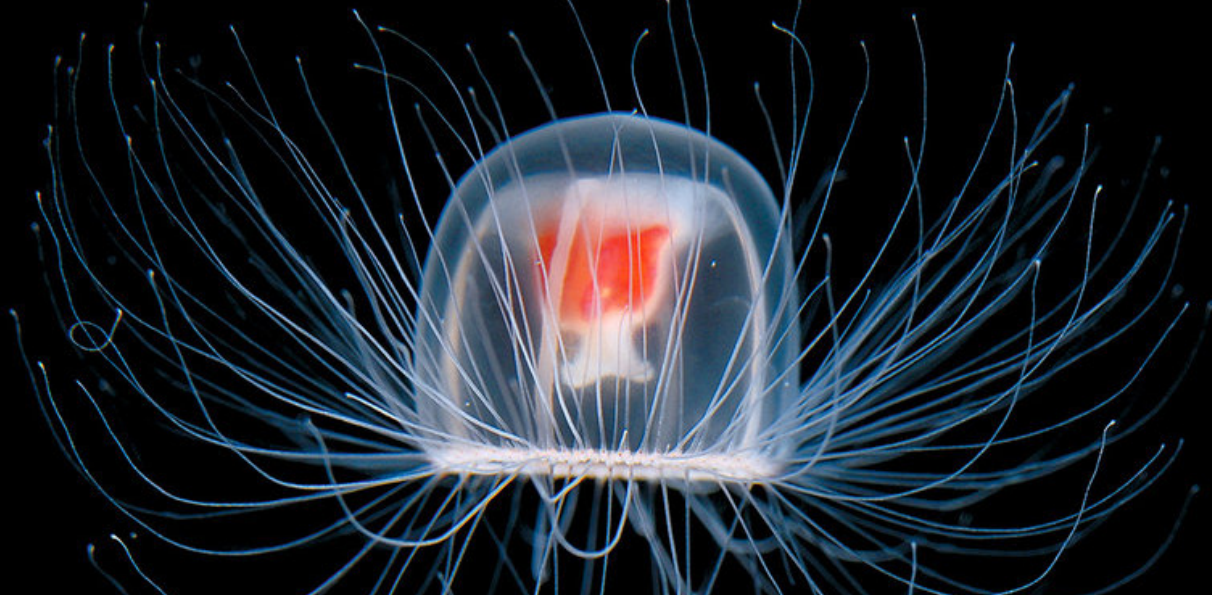
22

© Talains Photography blog



28

© Dan Page



© Takashi Murai

Vers l'**IMMORTALITÉ** et plus loin encore ...

**Myriam Cadieux, Stéphanie Guernon,
Simon Harrisson, Daphné Petit**

Il y a déjà bien longtemps que l'humanité tente de déjouer la mort. Déjà plus 2500 ans av. J.-C., Gilgamesh entreprenait une grande épopée dans l'espoir de découvrir le secret de la vie éternelle et c'est dans les profondeurs de la mer qu'il le découvri- ra. Même aujourd'hui, la quête de l'immortalité et les légendes qui l'entourent ont inspiré, notamment, plusieurs classiques cinématographiques des temps modernes. On pense, entre autres, à Peter Pan, l'enfant qui ne vieillit plus, à la pierre philosophale de Nicolas Flamel tant convoitée par Voldemort, au grand aventurier Indiana Jones qui tente de retrouver le Graal et au célèbre Jack Sparrow qui désire découvrir la Fontaine de Jouvence. Et si une simple méduse avait trouvé la solution ?

Depuis déjà quelques années, les méduses sont de plus en plus présentes dans les océans, les mers et sur les plages. La surpêche, la pollution, les déchets de plastiques, les engrais du milieu agricole ainsi que les eaux de ballast des bateaux ont été identifiés comme les principales causes de cette gélification des océans. Ce phénomène affecte le fonctionnement des écosystèmes aquatiques en plus d'entraîner des problèmes économiques aux propriétaires de fermes aquacoles ainsi qu'aux pêcheurs. Aussi, le nombre de personnes soignées suite à une piqure augmente continuellement et tue cinq fois plus de personnes que les requins chaque année. Si ces êtres, en étant aussi rudimentaires, arrivent à faire autant de dommages, imaginez l'ampleur que ces phénomènes pourraient prendre en présence de méduses immortelles.

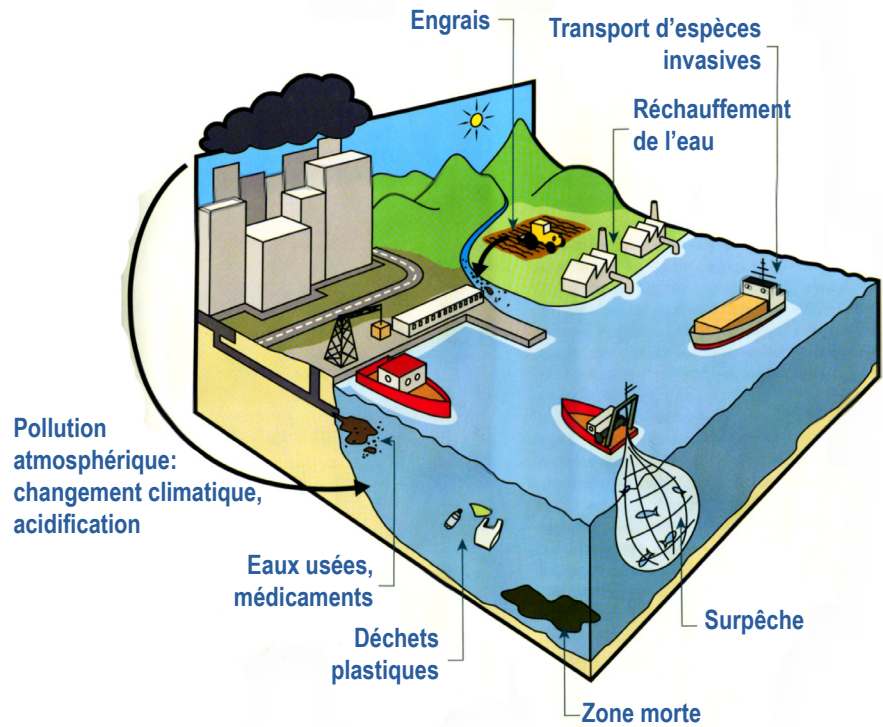


© Clemen Frank Caballes/National Geographic

LA MÉDUSE IMMORTELLE

Turritopsis nutricula est une petite méduse originaire des Caraïbes qui s'est répandue dans les régions tempérées et tropicales du monde entier. Elle est également connue sous le nom de méduse immortelle. Le secret de son immortalité repose dans son cycle de vie. Chez les méduses de la classe des hydrozoaires, le cycle de vie passe typiquement par deux stades. Un stade libre où la méduse est sous sa forme typique de cloche et un stade immobile attaché au fond de l'océan, appelé polype. Ce dernier stade est particulièrement résistant, car celui-ci peut jeûner sur de longues périodes lorsque la nourriture vient à manquer. En condition défavorable, il peut également s'enkyster. C'est-à-dire qu'il forme une coquille et s'y enferme pour attendre de meilleures conditions. Le polype se reproduit de façon asexuée en produisant des méduses qu'il libère par bourgeonnement. Les méduses sous leur forme libre ont une espérance de vie d'environ 15 jours pour les plus petites alors qu'elle est de deux à trois mois pour les plus grandes. Les méduses adultes, avant de mourir, se reproduisent de façon sexuée entraînant la

Les méduses nous disent merci !



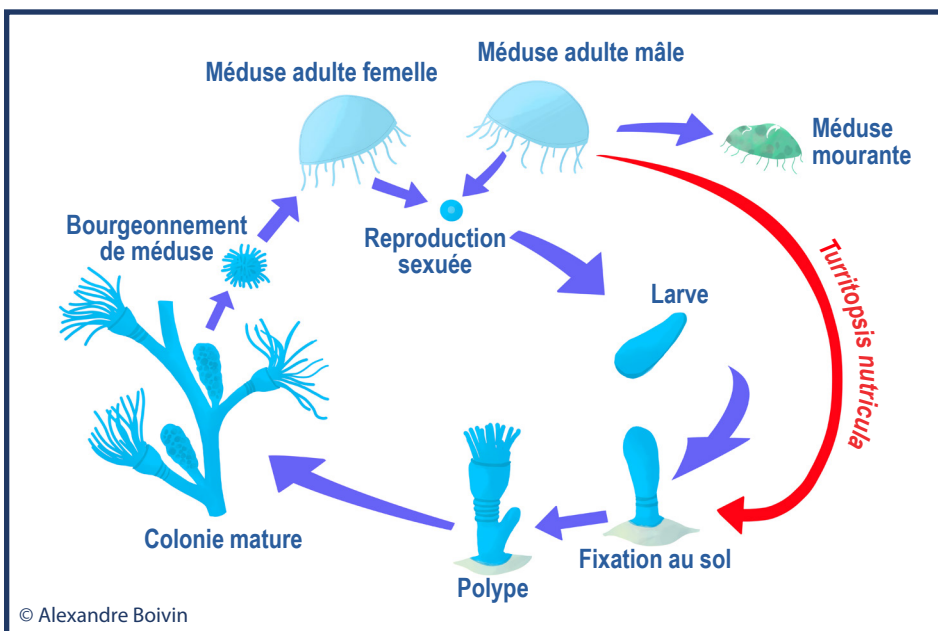
© Calcagno et Goy

formation d'une larve qui tombe au fond de l'océan et s'y fixe pour former un nouveau polype. Afin d'éviter une mort certaine après sa reproduction, *Turritopsis nutricula* peut renverser son cycle à n'importe quel moment et redevenir un polype. Cette transformation serait équivalente, par exemple, à un papillon qui retourne à son stade de chenille. Elle est ainsi biologiquement immortelle et, tant

que son système nerveux reste intact, elle peut recommencer son cycle de vie à l'infini. Elle n'est toutefois pas à l'abri de ses prédateurs et des maladies. *T. nutricula* arrive à se métamorphoser et à éviter la mort grâce à un mécanisme cellulaire appelé transdifférenciation

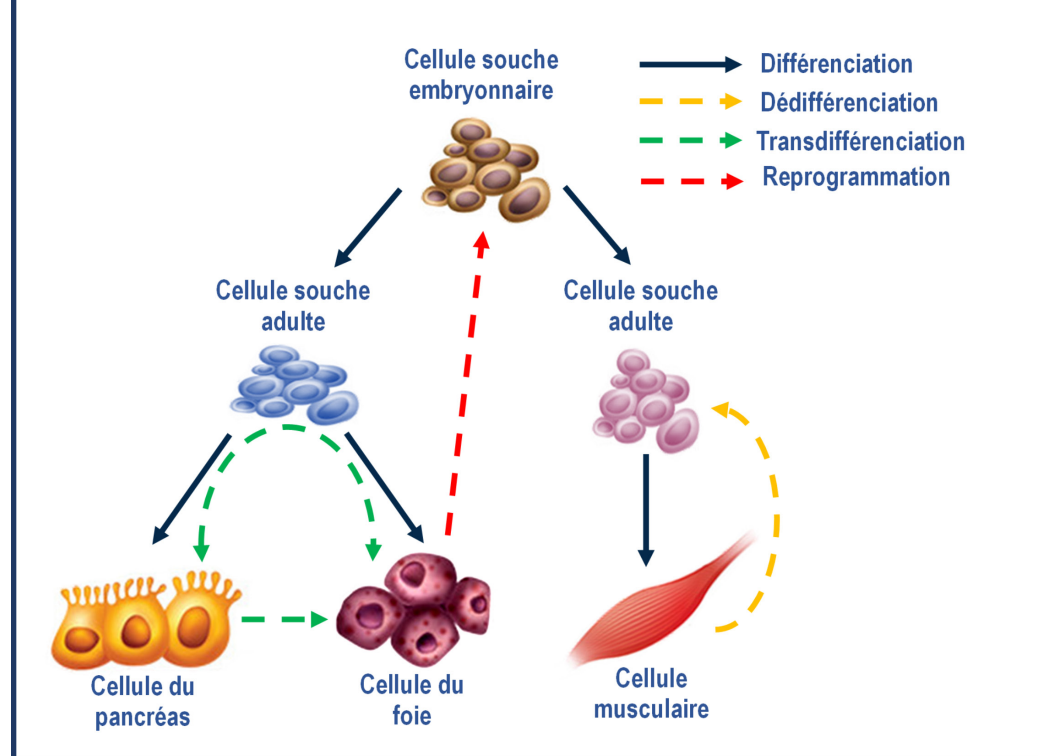
TOUT COMMENCE AVEC LES CELLULES SOUCHES

Pour comprendre les mécanismes cellulaires permettant à *Turritopsis nutricula* d'être biologiquement immortelle, nous devons en premier lieu discuter de quelques notions de base. Pour qu'une cellule soit en mesure de faire une transdifférenciation, elle doit d'abord être différenciée. Tout débute avec les cellules qui forment l'embryon, les cellules souches embryonnaires. Ces cellules sont toutes identiques à la base et c'est seulement plus tard qu'elles se différencient en un type cellulaire défini afin de réaliser des tâches bien précises. On dit alors de ces cellules



© Alexandre Boivin

qu'elles sont spécialisées. Les cellules souches embryonnaires sont donc à l'origine des quelque 250 types de cellules retrouvées dans notre corps comme, entre autres, les cellules qui forment notre peau, nos muscles et nos neurones. Les cellules souches embryonnaires possèdent un grand pouvoir de prolifération. En se différenciant, les cellules perdent cette capacité à se régénérer et possèdent donc une durée de vie limitée. Mais alors, qu'est-ce qui remplace les cellules dysfonctionnelles ou trop vieilles de notre corps? Comment expliquer la régénération des cellules de notre peau, de nos os ou de nos intestins? En fait, il existe deux types de cellules souches, les cellules souches embryonnaires, dont nous avons déjà discuté, et les cellules souches adultes qui peuvent être décrites comme des cellules différenciées immatures. Nous pouvons décrire ces cellules comme des intermédiaires entre les cellules souches embryonnaires et les cellules différenciées. Elles sont associées à un seul type de tissu cellulaire dans lequel elles sont présentes en petite quantité et c'est seulement en ce type cellulaire qu'elles peuvent proliférer.



Ainsi, une cellule souche adulte de la peau ne peut se diviser que pour ensuite se différencier en une nouvelle cellule de la peau.

LES TROIS VOIES DE LA RÉGÉNÉRATION CELLULAIRE

Il existe au moins deux voies ayant déjà été observées dans la nature soit, la dédifférenciation et la transdifférenciation et une troisième expérimentale soit, la reprogrammation.

LA DÉDIFFÉRENCIATION

La dédifférenciation consiste au retour d'une cellule différenciée vers un état plus immature, soit celui de cellule souche adulte. En effectuant la dédifférenciation la cellule peut recommencer à se diviser afin de remplacer les cellules mortes. Une fois les cellules remplacées, les nouvelles cellules se différencient à nouveau, mais toujours en un même type cellulaire que les cellules d'origines. Ce mécanisme de régénération a été observé, entre autres, chez le poisson zèbre qui est capable de régénérer complètement son cœur après qu'on le lui ait amputé jusqu'à 20% du ventricule!

LA TRANSDIFFÉRENCIATION

Dans la nature, le processus de transdifférenciation se produit en deux étapes soit, une dédifférenciation suivie d'une redifférenciation en un nouveau type cellulaire. De façon expérimentale, il est cependant possible d'induire directement la transdifférenciation d'un type cellulaire vers un autre sans devoir passer par la dédifférenciation. En effet, les scientifiques ont réussi à forcer des cellules pancréatiques à exprimer des gènes normalement exprimés dans les cellules du foie.



© visitmonaco.com

Turritopsis nutricula est une méduse, de type hydrozoaire, en forme de cloche ne mesurant que 5 mm de diamètre.



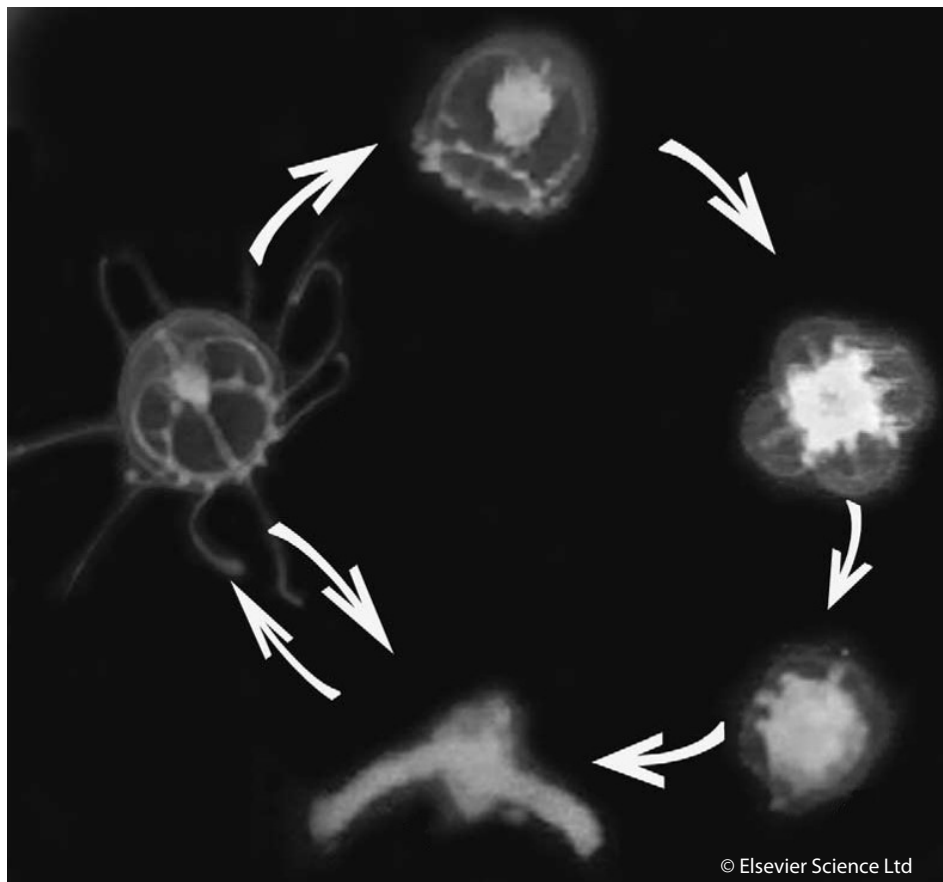
© Alamy

Le poisson zèbre est une espèce fréquemment utilisée dans les études sur la régénération des tissus cardiaques.

LA REPROGRAMMATION

Ce processus réalisé en laboratoire permet à une cellule différenciée de retourner à son état d'origine de cellule souche embryonnaire. Puisque ces cellules ne proviennent pas directement de l'embryon, on les nomme cellules souches induites et elles possèdent la capacité de se différencier en presque n'importe quel type cellulaire.

Les planaires, les salamandres, certains insectes et même les humains ont la capacité d'utiliser certains de ces trois processus à différents moments de leur vie. Quant à *T. nutricula*, le processus cellulaire de transdifférenciation lui est nécessaire pour renverser son cycle. Grâce à lui, elle est en mesure de procéder à une réorganisation majeure de ses tissus lui permettant de déjouer la mort en retournant à son stade juvénile de polype.



TURRITOPSIS DOHRNII

Turritopsis dohrnii, la cousine de *Turritopsis nutricula*, prend son origine dans les régions méditerranéennes. Étant très similaire à *T. nutricula*, elle est aussi capable de renverser son cycle de vie. Les méduses du genre *Turritopsis* possèdent un grand potentiel invasif. En effet, nous avons retrouvé 15 individus génétiquement identiques provenant du Japon, de la côte Atlantique du Panama, de l'Espagne et de l'Italie.

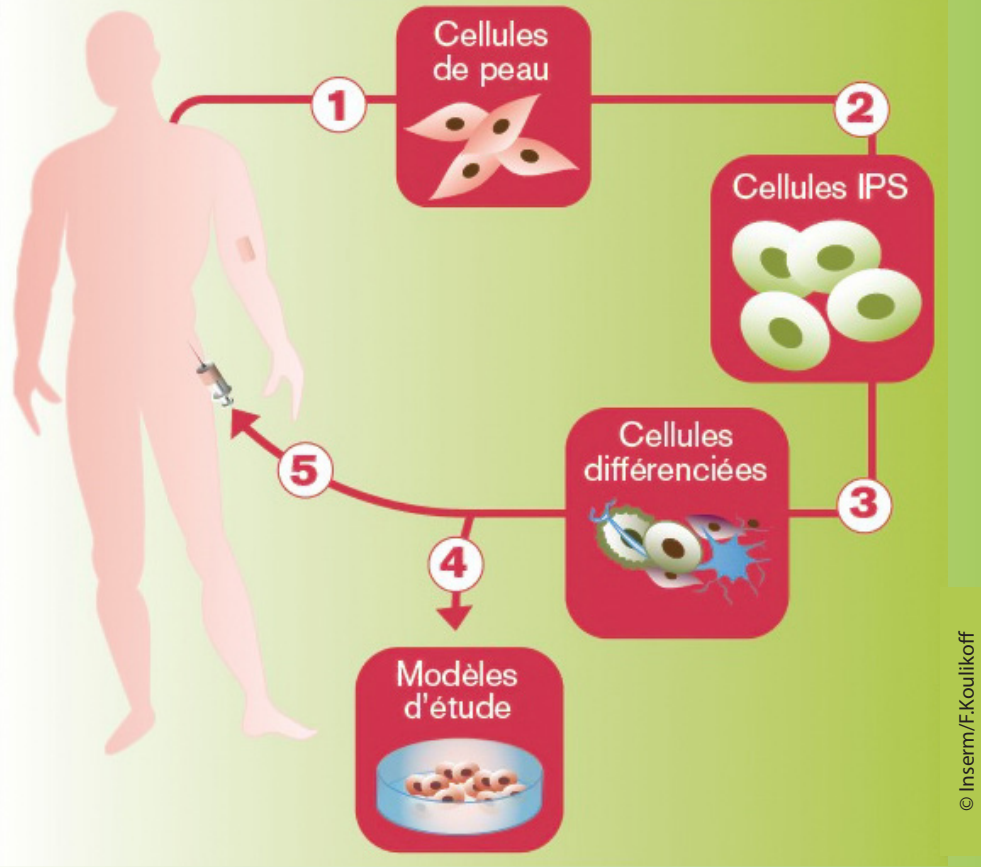
LA MÉTAMORPHOSE DE TURRITOPSIS

La transdifférenciation ainsi que la présence de cellules souches embryonnaires semblent être nécessaires à la substitution des différents types cellulaires, à la régénération ainsi qu'à la réorganisation tissulaire chez *Turritopsis*. La réorganisation morphologique commence par la fermeture de la cloche sur elle-même et la rétraction des tentacules qui finiront par complètement disparaître. La méduse subit plusieurs

réarrangements cellulaires et est maintenant réduite à un simple amas de cellules peu différenciées. Cet amas s'attache finalement au fond marin pour former progressivement la tige principale qui formera le polype. En seulement deux mois, une nouvelle colonie de polypes capable de produire par bourgeonnement des méduses est formée. Contrairement à *Turritopsis*, les rares fois où l'on a observé une régression d'un organisme vers un stade plus immature, l'individu n'avait jamais atteint la maturité sexuelle. Il semble que tous les stades de développement de *Turritopsis nutricula* soient capables d'une telle métamorphose, ce qui lui permet de déjouer la mort même après s'être reproduite. L'étude d'organismes comme *T. nutricula* pourrait nous permettre d'appliquer ces mécanismes dans la médecine régénérative afin d'améliorer la qualité de vie de l'homme.

À QUAND L'IMMORTALITÉ ?

La dédifférenciation, la transdifférenciation et la reprogrammation sont toutes des voies cellulaires qui font présentement l'objet de plusieurs recherches dans le domaine de la santé dans l'espoir de remplacer la greffe d'organe. Présentement, seule la transplantation permet de remplacer un organe endommagé ou perdu. Cependant, les nombreux inconvénients qu'implique une greffe incitent les scientifiques à trouver des



Bien que peu d'applications thérapeutiques aient été effectuées à ce jour, les cellules souches induites sont fréquemment utilisées comme modèle d'étude pour les maladies génétiques. Par exemple, pour étudier une maladie génétique du foie, il est possible d'utiliser des cellules de la peau de l'individu malade pour les reprogrammer en cellule du foie, ce qui permettrait de faire les analyses nécessaires tout en évitant au patient une intervention chirurgicale.

Une application thérapeutique est aussi actuellement en essai. Combinées à d'autres molécules, les cellules iPS sont directement injectées au site de la lésion. Ce traitement permettrait de régénérer des tissus endommagés. Toutefois, la reprogrammation génétique peut entraîner une accumulation d'erreurs dans l'ADN cellulaire et ainsi augmenter les probabilités de développer un cancer. Pour cette raison, la régénération tissulaire et la transdifférenciation cellulaire apparaissent comme d'autres alternatives intéressantes.

LA RÉGÉNÉRATION TISSULAIRE

Le concept de régénération tissulaire est employé dans le cas où «l'on coupe quelque chose et qu'il repousse parfaitement». Ce processus

alternatives. Actuellement, quatre voies sont étudiées.

LES CELLULES SOUCHES EMBRYONNAIRES HUMAINES

Cultivées en laboratoire, elles pourront croître pratiquement indéfiniment. Ces cellules représentent ainsi une source quasi infinie de cellules transplantables. Toutefois, les questions bioéthiques entourant leur utilisation à des fins thérapeutiques et le contrôle exercé sur ce type de cellule rendent cette pratique controversée et difficile. Pour ces raisons, la reprogrammation, permettant de transformer une cellule adulte spécialisée en cellule souche embryonnaire, est actuellement étudiée.

LES CELLULES SOUCHES INDUITES

Le potentiel de ces cellules est énorme puisque les cellules dont elles proviennent sont présentes en quantité illimitée et qu'elles sont facilement

accessibles. Comme les humains, les cellules communiquent entre elles. Toutefois, celles-ci utilisent des messages chimiques. Pour produire des cellules souches induites (cellules iPS), ces messages doivent être modifiés afin de réactiver les signaux propres aux cellules souches embryonnaires. Quatre gènes spécifiques des cellules embryonnaires ont été identifiés et une fois activés chez les cellules différenciées, celles-ci retrouvent des propriétés similaires à celles des cellules souches embryonnaires.

POURQUOI FAUT-IL DES ALTERNATIVES AUX GREFFES D'ORGANES ?

La transplantation d'organes présente plusieurs inconvénients tels des problèmes de compatibilité, des effets secondaires provoqués par des traitements antirejets et une pénurie de donneurs. Effectivement, au Québec, pour 993 personnes en attente de greffe, Transplant Québec compte seulement 154 donneurs. En plus, il a été prouvé que l'immunosuppression causée par les traitements antirejets serait à l'origine de cancers chez plus de 80 % des greffés dans les 30 premières années suivant l'opération.

se distingue des mécanismes naturels du corps tels que la guérison d'un os brisé et la croissance continue de certaines structures comme les ongles. Stéphane Roy, directeur du Laboratoire de recherche sur la régénération tissulaire chez les vertébrés à l'UdeM, est l'un des rares à s'intéresser à ce phénomène. Mr Roy travaille depuis de nombreuses années avec l'axolotl comme modèle. Cet amphibien possède la capacité de régénérer entièrement ses pattes et sa queue à la suite d'une amputation. Même si la régénération a été observée chez l'humain, elle s'avère beaucoup plus fréquente chez les invertébrés comme les planaires ou



L'Axolotl est une petite salamandre de la taille d'une tasse de thé.



© National Geographic

Puisqu'il s'agit d'une espèce facile à élever en captivité et qu'elle a un mode de vie 100 % aquatique, l'Axolotl est un modèle de choix pour étudier la régénération tissulaire.

LA CRISE CARDIAQUE

Une crise cardiaque survient lorsqu'un muscle cardiaque meurt après avoir manqué d'oxygène. Une crise cardiaque peut entraîner la formation de tissu cicatriciel. Ainsi, les contractions cardiaques qui permettent de propulser le sang dans l'organisme sont moins fortes. Les études du Dr Deepak Srivastava pourraient éventuellement permettre de remplacer le tissu cicatriciel par un nouveau tissu musculaire.

les hydrozoaires tel que *Turritopsis* ainsi que chez les vertébrés inférieurs comme les souris. Chez l'humain, ce sont les enfants plus précisément qui ont démontré un pouvoir de régénération. En effet, les extrémités des doigts de jeunes enfants ont la capacité de repousser parfaitement dans certaines conditions. Les recherches du Dr Roy visent à comprendre les bases cellulaires et moléculaires lors de la régénération tissulaire. Même si les études du Dr. Roy sont encore au stade de la compréhension, une éventuelle application à l'humain permettrait d'éviter une greffe et les inconvénients qu'elle occasionne.

LA TRANSDIFFÉRENCIATION AU SERVICE DE L'HUMAIN

À ce jour, aucun essai clinique, impliquant la transdifférenciation, n'a encore été effectué sur l'humain. Cependant, plusieurs études en laboratoire ont déjà démontré qu'en combinant certaines molécules à des cellules de la peau, une conversion de type cellulaire était possible. En effet, des chercheurs ont réussi à transformer des cellules de peau en cellule du système nerveux et en cellules musculaires.

Des avancées prometteuses ont été faites récemment par le Dr Deepak Srivastava de l'Université de Californie, spécialiste des maladies cardiaques. Intéressé par la transdifférenciation,

le Dr Srivastava a réussi à modifier des cellules de soutien du cœur en cellules musculaires chez une souris. Bien qu'il s'agisse encore d'essais, ces études pourraient s'avérer une voie intéressante pour traiter les problèmes cardiaques.

La transdifférenciation cellulaire pourrait également être une solution pour de nombreuses maladies neurologiques telles que la sclérose en plaques et le syndrome de Guillain-Barré. Ces maladies sont caractérisées par la perte de structures protégeant les neurones qui sont formées par des



© Stéphane Roy

Stéphane Roy directeur du Laboratoire de recherche sur la régénération tissulaire chez les vertébrés à l'UdeM.

«Régénérer, c'est donc recommencer encore et toujours à la source de la vie. C'est frôler l'immortalité»

-Le Douarin

cellules incapables de se régénérer. Actuellement, aucun traitement curatif n'est disponible. Toutefois, des tests en laboratoire ont réussi à convertir des cellules adipeuses en cellules de protection du système nerveux. Ce faisant, la transdifférenciation pourrait peut-être devenir un premier traitement curatif contre les maladies neurologiques.

Finalement, le Centre de recherche international de régulation génomique étudie actuellement la possibilité de transformer une cellule

cancéreuse en cellule du système immunitaire via la transdifférenciation. Jusqu'à présent, les tests en laboratoire se sont avérés extrêmement positifs avec un taux d'efficacité approchant le 100%. Ce résultat prometteur laisse croire en une nouvelle voie de traitement pour certains cancers.

Même si aucune des alternatives décrites précédemment ne laisse croire que l'humain pourrait devenir immortel dans un futur proche, il n'en demeure pas moins que l'étude de processus comme celui de Turritopsis permettra éventuellement d'améliorer et sans doute de prolonger la vie des humains.

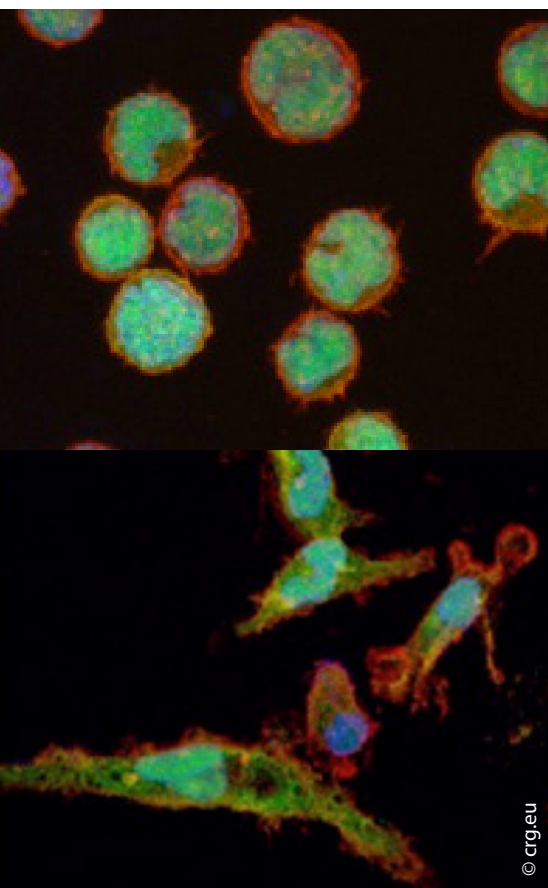
L'IMMORTALITÉ DE L'HOMME EST-ELLE SOUHAITABLE ?

Dans une société où les transplantations d'organes et la fabrication de tissus de remplacement deviennent pratiques communes et où les thérapies génétiques commencent à faire surface, il est facile de voir comment la médecine régénérative mènerait inévitablement à des débats éthiques et sociaux. En effet, rendre disponibles des traitements pouvant prolonger l'espérance de vie ne pourrait-il pas faire en sorte d'augmenter l'écart entre les riches et les pauvres et mener à une surpopulation mondiale ?

L'un des puissants arguments souvent utilisés en faveur de la recherche sur la médecine régénérative est que l'extension de la vie sauve des vies. Tant qu'une qualité de vie acceptable est présente, nous avons comme impératif moral de sauver cette vie. De ne pas

sauver une vie quand nous en avons la possibilité nous rendrait responsables de la mort qui en résulterait. Ainsi, si des traitements pouvaient améliorer les capacités humaines et permettre à une personne de 80 ans d'avoir les mêmes capacités physiques qu'un adulte de 30 ans, cela permettrait non seulement d'augmenter l'espérance de vie, mais aussi la qualité de vie.

Malgré cela, plusieurs objections restent. En effet, les coûts associés à de telles interventions médicales feraient probablement en sorte d'augmenter les écarts entre les pays pauvres et les pays riches. Cependant, il est très peu probable que ces injustices fassent obstacle à la mise en place de ces traitements s'ils étaient disponibles. Effectivement, des pratiques déjà existantes comme la greffe d'organe, très courantes dans les pays développés et souvent indisponibles dans les pays pauvres, ne sont pas considérées comme des pratiques non éthiques. Il pourrait en effet être considéré questionnable de refuser l'accès à ces traitements à certaines personnes sous prétexte qu'ils ne sont pas disponibles pour d'autres.



Des cellules cancéreuses (en haut) qui ont été transformées en macrophage, un type de cellule du système immunitaire (en bas).

Pour ce qui est du débat sur la possibilité que les avancées en médecine régénérative créent un problème de surpopulation, certains chercheurs suggèrent que ce scénario soit très peu envisageable. Les coûts, les risques, les incertitudes et la faible disponibilité des traitements font en sorte que, durant une très longue période de temps, seule une très petite proportion de la population mondiale en bénéficiera. De plus, d'autres facteurs comme les maladies infectieuses et les accidents diminueront tout de même la population, empêchant une surpopulation.

D'autres auteurs comme Bernard Williams (1973) et Leon Kass (2004) suggèrent cependant que d'allonger la durée de vie dépouillerait la vie de son sens et augmenterait les problèmes sociaux existants dans la population déjà vieillissante. Cette vision est cependant souvent réfutée par plusieurs autres auteurs comme John Harris (2002) ou Bostrom et Roache (2008) qui voient plutôt une grande longévité comme un « bien » rationnel pouvant mener à un plus grand nombre d'accomplissements au cours de la durée d'une vie.

En conclusion, les avancées en médecine régénérative rendues possibles grâce à la recherche des processus permettant l'immortalité, chez des espèces comme *Turritopsis nutricula*,



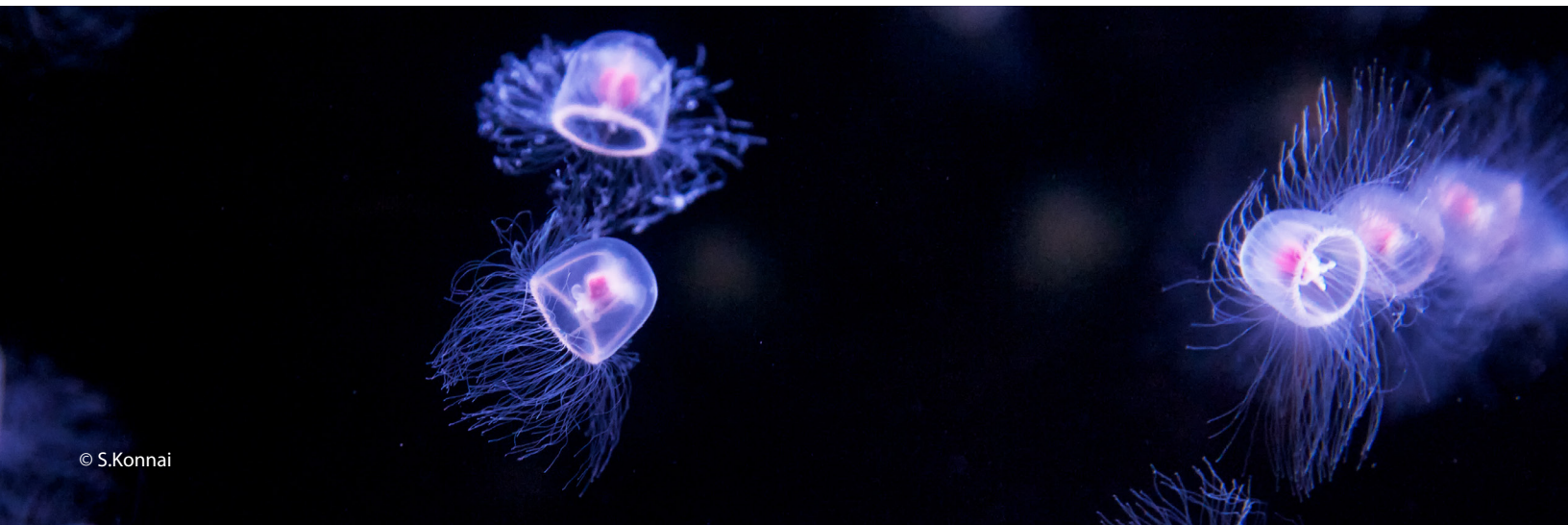
© George Allen

L'IMMORTALITÉ CHEZ LES CRUSTACÉS

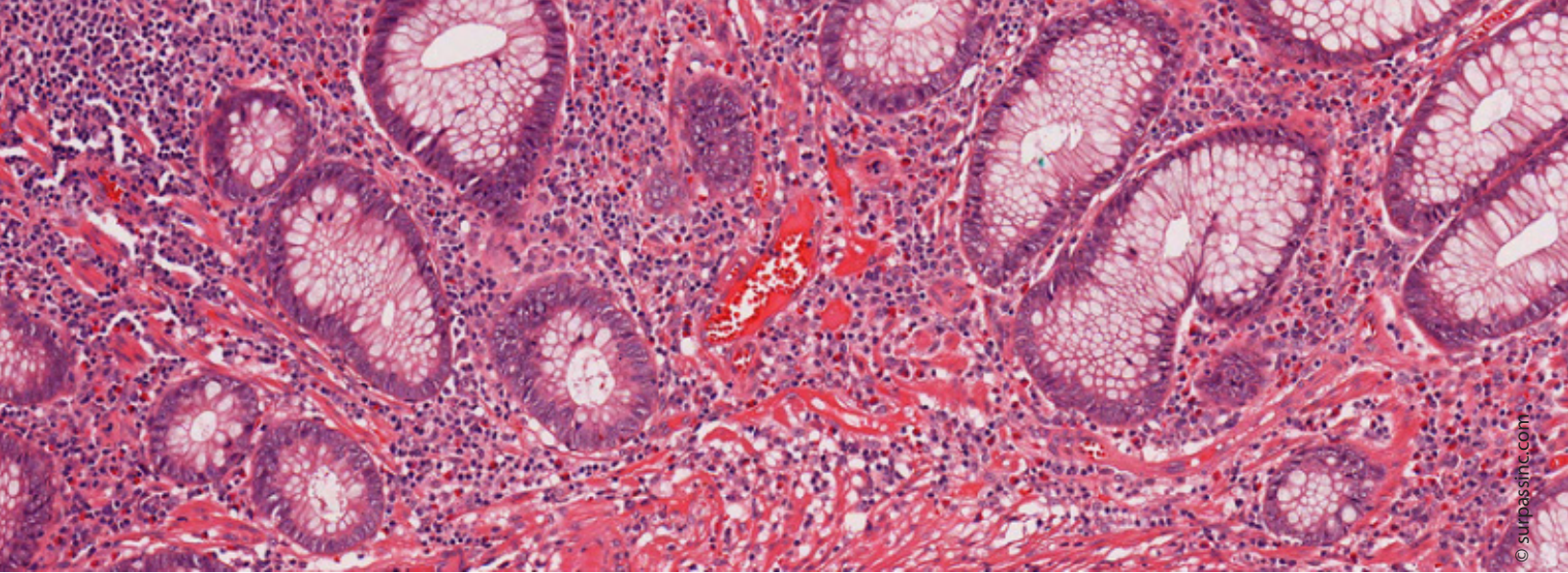
L'utilisation de l'enzyme télomérase chez le homard pourrait être utile en médecine régénérative. En effet, les télomères sont des structures se retrouvant à la fin des brins d'ADN et qui préviennent leur détérioration lors de la réplication. Or, puisque ceux-ci s'épuisent à chaque réplication de l'ADN, le nombre de fois qu'une cellule peut se répliquer sans s'abîmer est limité et cela peut donc contrôler la durée de vie d'un organisme. Entre alors en jeu l'enzyme télomérase qui remplace les télomères perdus et permet donc aux cellules de se diviser sans obstruction. L'étude du homard a permis de voir une très forte activité de la télomérase dans chacun de ses organes, ce qui expliquerait pourquoi leur processus de vieillissement semble imperceptible, mais aussi que leur croissance ne semble pas s'arrêter !

pourrait effectivement créer des débats éthiques. Cependant, les auteurs s'accordent pour dire que l'on ne devrait pas rejeter l'idée d'éventuels traitements contre des maladies graves, même si le prix à payer pourrait être l'augmentation de l'espérance

de vie. Et qui sait, peut-être que si nous pouvions désactiver le processus de vieillissement nous pourrions alors « encoder l'immortalité dans les gènes de l'espèce humaine ». ●●



© S.Konnai



Le **MICROBIOTE** intestinal, un nouvel organe ?

**Rébecca Héту-Le François, Ilhem Meniai,
Anaïs Ramet, Thérèse Bois**

Lorsqu'on évoque les organes vitaux, les premiers nous venant à l'esprit sont souvent le cœur et le cerveau. Or, un nouvel organe pourrait bien bouleverser cette idée : le microbiote intestinal. Autrefois appelé flore intestinale, cet ensemble de micro-organismes est le reflet de notre mode de vie. Son importance et son bon fonctionnement reposent sur la nature symbiotique de la relation entre l'humain et les micro-organismes où tous les partis sont gagnants. Voilà donc la relation la plus proche que vous entretenez, et ce depuis la naissance, sans même le savoir !

NOUS NE SOMMES JAMAIS SEULS !

En plus du microbiote intestinal, notre corps comprend aussi des microbiotes cutané, vaginal et buccal, tous composés de bactéries, mais également de champignons, de levures et de virus. Mais soyez sans crainte, ces bestioles sont nos amies et sont indispensables à notre vie. Dites-vous qu'en moyenne, nos microbiotes comprennent 10 fois plus de cellules que celles qui composent l'ensemble de notre corps et expriment jusqu'à 100 fois plus de gènes que notre génome ! Ces populations microbiennes sont

propres à chacun et constituent une véritable carte d'identité de l'humain qui les porte. Le microbiote intestinal pèse en totalité plus de 2 kilogrammes soit le double de l'organe qui vous permet de lire cet article, le cerveau. Son poids reflète son importance, c'est pourquoi on le considère comme le «nouvel organe».

LA POUPÉE RUSSE DES ORGANES

Plusieurs autres parties de notre corps nous différencient du reste des individus, comme nos empreintes digitales, notre rétine et bien sûr l'ADN de

nos cellules. Nos cellules peuvent se regrouper en tissus pour former un organe qui assurera le fonctionnement de notre organisme. C'est le cas de l'intestin, où s'effectue la majeure partie de la digestion des aliments et l'absorption des nutriments via la circulation sanguine. Malgré la présence d'enzymes et d'acides biliaires, l'intestin reste incapable de digérer complètement certains composés, tel le lactose, le sucre retrouvé dans le lait. C'est là que le microbiote intervient car les micro-organismes qui le compose vont maximiser la digestion de certains de ces composés. En retour, ces bactéries obtiennent

un habitat favorable ainsi que des éléments nutritifs. Il existe donc une réelle relation "donnant-donnant" entre le microbiote intestinal et le corps humain. Grâce à cette relation symbiotique, certaines vitamines comme les vitamines B et K, essentielles pour le métabolisme cellulaire et la coagulation sanguine, peuvent être synthétisées.

Les nutriments digérés et ces vitamines synthétisées lors de la digestion seront entre autres transportés au niveau de la peau, afin d'assurer le bon fonctionnement des bactéries qu'elle abrite. Un déséquilibre au niveau de l'intestin provoquera la diminution de la puissance du microbiote cutané, rendant la peau plus vulnérable à l'inflammation et à l'infection, comme dans le cas de l'eczéma. En occupant l'espace, les micro-organismes empêchent les pathogènes de s'établir formant ainsi une véritable barrière physique pour les muqueuses, qu'elles soient intestinales, épithéliales ou vaginales. Cela leur permet

Microbiote, où es-tu ?

Un microbiote est l'ensemble des micro-organismes (bactéries, levures, champignons, virus) vivant dans un environnement spécifique.

1 IL EXISTE AINSI :

- un microbiote du sol
- un microbiote de l'océan, etc.
- Mais surtout, il existe des microbiotes associés au corps humain

2 DANS NOTRE ORGANISME, ÇA DONNE QUOI ?

- 100 000 milliards de bactéries dans notre corps.
- C'est 10 fois plus que le nombre de cellules dans notre corps et 1000 fois plus que le nombre d'étoiles présentes dans la galaxie.

3 OÙ SE SITUENT PRINCIPALEMENT CES BACTÉRIES ?

- BOUCHE
- PEAU
- INTESTIN : c'est aujourd'hui le microbiote le plus étudié
- VAGIN
- Sphère ORL (depuis les yeux jusqu'au pharynx)
- GLANDES MAMMAIRES (en fin de grossesse et pendant l'allaitement)

PAS DE PANIQUE !
LA PLUPART DES CES MICRO-ORGANISMES NOUS VEULENT DU BIEN ET JOUENT UN RÔLE BÉNÉFIQUE POUR NOTRE SANTÉ.

de conserver leur intégrité, essentielle au bon fonctionnement du système immunitaire. Par exemple, il a déjà été établi que le microbiote cutané contribue indirectement à l'amélioration de

la production d'anticorps chez l'hôte, ainsi qu'à l'augmentation de la production de molécules favorisant la qualité de la réponse immunitaire, indispensable à l'initiation du processus de guérison. Selon Madame Marina Sanchez, professionnelle de recherche à l'Université Laval, parce qu'il améliore l'absorption de certains nutriments, régularisant les mécanismes de l'inflammation et le système immunitaire, on peut considérer le microbiote intestinal comme un organe vital à part entière. Cependant, il ne s'agit pas d'un organe inné, mais acquis.

L'ACIDITÉ CONTRE-ATTAQUE

En plus d'empêcher physiquement l'installation de pathogènes, les microbiotes forment une barrière chimique protégeant les muqueuses. Ce rôle est d'autant plus important pour la santé vaginale de la femme. Le vagin constitue un point de communication entre l'environnement

Microbiote, que fais-tu ?

Comprendre les interactions entre des déséquilibres de nos microbiotes et la santé

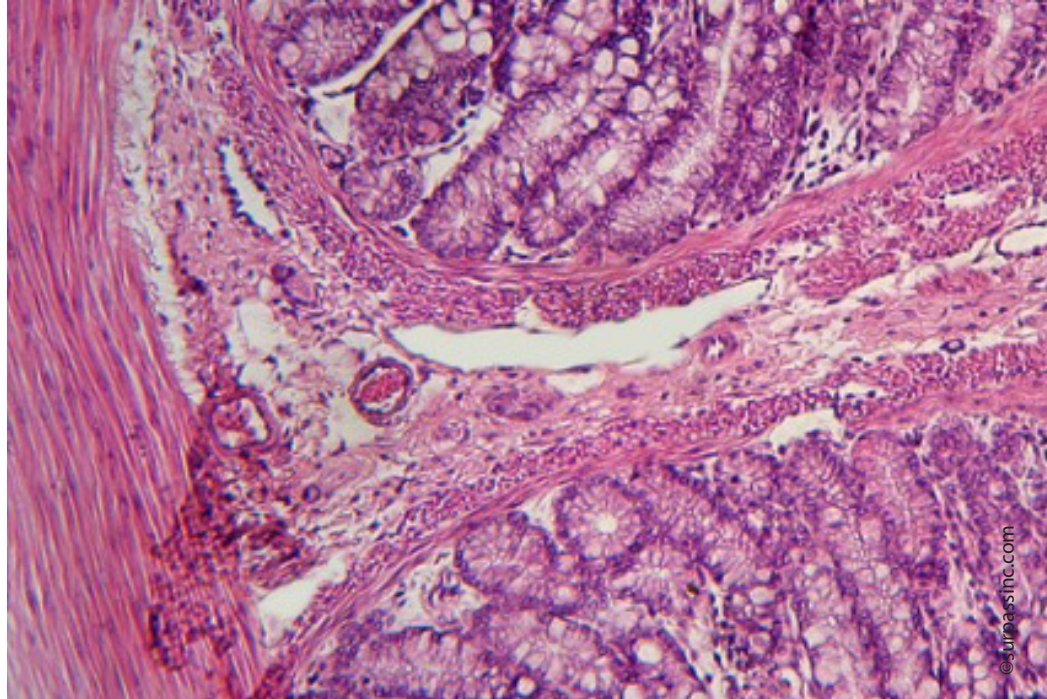
1 LA COMPOSITION EN BACTÉRIES DES MICROBIOTES (INTESTINAL, VAGINAL, BUCCAL NOTAMMENT) EST SUSCEPTIBLE D'ÊTRE INFLUENCÉE PAR :

- La naissance
- L'allaitement
- Le régime alimentaire
- L'environnement
- La consommation de certains médicaments (antibiotiques, anti-acides...)
- L'hygiène de vie (tabac, stress, sédentarité...)
- Le vieillissement

2 MICROBIOTE DÉSÉQUILIBRÉ = POTENTIELLEMENT :

- Troubles digestifs
- Allergies (cutanées, respiratoires)
- Maladies métaboliques (Diabète, obésité)
- Certaines maladies auto-immunes (polyarthrite rhumatoïde, lupus, sclérose en plaques...)
- Infections vaginales (vaginoses, candidoses, ...)
- Stress, anxiété
- Dépression
- Autisme
- Maladies neurodégénératives (Parkinson, Alzheimer)

extérieur et l'intérieur du corps, augmentant ainsi les chances de contracter une infection. Afin de contrecarrer cette vulnérabilité, les micro-organismes qui composent le microbiote vaginal, tel que les *Lactobacillus* et *Streptococcus*, permettent l'acidification du milieu par la production d'acide lactique, rendant l'environnement défavorable aux agents infectieux. Chez la femme enceinte, on accordera une importance plus grande à la santé de ce microbiote, puisque celui-ci sera transmis au nouveau-né à l'accouchement.



© surpassinc.com

ILS GRANDISSENT AVEC NOUS

La colonisation par le microbiote a lieu dès la naissance. L'enfant quitte un environnement stérile, l'utérus de la mère, pour un environnement qui regorge de micro-organismes qui coloniseront rapidement son tractus digestif et sa peau. Ils proviennent de

plusieurs sources : la mère (micro-organismes vaginaux, fécaux, cutanés ou du lait maternel), l'environnement du lieu de l'accouchement ou l'air. D'ailleurs, le mode d'accouchement influence directement la composition du microbiote initial de l'enfant. Chez les enfants nés par voie naturelle, la

composition bactérienne du microbiote est très semblable à celle du vagin de la mère. Alors que chez les bébés nés par césarienne, elle se rapproche plutôt de celle du microbiote cutané maternel. Par la suite, la composition de la population microbienne intestinale variera en fonction du contenu et du type d'alimentation qui sera offert au nouveau-né. Par exemple, les bébés nourris au sein auront un microbiote intestinal riche en bifidobactéries, essentielles à la digestion du lait, contrairement aux bébés nourris au lait maternisé. Vers l'âge de 3 ans, le microbiote devient stable et évoluera à un rythme régulier tout au long de la vie de l'enfant. Cependant à partir de la soixantaine, on remarque une diminution du nombre d'espèces microbiennes présentes chez l'adulte. Même si la composition générale du microbiote intestinal peut varier avec le style de vie, il est plutôt similaire chez la plupart des individus en santé. Ainsi, malgré une variation de la diète, les communautés microbiennes possèdent une flexibilité leur permettant de modifier la composition du microbiote de façon temporaire ou permanente afin de maintenir une digestion efficace.

LES COLONS DE L'INTESTIN

À l'instar des autres types d'écosystème, la colonisation d'un habitat vierge comme le tractus digestif du nouveau-né dépend des caractéristiques du milieu qui filtrera les populations microbiennes pouvant le coloniser. En effet, pour que ces populations microbiennes immigrantes s'établissent avec succès, elles doivent pouvoir tolérer les conditions de l'intestin, tel que la température, l'acidité, l'humidité variable et la présence de substances antimicrobiennes. On distingue deux types de microbes, d'une part, les microbes résidents, des indestructibles sont présents en permanence, et, d'autre part, des microbes transitoires qui s'établissent temporairement, mais qui ne sont pas en mesure de maintenir une population viable à long terme et donc disparaîtront. Tous ces microbes forment donc une communauté écologique qui régira notamment la digestion des nutriments. Notre corps est bien plus qu'un simple organisme, c'est un véritable écosystème ambulante.



© Marcus Jeffrey

LA SURVIVANTE DES NEIGES

Dans les années 90, des randonneurs ont découvert une momie prise dans la glace lors d'une sortie dans les Alpes autrichiennes. Les scientifiques se bousculèrent au chevet de celle-ci, dénommée Otzi l'Homme des glaces, pour l'examiner sous toutes ses coutures. En analysant le contenu de son appareil digestif, ils y ont identifié des traces d'une souche d'*Helicobacter pylori*. Cette bactérie est associée exclusivement à l'humain et peut tolérer un milieu aussi acide que l'estomac, ce qui en fait un organisme très résistant. C'est cette incroyable résistance qui permis de



© Marcus Jeffrey

et se transmet uniquement de génération en génération, ce qui permet de retracer les grandes migrations humaines. La plus vieille souche date de 100 000 ans, lorsque l'humain a commencé sa migration hors de l'Afrique. Le séquençage du génome de la souche retrouvée sur Otzi a permis de déterminer que les origines de cette souche étaient majoritairement asiatiques, alors que la souche contemporaine est une hybridation des souches asiatique et africaine. Les mouvements migratoires qui ont mené à l'hybridation des souches sont donc survenus après la mort d'Otzi.

LA DICTATURE DE L'ALIMENTATION

La composition bactérienne du microbiote intestinal est en lien direct avec ce que nous mangeons. En effet, en analysant les selles de plusieurs individus, des chercheurs ont remarqué que, selon le régime alimentaire, trois profils, nommés entérotypes, se distinguaient: (1) présence abondante de bactéroïdes, associée à une alimentation riche en protéines et graisses, retrouvées dans les viandes animales, (2) présence abondante de *Prevotella* chez les individus ayant une alimentation riche en fibre, (3) présence abondante de *Ruminococcus* pour ceux ayant un régime alimentaire varié. Quelque soit le profil, si le nombre d'espèces présentes chute de 30% à 40%, les risques de troubles de santé sont plus élevés. Cependant, on note une prévalence plus importante de maladies chez les patients ayant un profil de type bactéroïdes.



Bacteroides



Ruminococcus



Prevotella

«VEGAN», SANS GLUTEN : QUELS LIENS AVEC LE MICROBIOTE ?

Actuellement, dans les sociétés occidentales, de plus en plus de personnes deviennent adeptes du végétalisme. Cette diète exclut la consommation de produits animaliers comme la viande, les oeufs et le lait. S'agit-il d'un phénomène de mode ou cette diète présente-t-elle de véritables avantages pour notre santé? Certaines études montrent que la bactérie *Faecalibacterium prausnitzii*, espèce anti-inflammatoire absente chez les personnes atteintes de la maladie de Crohn, est plus abondante chez les végétaliens. Cette bactérie assurerait un rôle protecteur essentiel contre les troubles métaboliques ou intestinaux, l'obésité et le diabète de type 2. Cependant, pour d'autres chercheurs, ces aspects restent négligeables face aux bénéfices qu'apportent les protéines animales à notre santé dans un régime omnivore où l'on mange de tout.

Actuellement, alors que le régime alimentaire sans gluten est de plus en plus prisé, les scientifiques se sont interrogés sur l'impact de la pratique d'une telle alimentation sur le microbiote intestinal. Le gluten se retrouve dans diverses céréales comme le blé, le seigle et l'orge. Dans une étude chez des personnes porteuses de symptômes de l'intestin irritable, mais non atteintes de la maladie coeliaque, trois régimes alimentaires ont été testés à l'aveugle. Tous les participants ont adopté pendant une semaine chacun des régimes : pauvre en gluten, riche en gluten et sans gluten avec un intervalle de deux semaines. Ils ont alors remarqué que seulement 8 % des maux de ventre ressentis pouvaient réellement être attribués à la consommation de gluten.

Le régime sans gluten conduit aussi à la réduction des populations de bactéries bénéfiques de l'intestin et augmente celles de pathogènes opportunistes dont plusieurs de la famille des Enterobacteriaceae, comme Escherichia coli par exemple. En pratique, chez les personnes malades, l'adoption d'un tel régime est utilisé comme traitement pour rétablir l'équilibre des muqueuses et la disparition des symptômes. Néanmoins, cette thérapie alimentaire peut mener à



© Depositphotos

des carences nutritionnelles, puisque l'alimentation sans gluten conduit à une réduction de la consommation d'autres glucides qui sont associés à cette protéine. L'application clinique de cette diète reste encore controversée, puisqu'elle peut, chez certains patients, augmenter les problèmes de santé.

LA PROTÉINE QUI REND MALADE

La maladie coeliaque est une entéropathie inflammatoire chronique due à une réponse auto-immunitaire au gluten. Chez les patients atteints de la maladie coeliaque, ce dernier est reconnu par les cellules du système immunitaire comme étant un pathogène, ce qui induit une production d'agents pro-inflammatoires. Ces agents, appelés cytokines, déclenchent une réaction

inflammatoire, ce qui endommage la muqueuse intestinale. Récemment, on a mis en évidence que la composition du microbiote intestinal pouvait augmenter la prédisposition au développement de cette maladie. Par ailleurs, un accouchement par voie vaginale et l'allaitement contribueraient à diminuer les risques d'apparition de la maladie, puisqu'ils favorisent l'établissement d'un microbiote sain chez l'enfant.

LES MUQUEUSES S'ENFLAMMENT

La maladie de Crohn ainsi que la colite ulcéreuse sont regroupées dans la catégorie des maladies inflammatoires chroniques de l'intestin (MICI). Ces maladies intestinales peuvent être dues à plusieurs facteurs, entre autres le manque ou la surabondance de certains nutriments. Ces maladies peuvent aussi être associées à une prédisposition génétique qui altère l'intégrité de la muqueuse intestinale, permettant aux pathogènes de la traverser plus facilement et provoquer une réaction inflammatoire.

LE COUTEAU À DOUBLE TRANCHANT

Les antibiotiques ont été un véritable point tournant de l'histoire de la médecine, car ils permettent d'éliminer rapidement les bactéries



responsables d'infections. Cependant, en supprimant également certaines bactéries bénéfiques, ils engendrent un déséquilibre du microbiote appelé dysbiose. On accuse aujourd'hui l'utilisation massive d'antibiotiques d'être la cause de l'augmentation de ce déséquilibre, perturbant plusieurs fonctions métaboliques régulées par le microbiote intestinal. En conséquence, cela peut causer divers problèmes de santé comme des maladies inflammatoires de l'intestin, des allergies, le diabète ou l'obésité. Certaines familles bactériennes, comme les Firmicutes et les bactéroïdes, sont couramment utilisées pour la détection des perturbations du microbiote intestinal.

Pour prévenir la dysbiose, plusieurs études ont montré que l'apport de prébiotiques et de probiotiques dans notre alimentation a des effets bénéfiques sur le microbiote intestinal. Les prébiotiques servent d'éléments nutritifs aux bactéries, ce qui favorise leur croissance et leur activité. Les probiotiques, quant à eux, aident au maintien de l'équilibre, de l'intégrité et de la diversité microbienne. À eux deux, ils permettent un meilleur fonctionnement du microbiote intestinal. Cela montre bien l'importance d'une alimentation saine pour le maintien du bon fonctionnement de cet organe et donc de notre santé.

LES DÉCHETS DES UNS, LE TRÉSOR DES AUTRES

La bactériothérapie fécale, ou transplantation fécale, a longtemps été un traitement tabou. Aujourd'hui, elle est de plus en plus utilisée pour guérir des patients souffrants de maladies associées à une dysbiose. Cette nouvelle approche vise à reconstituer le microbiote intestinal d'une personne malade en y transplantant des

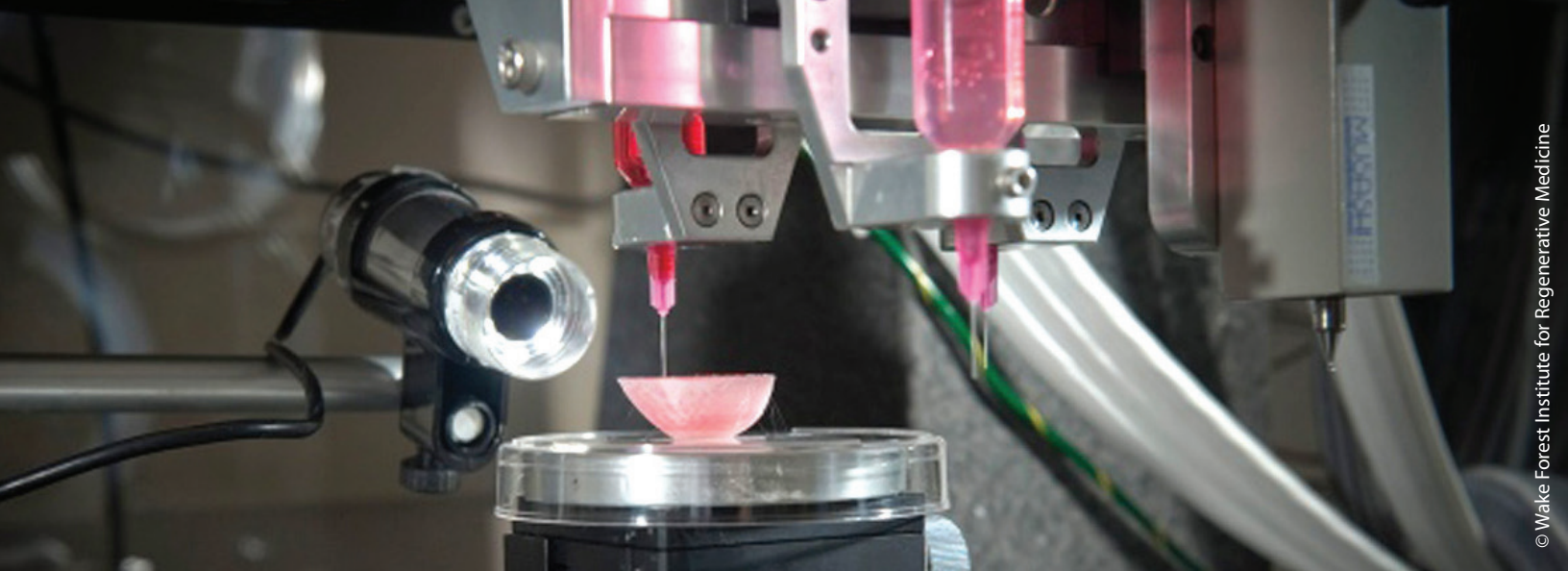
Chez des enfants atteints d'autisme régressif, autisme qui se développe environ deux ans après la naissance, on a remarqué un déséquilibre de certaines populations microbiennes. Le genre bactérien *Clostridium*, par exemple, était surreprésenté dans leurs selles. Une des explications de cette disproportion serait la surutilisation d'antibiotiques chez l'enfant en bas âge. Le microbiote encore en développement voit ainsi sa diversité chuter, ce qui permet à *Clostridium*, résistant à l'antibiotique et profitant de l'espace libéré, de s'étendre dans le microbiote. Or, ce genre de bactérie produit une molécule, l'acide propionique, aussi connu sous le nom d'E280, un agent de conservation souvent utilisé dans la nourriture industrielle. Cette molécule est capable de communiquer avec le cerveau via la circulation sanguine pour altérer le comportement. Si l'enfant consomme trop d'acide propionique ou y est exposé trop tôt durant ses premières années, il risque de développer des symptômes autistiques. On observe ainsi le plus souvent chez ces enfants un isolement social, un comportement agressif et des troubles du langage. Cependant, en modifiant leur diète pour une alimentation beaucoup plus riche en fibres végétales plutôt qu'en aliments transformés, on a observé une nette amélioration des symptômes chez ces enfants. Ainsi, une simple diminution du taux d'acide propionique permettrait au cerveau de retrouver un fonctionnement plus normal.



© iStockphoto

féces contenant des bactéries saines provenant d'un donneur en bonne santé. Ainsi, une nouvelle communauté bactérienne est introduite dans l'intestin et peut de nouveau assurer ses fonctions au sein de l'organisme. À ce jour, la transplantation fécale a permis de guérir certaines maladies intestinales. Ce nouveau type de traitement est très prometteur et pourrait bien révolutionner la médecine dans les prochaines années.

« Nous sommes à un point tournant de la médecine », affirme le professeur Satya Prakash, directeur du Laboratoire de recherche en technologie biomédicale et en thérapie cellulaire à l'Université McGill. « Les nouvelles données sur le microbiote vont créer une révolution plus grande que l'arrivée des antibiotiques. Ce qui se prépare est vraiment excitant ! », conclut-il. ●●



La **BIO-IMPRESSION** fait bonne impression

**Louis Donelle, Renelle Gélinas,
Maude Lewis, Cathy Veillette**

Est-ce que l'ascension et le développement de la bio-impression 3D pourraient révolutionner le monde scientifique et la société future? Quelles sont les limites de cette technologie en expansion?

Dans le film futuriste *Le cinquième élément* de 1997, des extraterrestres débarquent sur terre en 2263. Malgré la destruction complète de leur vaisseau, une main est retrouvée dans les décombres. À partir des cellules de cette main, le corps entier d'une femme humanoïde est reconstitué en 60 secondes à l'aide d'une bio-imprimante 3D. Ce qui était de la pure science-fiction est aujourd'hui synonyme de médecine régénérative. En effet, des chercheurs travaillent actuellement au développement de techniques de bio-impression afin de reproduire notamment des tissus et des organes humains. Le domaine de la bio-impression émerge à peine, mais déjà il est porteur d'espoir pour

le domaine médical, les études pharmacologiques et toxicologiques, ainsi que pour la production de produits animaliers comme le cuir ou la viande.

UNE RÉVOLUTION MÉDICALE

Bien qu'elle n'en soit qu'à ses débuts, la bio-impression 3D promet des avancées significatives dans le domaine de la médecine régénérative, ce qui pourrait éventuellement régler des problèmes majeurs comme les délais liés à la transplantation d'organes. Jusqu'à présent, les techniques d'ingénierie tissulaire plus classiques ont permis la fabrication de plusieurs tissus simples, tels des oreilles, des vaisseaux sanguins,

PÉNURIE D'ORGANES

Dans la dernière décennie, le nombre de patients en attente d'un don d'organe aux États-Unis a doublé, alors que le nombre de donneurs est resté plus ou moins stable. Cela ne considère pas les patients qui pourraient bénéficier d'un don d'organe, mais qui ne figurent pas sur la liste. En effet, selon Dr. Atala, «Toutes les 30 secondes, un patient meurt d'une maladie qui pourrait être traitée par le remplacement ou la régénération de tissus.» D'ailleurs, il est estimé que la bio-impression d'organes pourrait diminuer les temps d'attente de 65 % à 80 %..

Une bio-imprimante du *Wake Forest Institute for Regenerative Medicine* en pleine impression d'un rein humain tel que présenté par Dr. Atala lors de sa présentation en 2011.

des segments de voie respiratoire ou des vessies, comme le démontre Dr. Anthony Atala, directeur du *Wake Forest Institute for Regenerative Medicine*, dans une présentation pour Ted Talk en 2011. Toutefois, selon le Dr. Atala, il est nécessaire d'avoir recours à des bio-imprimantes pour la production d'organes solides et complexes comme les reins, car, contrairement aux autres techniques d'ingénierie tissulaire, les bio-imprimantes sont capables de positionner les différents types de cellules avec précision, permettant ainsi de reproduire la structure complexe de ces organes. Lors de sa présentation de 2011, Dr. Atala a d'ailleurs présenté à l'auditoire un rein fraîchement bio-imprimé. Bien que celui-ci avait l'allure et la structure d'un rein, il faudra plus de recherches avant qu'un tel organe soit fonctionnel. Durant cette même présentation, le Dr. Atala a présenté une machine capable de réparer les plaies directement sur les patients. Cette machine scanne d'abord la plaie avant d'imprimer les couches de peau appropriées directement sur la plaie. L'utilisation de la bio-impression semble assurément la voie à suivre pour la fabrication d'organes et de tissus, d'autant plus que, contrairement au don d'organe, la bio-impression a l'avantage d'utiliser les cellules du patient pour la fabrication de l'organe greffé. Cela diminue les chances de rejet, en plus de réduire la prise de médication par les patients. Toutefois, en raison de l'extrême complexité de ces organes, les chercheurs estiment qu'il faudra attendre 30 ou 40 ans avant de voir un foie ou un rein greffable issu de la bio-impression.

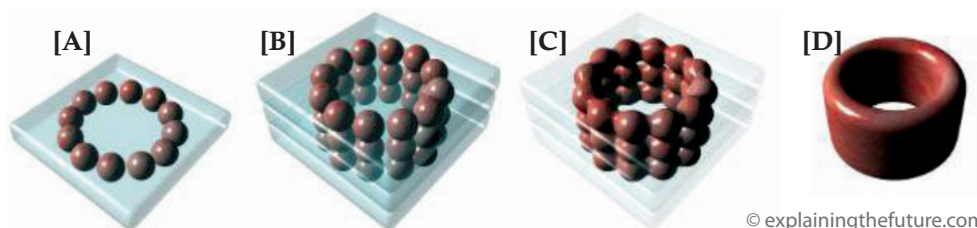
LA BIO-IMPRESSION, UNE AUBAINE POUR LES LABOS

S'il reste encore beaucoup de recherches à mener avant que la greffe d'organes bio-imprimés complexes comme les reins soit possible, les tissus bio-imprimés commencent déjà à être utilisés dans certaines recherches pharmacologiques et toxicologiques. Alors que dans la majorité des recherches pharmacologiques, les médicaments sont d'abord testés

sur des animaux avant de passer aux essais cliniques sur les humains, certaines recherches commencent à utiliser les tissus bio-imprimés entre ces deux étapes, ce qui permet de faire un premier tri. Le nombre d'essais cliniques conduits est donc réduit, ce qui accélère le développement de nouveaux médicaments tout en diminuant les coûts, car ces essais cliniques sont de longs processus extrêmement coûteux. Puisque 90% des échecs des essais cliniques

QU'EST CE QUE LA BIO-IMPRESSION ?

La bio-impression est une technique de fabrication de tissus vivants qui s'inscrit dans le champ de l'ingénierie tissulaire. En comparaison avec les techniques antérieures, la bio-impression permet un positionnement beaucoup plus précis des différentes cellules dans un espace tridimensionnel, ce qui permet la fabrication de tissus et d'organes plus complexes. Au même titre que l'impression 3D conventionnelle, la bio-impression consiste en l'ajout successif de couches de matériaux. Toutefois, les matériaux utilisés dans la bio-impression sont un peu particuliers. En effet, l'encre utilisée est composée de cellules vivantes issues d'une culture cellulaire. Cette encre biologique est ensuite déposée en microgouttelettes par la bio-imprimante selon un patron conçu par ordinateur qui définit l'organisation spatiale de l'ensemble des constituants. L'assemblage du tissu se fait couche par couche en alternant avec du bio-hydrogel qui est utilisé comme support. Ce gel à base d'eau permet de maintenir la structure en place en attendant que les cellules mûrissent et produisent une matrice extracellulaire capable de maintenir la structure par elle-même. Un peu comme des points de suture fondants qui maintiennent la plaie fermée, cette matrice finit par se dissoudre ne laissant que la structure cellulaire. Pour certains tissus, comme les muscles, il faut utiliser des cellules immatures lors de l'impression. Celles-ci mûriront pour former le tissu désiré. Il faut parfois ajouter des hormones ou des facteurs de croissance dans le bio-hydrogel afin d'induire correctement la maturation des cellules et du tissu.



© explainingthefuture.com

- [A] Les microgouttelettes de bio-encre sont déposés sur une couche de bio-hydrogel.**
- [B] Des couches additionnelles sont imprimées afin de former la structure du tissu.**
- [C] Les microgouttelettes de bio-encre fusionnent alors que le bio-hydrogel se dissout.**
- [D] Le tissu final vivant est formé.**

LA COMPLEXITÉ DES ORGANES SOLIDES

Les organes solides comme le foie et le rein sont des systèmes hautement organisés dans lesquels interviennent des interactions complexes entre différents types de cellules et leur environnement extracellulaire. Ces arrangements hiérarchiques sont très difficiles à reproduire.

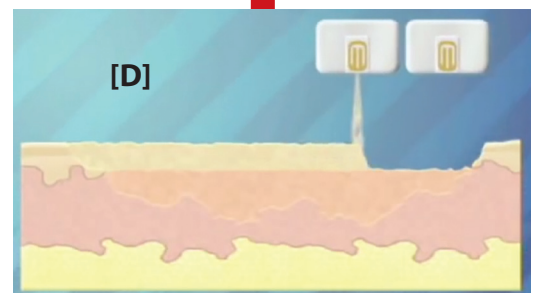
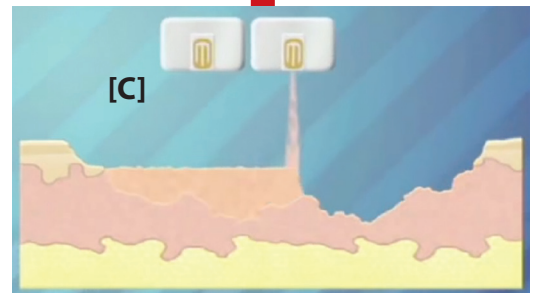
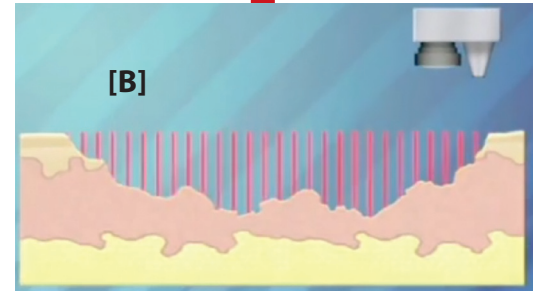


La vascularisation des reins humains, en rouge et bleu sur la photo, est extrêmement complexe et dense. Les structures en jaune représentent les voies urinaires.

© Wake Forest Institute for Regenerative Medicine

D'une part, le défi majeur dans la bio-impression des organes solides est la reproduction, en raison de son extrême complexité, de leur vascularisation, soit les artères, veines et capillaires. Par exemple, un rein est composé d'environ 1 million de néphrons, de petites structures responsables de la filtration du sang. Chacun de ces néphrons est lui-même composé d'une panoplie de capillaires, de petits vaisseaux sanguins dont le diamètre est 25 fois plus petit que celui d'un cheveu.

D'autre part, afin de permettre une maturation adéquate de l'organe et la survie des cellules qui le composent, il faut fournir différents signaux biochimiques spécifiques comme les hormones ou les facteurs de croissance dans le bio-hydrogel qui assure temporairement la structure. Comme ces organes solides peuvent compter plus de 30 types de cellules différentes dans leur composition, le processus de bio-impression et de maturation de ces organes est beaucoup plus complexe qu'il ne l'est pour des organes plus simples, comme la vessie, qui n'est composée que de cellules épithéliales et musculaires. Les chercheurs estiment donc qu'il faudra attendre 30 ou 40 ans avant que la technologie nous permette de fabriquer des organes solides .



© Wake Forest Institute for Regenerative Medicine

[A] et [B]: La plaie est scannée par la machine.

[C] et [D]: La machine imprime les couches de cellules appropriées à la profondeur adéquate.

résultent des différences de réponse entre les animaux et les humains, l'implantation de cette étape intermédiaire utilisant des tissus bio-imprimés pourrait engendrer des économies importantes. De la même manière, l'utilisation de ces tissus bio-imprimés permet aux recherches dans le domaine de la toxicologie d'évaluer l'impact de substances directement sur des tissus humains plutôt que de

les tester sur des modèles animaux dont la réaction diffère souvent de celle des humains.

La compagnie Organovo, fondée en 2007, vise justement à fabriquer des tissus humains qui serviront à des tests pharmacologiques et toxicologiques. L'entreprise a déjà mis sur le marché un foie miniature qui peut vivre jusqu'à 40 jours in vitro et

qui est utilisé pour des tests pharmacologiques. Organovo a également réussi à imprimer un petit rein de 1 mm d'épaisseur et de 4 mm de largeur, mais celui-ci n'a survécu que 5 jours. La compagnie espère toutefois être en mesure de commercialiser ce produit au courant de l'année 2016. Bien qu'Organovo ne se concentre actuellement que sur la fabrication de tissus à des fins de recherche,



© David Parry / PA Wire

Dr. Mark Post de l'Université de Maastricht montrant la viande de culture.

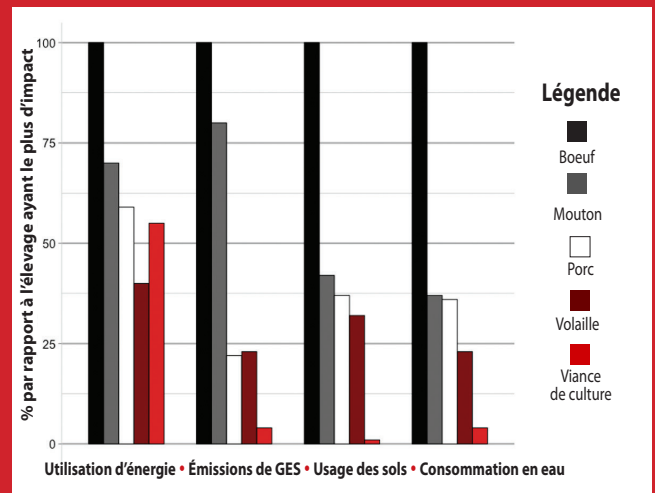
l'entreprise espère, à long terme, être en mesure de fabriquer des organes qui puissent être transplantés aux humains.

UN STEAK BIO...IMPRIMÉ

Si les avancées issues de la bio-impression dans les domaines biomédical et pharmacologique doivent encore attendre quelques années ou décennies avant que leur impact révolutionnaire se fasse pleinement ressentir, il y a fort à parier que la bio-impression engendrera bientôt une révolution dans... nos assiettes!

Tel est l'objectif de la compagnie New Yorkaise *Modern Meadow* qui travaille au développement de la bio-impression de produits animaliers comme la viande et le cuir. Ce que l'on appelle « viande » est en fait un muscle animal, c'est-à-dire un tissu relativement simple composé de cellules musculaires et graisseuses.

Déjà lors d'une conférence en 2011, Gabor Forgacs, l'un des cofondateurs de la compagnie, dégustait une côtelette de porc bio-imprimée. Il reste toutefois encore du travail à faire au niveau du goût et de la texture de la viande bio-imprimée, selon Gabor Forgacs. L'utilisation de la



L'histogramme¹ ci-contre compare la viande de culture, comme la viande bio-imprimée, avec des élevages de bovins, moutons, porcs et volailles au niveau de l'utilisation d'énergie, de terres et d'eau ainsi qu'au niveau de la production de gaz à effet de serre. La viande de culture est considérablement plus avantageuse que les autres dans toutes les catégories, sauf au niveau de la consommation énergétique. Dans cette catégorie, elle est similaire ou plus avantageuse que les autres élevages sauf celui de la volaille qui est légèrement moins énergivore.

bio-impression par *Modern Meadow* peut sembler, à première vue, d'une importance secondaire en comparaison à son application dans le domaine biomédical. Pourtant, les avantages de la bio-impression dans la fabrication de produits animaliers permettraient de répondre aux problématiques environnementales actuellement causées par l'élevage conventionnel. En effet, on estime que cette pratique monopolise mondialement 38% des terres libres de glace et 8% de l'eau potable, en plus de générer plus de 14% des émissions de gaz à effet de serre et 70% de l'utilisation d'antibiotiques. De plus, il est prédit que la consommation mondiale de viande doublera d'ici 2050, ce qui augmentera considérablement l'empreinte environnementale déjà importante de cette industrie. La viande issue de la bio-impression semble tout indiquée pour répondre à cette demande croissante en viande tout en minimisant l'impact environnemental. En effet,

QU'EST-CE QUI REND LA VIANDE DE CULTURE SI AVANTAGEUSE DU POINT DE VUE ENVIRONNEMENTAL?

D'abord, dans la viande d'élevage, une grande proportion de la carcasse ne se traduit pas en production de viande. À l'inverse, il n'y a pas de perte dans la production de viande de culture.

Ensuite, les cellules nécessaires à la viande de culture croissent dans de grandes cuves en métal, similaires à celles d'une brasserie, ce qui permet de concentrer davantage la production en comparaison à l'élevage. De plus, les cellules musculaires se reproduisent beaucoup plus rapidement en culture que dans l'animal.

Finalement, la digestion de nourriture chez les ruminants comme la vache et le mouton se fait par fermentation, ce qui génère de grandes quantités de méthane, un gaz à effet de serre 20 fois plus puissant que le CO₂.

¹ Inspiré de Tuomisto, H. L., & Teixeira de Mattos, M. J. (2011). Environmental impacts of cultured meat production. *Environmental science & technology*, 45(14), 6117-6123.



Andras Forgacs, cofondateur de *Modern Meadow*, montrant à l'auditoire un morceau de cuir bio-imprimé.

par rapport à la production conventionnelle de bœuf, la viande bio-imprimée utilise deux fois moins d'énergie, 25 fois moins d'eau et 100 fois moins d'espace, tout en émettant 25 fois moins de gaz à effet de serre et en n'utilisant aucun antibiotique.

PLUS QU'UNE SIMPLE IMITATION

« Le cuir est techniquement beaucoup plus simple que la viande, il s'agit d'un seul type de cellule, les cellules épithéliales, et sa structure est principalement bidimensionnelle. Le cuir n'a pas la complexité structurale de la viande. », explique Andras Forgacs, aussi cofondateur de *Modern Meadow*. La bio-impression de cuir facilite grandement le tannage, un processus qui a un impact important sur l'environnement, car plusieurs produits chimiques puissants sont utilisés notamment pour enlever les poils, la chair et le gras sur la peau. Or, en bio-imprimant la peau dans le but d'en faire du cuir, celle-ci en est déjà dépourvue. De plus, lors de la transformation du cuir pour en faire des produits de consommation, entre 20 % et 80 % du cuir est gaspillé à cause du découpage, alors qu'avec

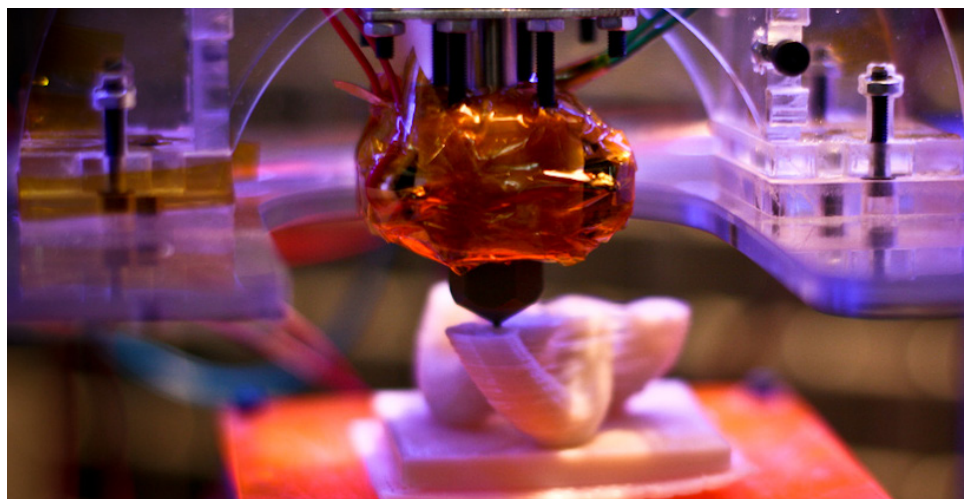
du cuir bio-imprimé, il est possible de contrôler la forme et la taille du morceau de cuir dans la production, ce qui diminue les pertes.

En assemblant les tissus à partir des cellules, cela permet de mieux contrôler les différentes caractéristiques, comme la forme et la taille, mais aussi l'épaisseur, la souplesse, la durabilité et l'imperméabilité du cuir, car le nombre de couches de cellules qui forme le tissu et la production de collagène, une protéine qui donne au cuir sa résistance, sont contrôlés. Ainsi, la bio-impression laisse place à l'innovation dans la production du cuir : « Notre but, chez *Modern Meadow*, c'est de faire de meilleurs matériaux, de trouver des améliorations importantes au niveau du design et de la performance qui peuvent réellement

magnifier ces produits, parce que si nous pouvons le faire différemment, nous pouvons le faire mieux. », disait Andras Forgacs en 2015 dans une conférence qu'il donnait pour le magazine *Wired*. « La bio-impression du cuir [...] n'est pas limitée au cuir de vache, mais peut aussi s'appliquer pour du cuir d'autruche, de crocodile ou de n'importe quel animal aussi exotique soit-il » selon Andras Forgacs. La bio-impression augmenterait ainsi la disponibilité de ces types de cuirs qui sont considérés comme luxueux à l'heure actuelle, ce qui pourrait potentiellement diminuer le braconnage de certaines espèces comme le crocodile. Malheureusement, la bio-impression de fourrure, qui pourrait permettre de diminuer le braconnage sur un plus grand nombre d'espèces est beaucoup plus complexe et ne fait donc pas partie des plans de *Modern Meadow*.

LES ENJEUX ÉTHIQUES AUTOUR DE LA BIO-IMPRESSION

Si la bio-impression ne semble pas être en mesure de réduire à court terme le braconnage pour bon nombre d'espèces, elle saura au moins sauver la vie d'innombrables vaches, porcs et poulets. En effet, l'un des avantages éthiques les plus importants de la bio-impression est la production de produits animaliers sans avoir recours aux abattoirs ou aux élevages intensifs, grandement critiqués par les organismes de défense



des animaux. Du côté du bien-être animal, la bio-impression constituerait en ce sens une nette amélioration en matière d'éthique. Cependant, à l'heure où les habitudes alimentaires des consommateurs tendent de plus en plus vers les produits frais et naturels au détriment des produits transformés, les aliments produits en laboratoire pourraient prendre un certain temps avant de gagner l'acceptation sociale nécessaire pour que ceux-ci accaparent certaines parts de marché aujourd'hui détenues par les viandes d'élevage. Il faudra également que la viande bio-imprimée devienne économiquement compétitive. L'avancement technologique et les économies de grande échelle devraient suffire à la tâche, puisque, déjà, l'écart entre les coûts de production des deux types de viande n'est pas si important.

De plus, il est fort probable que le génie génétique se mêlera rapidement de la partie afin d'améliorer certaines propriétés des cellules utilisées dans la bio-impression. Bien que de prestigieuses organisations comme l'Organisation mondiale de la santé (OMS) ne considèrent pas les organismes génétiquement modifiés (OGM) comme étant dangereux, ces derniers ont très mauvaise presse, surtout dans le domaine alimentaire, ce qui pourrait nuire à l'acceptabilité sociale de la viande bio-imprimée.

La perspective du génie génétique dans l'utilisation biomédicale de la bio-impression amène quant à elle son lot de questionnements éthiques. Effectivement, lorsque le développement technologique de la bio-impression atteindra un niveau où il sera relativement facile d'imprimer et d'implanter des organes, il pourrait devenir attrayant d'ajouter quelques fonctions à nos organes.



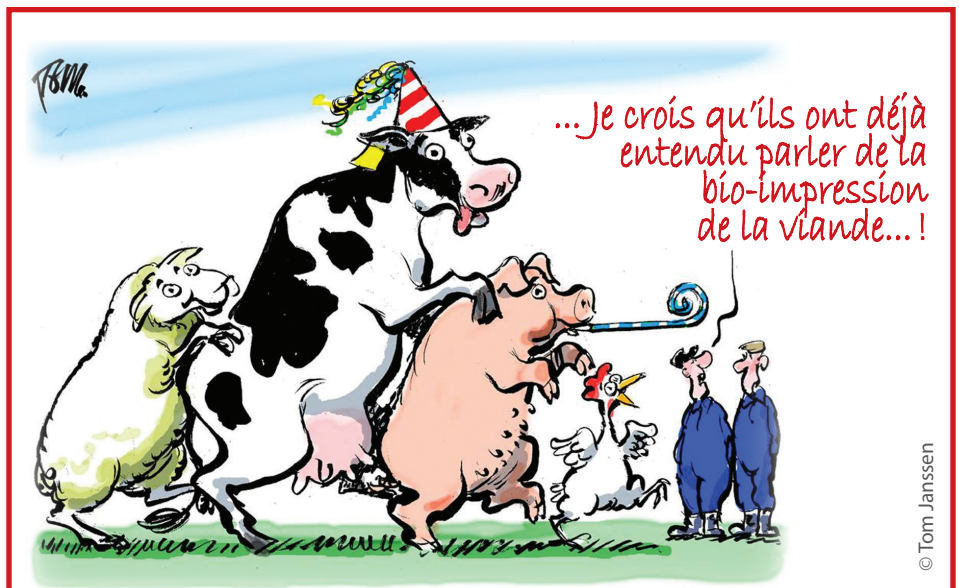
© Wake Forest Institute for Regenerative Medicine

La bio-impression permettra-t-elle un jour la fabrication d'humain entier ou encore garantira-t-elle l'immortalité ?

Par exemple, quelques enzymes capables de dégrader des molécules cancérogènes pourraient être génétiquement ajoutées aux cellules du foie afin de bio-imprimer un organe amélioré. Bien que ce type d'amélioration ait la capacité de sauver des vies, la modification génétique des humains saura certainement générer d'intenses débats éthiques.

La bio-impression est à toute fin pratique une panacée tant dans le domaine médical qu'environnemental. Les débouchés qu'offre cette technologie face à des problèmes de première importance sont aussi excitants que révolutionnaires. S'il y a fort

à parier que les avancées de bio-impression seront rapidement accueillies dans le domaine de la médecine, le manque d'acceptation sociale de la viande bio-imprimée freinera peut-être l'avancement de cette révolution alimentaire qui pourrait régler bien des problèmes environnementaux et éthiques. Si l'idée de manger un steak imprimé vous semble novatrice ou futuriste, rappelez-vous cette citation de Winston Churchill dans une lettre datant de 1930 : « We shall escape the absurdity of growing a whole chicken in order to eat the breast or wing, by growing these parts separately under a suitable medium. » ●●



© Tom Janssen



L'ASCLÉPIADE, une plante au potentiel qui croît comme de la mauvaise herbe

Alexis Brodeur, May Landry,
Jeanne Moisan Perrier, Audrey Turcotte

Qu'ont en commun le développement de l'industrie du textile local, les déversements pétroliers et le papillon monarque? L'asclépiade! D'abord envahissante et sans intérêt, l'asclépiade a longtemps été perçue comme une plante nuisible. Cependant, cette réputation est maintenant en plein changement grâce aux initiatives de M. François Simard, fondateur de Protect-Style, qui a su voir et croire au potentiel de cette plante indigène. En effet, la forme en tube de la fibre retrouvée dans les gousses de l'asclépiade lui confère des caractéristiques uniques qui peuvent permettre son utilisation comme isolant thermique, acoustique et comme absorbant pétrolier. De plus, le développement de la culture de l'asclépiade, pourrait aider à contrer le déclin des populations de papillon monarque, un insecte emblématique. Par le biais de la Coop Monark et des industries Encore 3, cette plante est véritablement au cœur d'un projet rassembleur. Voici l'histoire d'une mauvaise herbe qui n'est pas si mauvaise après tout!

Asclépias syriaca, ou l'asclépiade commune, est une plante indigène d'Amérique du Nord. Vivace, elle peut facilement envahir les champs, les prés et les bords de route où, on la retrouve habituellement. À la fin de l'été, ses fleurs laissent leur place à des gousses qui, avec l'arrivée des vents de septembre, se fendent et s'ouvrent, relâchant des graines brunes, aplaties et ornées d'un duvet blanc jaune. La fibre d'intérêt réside dans ces gousses. À l'intérieur de chacune se retrouvent des centaines de graines portant des fibres parfaitement conçues par la nature afin de

permettre leur dispersion. Les fibres rattachées à leur graine servent alors de parachute, et ce, jusqu'à ce que le vent cesse ou qu'une précipitation la fasse redescendre au sol, où elle germera et recommencera son cycle.

UN INTÉRÊT COMMERCIAL, FABRIQUÉ AU QUÉBEC, POUR L'ASCLÉPIADE ?

L'asclépiade était déjà bien connue des autochtones, pour le confort de sa fibre, pour le cordage qu'ils tiraient de sa tige, ainsi que pour les propriétés médicinales associées aux racines. Le

roi Louis XV avait aussi compris l'intérêt de la fibre en assurant son exploitation pour son usage personnel, notamment dans la fabrication des étoffes. La conquête des Anglais a par contre mis un terme à une première tentative d'exploitation, au profit de la soie et du coton.

L'usage de la fibre d'asclépiade ne réapparaîtra que lors de la Deuxième Guerre mondiale, dans les vestes de sauvetage, alors qu'elle agit comme agent de flottaison. La collecte onéreuse de l'asclépiade et l'absence de culture organisée furent à l'origine

«L'idée de cultiver une mauvaise herbe pouvait sembler farfelue, mais les aspects techniques de la fibre sont assez convaincants.»

- Daniel Allard de la Coop Monark

de l'arrêt de l'utilisation de cette fibre naturelle au profit des fibres synthétiques. Considérée comme une mauvaise herbe sans aucun intérêt commercial depuis, le nombre de plants d'asclépiades en Amérique du Nord n'a cessé de diminuer. La transformation des terres pour laisser plus de place aux monocultures et une forte utilisation de pesticides sont les

HISTORIQUE

Lors de la Deuxième Guerre mondiale, le gouvernement des États-Unis fera un appel à l'effort de guerre en demandant à la population de recueillir l'asclépiade. La fibre était alors utilisée dans les vestes de sauvetage comme substitut à la fibre du kapokier (provenant du fruit du kapokier, un arbre poussant dans les régions tropicales) qui était devenue inaccessible à cause de la guerre avec le Japon. La fibre d'asclépiade, tout comme la fibre du kapokier, possède une excellente capacité de flottaison.



Des enfants pointent fièrement leur récolte de gousses d'asclépiades amassée pour l'effort de guerre en 1944.

principales causes associées à la diminution drastique de l'asclépiade. Au Québec, on assiste présentement à un regain d'intérêt commercial et social pour cette plante et plus particulièrement pour sa fibre et ses nombreuses propriétés.

L'industrie du textile au Québec n'est plus aussi florissante qu'elle l'a déjà été, alors que la majorité des développements dans ce domaine ont principalement lieu en Asie. Cette situation a mené François Simard, ingénieur textile et fondateur de Protect-Style, à développer une entreprise de consultation ayant pour but premier d'aider l'industrie du textile dans la création d'emplois locaux et plus particulièrement, dans le domaine des fibres naturelles. Après une carrière de plus de 25 ans dans le domaine, François Simard a voulu aller de l'avant avec l'asclépiade, une plante dont la fibre ne nécessite pas de procédé chimique pour être utilisable, nous explique-t-il. La fibre d'asclépiade, de par sa composition et sa forme, possède des propriétés impressionnantes. Afin d'exploiter de manière spécifique les qualités de cette fibre, François Simard décide de créer Encore 3 et Fibre Monark, des spin-off de son entreprise de consultation. Grâce à son initiative, on assiste présentement à une réévaluation de la valeur de l'asclépiade dans le paysage québécois qui engendre un engouement pour sa culture à moyenne échelle.

L'ASCLÉPIADE, LA GENÈSE DU PROJET RASSEMBLEUR

C'est par un important besoin en approvisionnement continu que François Simard s'est lancé le défi de



© Aline Gravel

convaincre des agriculteurs de développer la culture de l'asclépiade. M. Daniel Allard, producteur de canola, de lin et de chanvre, a relevé ce défi en acceptant de créer un champ-école de 40 hectares de culture d'asclépiade. Ce dernier a été convaincu par le potentiel technique de la fibre et ses nombreuses applications.

Les résultats concluants obtenus suite aux différents essais effectués au sein de son champ ont permis à Daniel Allard de convaincre d'autres producteurs des avantages de cette culture et de son potentiel de marché. De fil en aiguille est née la Coop-Monark, une coopérative formée par des producteurs dans le but de faciliter la production en partageant les connaissances et les coûts d'équipement. Ce regroupement comprend maintenant plus de 30 membres au Canada et 10 aux États-Unis. Les agriculteurs peuvent utiliser leurs terres marginales, généralement de petites tailles et peu fertiles, afin de cultiver l'asclépiade. Souvent, la proximité de ces parcelles à des boisés permet de maximiser la présence d'insectes naturels. Le



LES FLEURS

Les fleurs mauves d'asclépiades apparaissent en juillet. Elles sont disposées en ombrelles et possèdent une odeur sucrée et musquée qui attire les insectes. Lorsque les fleurs se fanent, il se forme à leur place, le long de la partie supérieure de la tige, de larges follicules elliptiques qui sont des gousses en forme de fuseaux. Les gousses contenant les fibres mesurent généralement 10 cm de long et possèdent 3-4 cm d'épaisseur. Même si une ombrelle peut posséder jusqu'à une douzaine de fleurs, elles produisent rarement plus de 4 ou 5 gousses.

Le résultat est concluant, alors que peu d'insectes ravageurs viennent encombrer les champs.

Cependant, la culture de l'asclépiade seule ne s'avère pas aussi simple qu'elle en a l'air malgré l'idée générale qu'une mauvaise herbe pousse facilement. Faire une culture organisée de l'asclépiade demeure un défi bien que cette dernière ait une croissance généralement simple.

Une des difficultés de la culture est la levée tardive des plants, comparativement à d'autres plantes retrouvées dans les champs, tel le chiendent, une mauvaise herbe très répandue au Québec. Pour pallier ce désavantage, le traitement priorisé jusqu'à maintenant est une application unique

«Peut-être que de faire pousser l'asclépiade c'est facile, mais faire pousser uniquement l'asclépiade, c'est tout un défi.»

- François Simard de Protec-Style

d'herbicide en début de saison comme le glyphosate, mieux connu sous le nom de Round-Up ou d'autres produits plus respectueux de l'environnement, tel le vinaigre concentré. Ce traitement permet d'éliminer la compétition, d'obtenir un bon développement et de s'assurer d'un bon rendement. Ainsi, un seul traitement est nécessaire par année, et dès la troisième année, la plante commence à produire les gousses portant les fibres tant convoitées, et ce pour une décennie. C'est ainsi que les industries Encore 3 comptent s'approvisionner en fibres. Le partenariat entre les membres de la coopérative Monark et les industries Encore 3 permet un approvisionnement en semences et une promesse d'achat aux agriculteurs. Encore 3 se charge ensuite de la production et de la mise en marché des produits de la fibre d'asclépiade, qui sont très variés.

LA FIBRE D'ASCLÉPIADE COMME SOIE DU QUÉBEC

Au cours de l'histoire, la fibre de l'asclépiade a tout d'abord été utilisée comme fibre textile par les autochtones et Louis XV. Qu'en est-il maintenant de son avenir dans l'industrie du textile moderne? L'un des principaux attraits de la fibre tirée des gousses d'asclépiade est qu'elle ne nécessite pas de transformation chimique, ni mécanique. Une fois séparée de la graine, les fibres sont prêtes à être utilisées, contrairement à d'autres fibres comme le lin et le chanvre qui ont besoin de plusieurs processus de transformation pouvant s'avérer coûteux, fastidieux et polluants.

Le premier mandat que s'était donné François Simard, lors de la création de Fibre Monark, le projet Soie Québec, avait pour but de créer une soie végétale. Filer la fibre d'asclépiade s'est par contre avéré un processus très difficile étant donné qu'elle est très cassante. Jusqu'à maintenant, il est difficile de produire un tissu avec plus de 25% d'asclépiade. L'idée de filer l'asclépiade n'est cependant pas perdue. Le développement d'un tissu contenant

COMMENT LES FIBRES DE LIN ET DE CHANVRE SONT-ELLES OBTENUES ET TRANSFORMÉES ?

Afin de pouvoir être filées, les fibres comme le lin et le chanvre doivent connaître un processus de rouissage ou de dégommeage. Le rouissage permet d'éliminer la pectine qui lie les fibres ensemble de manière naturelle. La pectine, qui a une texture semblable à un gel, empêche le filage de la fibre. Le rouissage permet donc de dissoudre la pectine, séparant ainsi les fibres de la tige. Ce processus peut être simplement effectué par l'eau de pluie lorsque les tiges sont laissées au sol. Mais le rouissage peut être accéléré par un trempage par bassin nécessitant beaucoup d'eau ou par procédé chimique. D'autres processus chimiques vont ensuite être utilisés pour renforcer la douceur et l'élasticité de ces fibres.

un plus grand pourcentage d'asclépiade est envisagé dans le futur, et ce en raison de la forte demande pour de tels produits plus écoresponsables. En ce moment, la fibre est utilisée sous sa forme naturelle à titre d'outil pour minimiser les impacts des déversements pétroliers et comme isolant thermique et acoustique.

AU SECOURS DES DÉVERSEMENTS PÉTROLIERS !

Que se soit le déversement de pétrole de la plateforme de Deepwater horizon dans le golfe du Mexique ou le projet d'oléoduc Énergie Est de Transcanada dont les possibles fuites ne semblent pas contrôlées, l'extraction et le transport du pétrole sont à l'origine de problématiques actuelles et préoccupantes. Ainsi, peu importe l'ampleur du déversement pétrolier, les répercussions sont à échelles multiples et de longue durée. Lors de l'entrée en contact du pétrole avec l'eau, il y a formation d'une pellicule visqueuse à sa surface. Dans un monde idéal, celle-ci doit être retirée le plus rapidement possible pour éviter que les écosystèmes environnants ne soient trop affectés. Plusieurs produits sont présentement utilisés afin de limiter les dégâts lors de déversements pétroliers, dont la fibre de polypropylène qui est la plus répandue. Ce composé plastique a une bonne capacité d'absorption grâce à sa conformation creuse, mais nécessite plusieurs procédés de transformation, étant issu du raffinage du pétrole.

Le polypropylène possède d'autres désavantages, étant donné qu'il n'est pas biodégradable, contrairement à la fibre d'asclépiade. De plus, cette dernière constitue une bonne alternative, car elle est hydrophobe, c'est-à-dire qu'elle repousse naturellement l'eau, une qualité qui est principalement

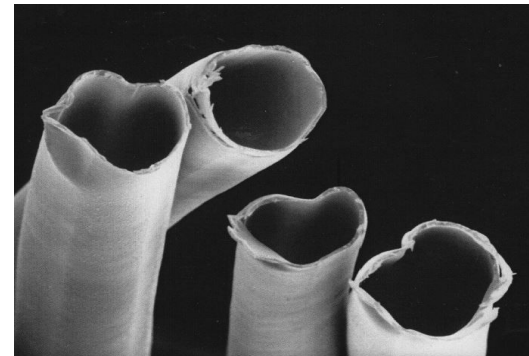
« Je n'ai jamais pensé qu'utiliser du pétrole pour ramasser du pétrole déversé était une bonne idée »

- François Simard de Protec-Style

attribuable à sa composition. La fibre est recouverte de cutine et de cire formant une enveloppe imperméable sur la paroi des cellules, ce qui entraîne celles-ci à repousser l'eau. Elle possède également des caractéristiques particulières associées à sa forme, comme une forte capacité d'absorption et de rétention des produits pétroliers supérieure au polypropylène, et ce sans avoir à être traitée. En effet, la fibre d'asclépiade prend la forme d'un microtube rempli d'air mesurant entre 4 et 30 μm , un pourcentage de vide environ 4 fois plus grand que le polypropylène (20 % chez le polypropylène versus 85 % chez l'asclépiade).

Ce vide augmente la surface de contact du produit avec l'huile, permettant une meilleure efficacité d'absorption. Donc, la fibre d'asclépiade, contrairement au polypropylène, peut retenir exclusivement le pétrole dans ses microtubes sans retenir l'eau.

Le polypropylène, contrairement à l'asclépiade est particulièrement sensible aux rayons UV. Sa durée de vie et d'utilisation en sont donc limités. La résistance à la lumière de la fibre



VUE MICROSCOPIQUE DE LA FIBRE D'ASCLÉPIADE

d'asclépiade facilite donc son entreposage et maximise son efficacité. En plus de posséder l'avantage d'une plus longue durée de vie, il est possible, lorsque l'équipement est disponible, de retirer une partie de l'excès d'huile de l'absorbant pétrolier à base d'asclépiade. La capacité d'absorption ne diminuerait donc que de très peu, suggérant qu'elle pourrait possiblement être réutilisée jusqu'à 5 fois, selon François Simard. Les propriétés exceptionnelles du tube de la fibre ne se limitent pas à ses capacités d'absorbant pétrolier. Elles permettent l'utilisation de la fibre d'asclépiade dans de nombreux autres produits industriels qui sont en voie d'être commercialisés.





«On a bien hâte que la planète arrête d'utiliser du duvet ou de la plume»

- François Simard de Protec-Style

DE VOS MANTEAUX À VOS AUTOS

Le caractère hydrophobe et les propriétés isolantes de la fibre permettent de penser que son utilisation dans les vêtements de sport pourrait changer le monde du plein air. Puisque l'air est emmagasiné dans les parties creuses des fibres, mais également entre ces dernières, cela lui procure un pouvoir d'isolation thermique qui pourrait lui permettre d'éventuellement remplacer le duvet. Le duvet, un isolant très utilisé de nos jours, a le désavantage de ne pas tolérer l'humidité. Une fois mouillée, la plume se rétracte et sa capacité isolante est perdue. Ce n'est pas le cas de l'asclépiade qui est, tel que mentionné plus tôt, hydrophobe. De plus, l'utilisation du duvet nécessite un processus plus long, plus complexe et l'élevage menant à sa production est controversé. Un projet sur la capacité isolante de la fibre est en cours au Québec. Le fabricant de vêtements de sport Chlorophylle s'est joint à l'aventure avec l'élaboration d'une combinaison à base d'asclépiade qui sera prochainement testée

lors de l'ascension de l'Everest par un alpiniste.

En plus d'être un isolant thermique, il semblerait que la fibre d'asclépiade soit un excellent isolant acoustique et encore une fois, cette caractéristique serait attribuable à sa conformation en tube. La fibre souple et particulièrement mince remplie d'air permet l'atténuation de la vibration mécanique produite par les sons. Contrairement à une fibre rigide qui transfère les vibrations, la fibre d'asclépiade possède la capacité d'en atténuer le transfert et donc de diminuer leur impact sonore. Des panneaux thermoformaux, formés de fibres d'asclépiade compressées, pourraient entrer dans la confection des voitures et sont présentement sous brevet par Protec-Style.

Le projet d'exploitation et de transformation de l'asclépiade mis sur pied par François Simard et Daniel Allard est un bel exemple de réussite d'entrepreneuriat québécois. C'est la polyvalence de la fibre qui est au cœur de l'engouement envers ce matériau. En plus des applications technologiques

associées avec ce projet, il y a également un aspect plus écologique qui, aux aveux des protagonistes, est tout aussi important et symbolique que les aspects techniques.

L'ASCLÉPIADE POUR SAUVER LE MONARQUE!

François Simard et Daniel Allard mettent clairement de l'avant que ce projet ne repose pas simplement sur les intérêts commerciaux de la fibre. L'un des aspects primordiaux du développement du projet réside dans l'importance de la plante pour le développement du papillon monarque. Le monarque est un insecte pollinisateur d'Amérique du Nord qui, durant les dernières années, a connu un important déclin d'individus aux sites hivernaux. La migration annuelle du monarque est considérée, depuis 2013, par l'union internationale pour la conservation de la nature, comme étant un phénomène menacé. Ce papillon migrateur peut parcourir 4000 km en provenance du Canada et du nord-est des États-Unis pour aller passer l'hiver au Mexique. En plus d'être un insecte emblématique dû à l'ampleur et au caractère unique de sa migration, le papillon monarque a des activités pollinisatrices importantes. La liste des insectes pollinisateurs menacés est déjà bien longue et les impacts, au niveau de la production agricole, de la perte de ces derniers sont bien connus. L'intérêt pour le déclin des populations de monarques est alors primordial et la Coop Monark semble avoir trouvé une solution, avec la culture organisée de l'asclépiade, pour de remédier à la situation.

La relation entre le papillon monarque et l'asclépiade est bien étroite. L'asclépiade est toxique pour la majorité des insectes grâce à

«Ce qui découle de tout ça, c'est plus de gens qui travaillent, plus d'agriculteurs qui ont de l'argent et les pollinisateurs qui sont en paix ici. Donc, tous les aspects qu'on peut penser d'une société sont valorisés par ce projet. C'est un peu de sacrifices, mais une belle contribution aux générations futures»

- François Simard de Protect-Style

l'élaboration de défenses chimiques, comme le latex et les cardénolides. Elle est cependant tout à fait inoffensive pour ce papillon, une des seules espèces à avoir développé les adaptations nécessaires pour s'alimenter de l'asclépiade. Au cours de son impressionnante migration, le monarque va déposer ses oeufs sur des plants d'asclépiade. Le lien entre la plante et l'animal est très important, du fait qu'il s'agit de la seule ressource disponible pour la larve, au déplacement limité. Des nombreuses études ont montré que la fécondité des monarques est liée à la densité de plants d'asclépiades présents dans le milieu. Il faudrait jusqu'à 29 plants d'asclépiades pour produire un seul monarque qui va migrer vers le sud à l'automne. L'utilisation d'herbicides à grande échelle a eu pour effet d'éliminer grandement l'asclépiade du paysage Nord-Américain, le long de la route migratoire des monarques. C'est l'une des hypothèses les plus probables expliquant ce déclin.

L'un des objectifs à long terme de l'industrie Encore 3 et de la Coop Monark est d'instaurer des cultures d'asclépiade avec des plants propres à chaque région, tout au long de la route migratoire du monarque et de bâtir des usines de transformation en cours de route. Des projets au Vermont sont d'ailleurs planifiés pour 2016. Les agriculteurs qui décident de cultiver l'asclépiade doivent être conscients que, dans leur culture, le

monarque est roi. Des chenilles vont bien évidemment faire leur apparition dans les champs et affecter la croissance des plants, mais comme le dit si bien Daniel Allard : «l'asclépiade et le papillon monarque travaillent ensemble depuis des millénaires». L'asclépiade est une plante vivace qui repousse sans difficulté, l'effet des chenilles sur la culture peut retarder la récolte, sans affecter le rendement final. Ainsi, l'implantation de culture marginale d'asclépiade pourrait permettre de rétablir les populations de monarques du Mexique, qui auraient chuté d'environ 90 % par rapport aux données de 1996.

De par ses caractéristiques exceptionnelles, l'asclépiade semble donc en voie de passer du titre de mauvaise herbe à titre de plante économiquement et écologiquement rentable. Pour François Simard, le développement du potentiel de cette plante est le plus beau projet et le plus rassembleur au Canada. Son développement permettra de créer de l'emploi tout en restant fondé sur des valeurs écologiques.

De plus, les ressources pour le faire sont disponibles, il ne reste plus qu'à oser et prendre le risque et c'est ce que des visionnaires tels que lui-même et Daniel Allard ont décidé de faire.. ●●



LE MONARQUE ET L'ASCLÉPIADE

Tous les tissus de l'asclépiade, de la racine aux graines, contiennent des composés chimiques complexes de la classe des glycosides cardiaques, appelés cardénolides. Ces stéroïdes sont des composés organiques contenant un sucre qui agit sur la force contractile du muscle cardiaque. En raison de leur potentiel de dérèglement des fonctions cardiaques, ce sont des composés considérés comme extrêmement toxiques pour plusieurs espèces animales, incluant l'homme. Cette toxicité joue un rôle important dans la défense de la plante contre les herbivores, les parasites et les agents pathogènes. Malgré cela, le papillon monarque apprécie particulièrement l'asclépiade. Les chenilles du monarque ont développé des adaptations physiologiques leur permettant de séquestrer les cardénolides. Ainsi, après avoir consommé la plante, la chenille du monarque devient elle-même toxique et se protège ainsi de ses prédateurs.



Le **SOMMEIL**, plus qu'une histoire d'un soir

**Ariane Breault, Émilie Caputo,
Geneviève Crisafi, Geneviève Fortin**

Les troubles du sommeil sont fréquents dans les sociétés modernes, où le stress peut être un facteur important. L'effet d'un manque de sommeil entraîne des conséquences importantes sur le système nerveux et endocrinien et est sans aucun doute un enjeu majeur en santé, causant de nombreux problèmes tels que l'obésité, le diabète et la dépression. L'impact réel des troubles du sommeil va bien au-delà de la fatigue chronique, et entraîne les individus qui en souffrent dans des cercles vicieux, où s'alternent les troubles du sommeil, le stress et les problèmes de santé.

CROYANCES ET MOEURS NOCTURNES

Dans la mythologie grecque, Hypnos, « dormir », frère jumeau de Thanatos, « personnification de la mort » sont deux personnages divins représentant l'état de non veille. La longue fascination pour le sommeil relève justement de cette similarité entre un état comateux ou la mort et le sommeil. Dormir était parfois perçu comme un accès au divin, un moment particulier pendant lequel des images viennent à nous dans un but spirituel bien précis. Les personnages mythiques faisant référence au sommeil sont nombreux parmi les différentes cultures, certains positifs, d'autres redoutés.

Le psychiatre suisse Carl Gustav Jung était d'avis que les rêves permettaient à l'inconscient de communiquer avec le conscient. Pour ce dernier, l'inconscient était divisé en deux, dont une part appartenant à la collectivité humaine, nous reliant par nos rêves, cet endroit mythique où les esprits se rencontrent. Ce n'est donc pas surprenant que tant de gens s'intéressent au parcours de l'esprit, au voyage astral et à l'inconscient, lui prêtant toutes sortes de pouvoirs. Ce n'est que pendant la deuxième partie du XXe siècle, avec l'arrivée de la chronobiologie, domaine d'étude sur le cycle de veille et du

mouvement rapide des yeux (REM), caractère particulier du sommeil mammalien, que les premières études scientifiques sur le sommeil ont vu le jour.



© wikispaces.com

Avant le XIXe siècle, les gens se couchaient vers 21h00, à la tombée du soleil, puis se réveillaient pendant la nuit pour vaquer à leurs occupations et se rendormaient lorsque la fatigue les regagnait. Ce moment d'éveil était d'ailleurs perçu comme très productif, par exemple pour les poètes et les intellectuels. Marine Corniou, journaliste scientifique pour le magazine Québec Sciences, affirme que le rythme naturel de repos serait un cycle fragmenté, un rythme qui aurait été respecté jusqu'à la révolution industrielle. Aujourd'hui, ces périodes d'éveil durant la nuit sont considérées comme des insomnies.

ÉCOLOGIE DU SOMMEIL

Les animaux qui prennent les bonnes décisions seront plus enclins à s'accoupler et ainsi transférer leurs gènes dans la population. Le temps de sommeil est donc crucial et fortement influencé par le temps de digestion ainsi que la profitabilité énergétique des proies ou aliments consommés. La période à laquelle la nourriture est disponible et la diète de l'animal, notamment sa position dans la chaîne trophique, dicteront son cycle éveil-sommeil pour minimiser les coûts et maximiser les bénéfices. Ainsi, de manière générale, les carnivores dorment abondamment, les omnivores un peu moins, et les herbivores très peu.



© Matt Reinbold

DIFFÉRENTES STRATÉGIES

La théorie de l'évolution de Charles Darwin a permis de comprendre pourquoi, à l'intérieur d'une population, certains traits sont favorisés dans un environnement donné. Nous savons que les mammifères, les oiseaux, quelques poissons et certains reptiles dorment, pourtant ce ne sont pas tous les organismes vivants qui ont un sommeil profond. Les espèces animales ayant les stratégies de sommeil les mieux adaptées à leur environnement et à leurs conditions de vie sont celles qui ont survécu. Par exemple, les dauphins, certains oiseaux migrateurs, comme la grive à dos olive, et possiblement les reptiles ont un sommeil unihémisphérique. Les deux hémisphères de leur cerveau se reposent par alternance, ne conservant qu'un œil ouvert, ce qui permet une vigilance constante et du repos lors de certaines activités motrices. À l'inverse, les ours et certains écureuils sont connus comme étant des espèces qui hibernent, sombrant dans un état de torpeur de plusieurs mois lors des hivers où l'accès à la nourriture est restreint et leur vulnérabilité augmentée. Cependant, ces derniers sortent tout de même de leur état de torpeur pour entrer en réel sommeil quelques fois pendant l'hiver, démontrant que peu importe la stratégie employée, le sommeil reste inévitable. Dans le royaume des insectes, les mouches à fruits ont des périodes de sommeil cycliques et sont souvent étudiées pour nous aider à comprendre le sommeil humain!

Si la sélection naturelle exerce une pression menant à la conservation des traits les plus avantageux, le sommeil doit être particulièrement important puisque l'humain y dédie en moyenne entre 6 à 8 heures consécutives par jour. Pourtant, ce trait ne semble pas

Tic Toc

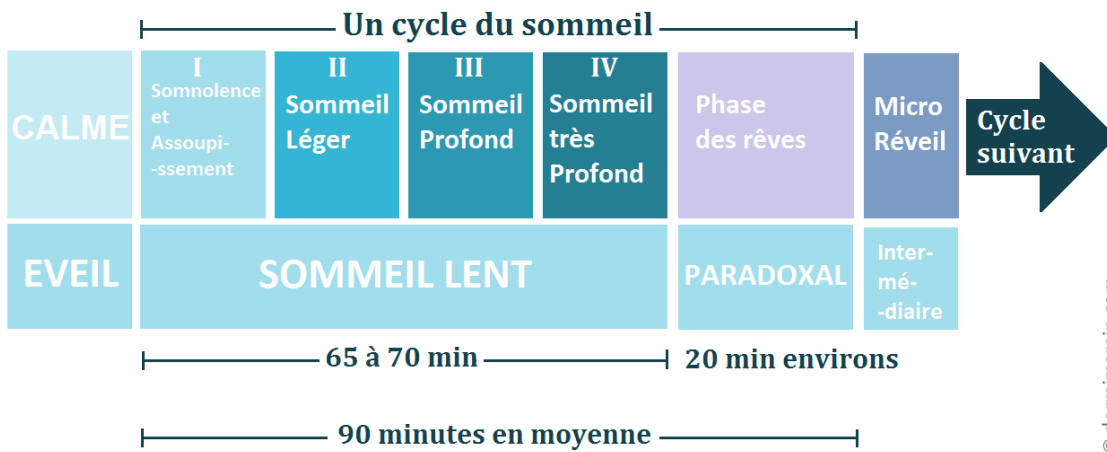
Commun à plusieurs organismes, le cycle circadien est l'« horloge » interne contrôlant les rythmes sur un cycle de 24 heures. Elle supervise des mécanismes variant en fonction du temps comme l'expression de certains gènes et protéines. C'est aussi ce qui nous permet de nous adapter aux changements environnementaux comme la température et la lumière.

Une perturbation du cycle circadien peut mener à des troubles du sommeil par exemple lors d'un décalage horaire. Un supplément en mélatonine exogène permet souvent de pallier ce problème car cette hormone régule le cycle circadien.

du tout avantageux évolutivement puisque nous nous retrouvons à notre état le plus vulnérable pour une période prolongée, en plus de devoir arrêter toutes activités de subsistance. L'humain jouit d'un confort et d'une sécurité sans précédent et ne craint pas pour sa survie le soir en éteignant les lumières, lui permettant ainsi de s'abandonner.

DANS LES BRAS DE MORPHÉE

À l'enfance, le sommeil s'accompagne de l'imaginaire : les comptines, les berceuses et les histoires. Dès l'adolescence, le scénario n'est plus le même : une modification des taux d'hormones liée à la puberté perturbe les cycles éveil-sommeil, l'horloge circadienne, et il devient difficile de dormir à des heures régulières. À l'âge adulte, dormir semble devenir une corvée à insérer dans une routine serrée. Notre sommeil, qui avait déjà été synonyme



© dormirereine.com

Lorsque nous dormons, la synthèse des acides aminés, molécules constituant les protéines, augmente dans notre cerveau. Les protéines ont un rôle important dans la signalisation cellulaire et le métabolisme hormonal. Certes, le sommeil est régulé par différentes hormones, telle la mélatonine,

de songes, de rêves et de réconfort, est maintenant une source de stress.

C'EST CYCLIQUE

Nous avons généralement besoin entre 7 et 8 heures de sommeil pour bien fonctionner. Plusieurs facteurs peuvent modifier le sommeil, dont notre génétique, notre âge et l'horaire du coucher. Une nuit normale passe par plusieurs cycles comprenant les stades I à V du sommeil lent et le sommeil paradoxal. Toutefois, la durée de chaque stade varie au cours de la nuit. Les premiers cycles ont des périodes plus longues de sommeil lent profond, alors que, lors des derniers cycles, ce sont les périodes de sommeil paradoxal qui sont plus longues. Le cycle du sommeil peut être analysé de différentes manières, mais ici, les états décrits proviennent d'observations faites sur les mouvements oculaires et par électroencéphalographie (EEG), une méthode d'exploration qui mesure l'activité électrique du cerveau. Un cycle comporte trois étapes distinctes : l'état de veille, le sommeil lent, et le sommeil paradoxal.

Lors du sommeil lent, l'activité cérébrale ralentit par rapport à l'état de veille et les mouvements musculaires sont pratiquement absents. À ce moment du sommeil, on pourrait dire que le cerveau est presque au neutre. Le sommeil paradoxal est nommé ainsi, car il se distingue des

autres étapes du sommeil : l'activité cérébrale y est élevée comme lors de l'état de veille, car c'est à ce moment que nous rêvons, consolidons notre mémoire et en éliminons les informations inutiles. Les influx nerveux déclenchant des mouvements sont initiés par le système nerveux central, mais sont automatiquement inhibés pour protéger le corps de blessures, comme nous l'a confirmé Léa Bernier-Lalonde, étudiante au doctorat en neuropsychologie à l'UQAM.

Plusieurs facteurs hormonaux, physiologiques et neurologiques nous amènent à dormir. L'alternance lumière-obscurité est un constituant majeur du cycle éveil-sommeil. La mélatonine, souvent appelée hormone du sommeil, régule les rythmes chronobiologiques. Lorsqu'il fait noir, la synthèse de mélatonine est stimulée, ce qui favorise le sommeil. Toutefois, lorsque notre corps est exposé à la lumière, la synthèse de mélatonine est inhibée, pour nous garder éveillés.

QUE SE PASSE-T-IL ?

Pourquoi dort-on? La réponse semble évidente : «On dort pour se reposer!» Les raisons qui nous poussent à dormir sont bien plus variées et complexes. Il y a plusieurs théories concernant les fonctions du sommeil, mais la raison exacte continue toutefois d'être débattue.

mais il exerce aussi un contrôle sur le système endocrinien. Les hormones cataboliques, par exemple le cortisol, sont sécrétées pendant la journée alors que notre système nerveux se trouve en mode sympathique, c'est-à-dire en état d'alerte. La nuit, nous éliminons le cortisol, sécrété en état de stress, car bien qu'il soit parfois nécessaire, son accumulation peut entraîner des conséquences métaboliques. Au contraire, les hormones de croissance tel le hGH, tout comme la majorité des hormones anaboliques, sont sécrétées pendant la nuit. C'est aussi pour cette raison que les adolescents ressentent un plus grand besoin de sommeil, puisque leur corps en croissance demande un plus grand approvisionnement en hGH.

BÂTIR OU DÉTRUIRE

Les hormones anaboliques servent de messenger chimique aux enzymes catalysant des réactions de synthèse dans un être vivant. Les hormones cataboliques déclenchent les enzymes qui dégradent diverses molécules. Dans un organisme en équilibre, il y a une balance entre anabolisme et catabolisme. Ces deux processus font partie d'un cycle de transformation des hormones.

THYMOCYTES

La différenciation des cellules immunitaires se produit dans la moelle épinière et la maturation des lymphocytes T se poursuit dans le thymus, d'où leur nom thymocyte. Une fois liés à l'antigène du non soi, ils se différencient en trois types de cellules effectrices (tueuse, régulatrice ou activatrice). Certaines deviennent des cellules mémoires qui se changeront en effectrice au prochain contact avec un même antigène, ce qui permet d'avoir un temps de réponse beaucoup plus rapide lors des infections ultérieures avec ce pathogène.

Lors du sommeil lent, il y a régénération physiologique, car le débit sanguin cérébral et le métabolisme énergétique ralentissent. Le mécanisme en cause est encore incertain, mais il a récemment été découvert qu'une hormone, l'hypocrétine, serait responsable de l'éveil et de l'activation du système sympathique. Il est donc possible que son absence lors du sommeil mène au ralentissement des systèmes qu'elle accélère. C'est une mutation au niveau du gène de l'hypocrétine qui serait responsable de la narcolepsie, une maladie du sommeil.

En octobre 2015, un article a été publié par plusieurs chercheurs, dont Jürgen Westermann de l'université de Tuebingen en Allemagne, démontrant pour la première fois l'importance du sommeil dans la reconnaissance

immunologique des pathogènes, virus et bactéries. Les cellules de notre système immunitaire, précisément les thymocytes, ont une fonction de reconnaissance des pathogènes contre lesquels elles se sont déjà défendues. Cette découverte a permis de lier le sommeil à cette fonction immunitaire, puisque la « mémoire » de ces thymocytes y est conciliée favorisant les éventuelles défenses de notre organisme et le temps de réponse immunitaire.

CONSÉQUENCES D'UN MAUVAIS SOMMEIL

LE CORPS

En 1894, fascinée par le sommeil et s'interrogeant sur les conséquences ultimes d'un manque de sommeil, Marie de Manacine, une scientifique russe, a effectué une expérience avec des chiots, désirant analyser les effets sur le cerveau. À sa grande surprise, les 10 chiots qu'elle avait sélectionnés, sont morts à la suite d'un manque de sommeil entre la 4e et la 5e journée. En 1898, Lamberto Daddi et Giulio Tarozzi ont tenté l'expérience à nouveau, arrivant aux mêmes résultats après 9 à 17 jours. Presque cent ans plus tard, dans les années 1980, Allan Rechtschaffen a privé des rats de sommeil qui sont tous morts après 11 à 32 jours, arrivant à la même conclusion : aucune cause anatomique ne pouvait

expliquer leur décès. Le manque de sommeil pouvait donc être mortel.

Qu'en est-il des conséquences physiques chez l'humain? La mort par privation de sommeil demeure improbable, puisque nous ne pouvons résister au sommeil éternellement. Pourtant, en 2012, un jeune homme chinois a défié ses instincts afin de demeurer éveillé pour éviter de manquer les parties de soccer du Championnat Européen. Ce plan de match lui aura coûté la vie au bout de 11 jours, présentant des signes d'immunosuppression, symptômes accentués par sa grande consommation de tabac et d'alcool. En 1965, Randy Gardner était devenu célèbre pour avoir survécu à la même privation de sommeil, sans toutefois en subir les conséquences sur sa santé.

Après seulement quelques jours sans dormir, le corps devient stressé : un débalancement hormonal survient, la température corporelle diminue, le système immunitaire est déficient et la métabolisation des glucides et des lipides est ralentie. Ces effets ont été observés lors de nombreuses études sur la privation du sommeil, notamment chez des prisonniers de Guantanamo Bay, forcés de demeurer debout pendant plusieurs jours.

DE L'INSOMNIE AU SYNDROME X

Le sommeil est présentement le sujet de nombreuses recherches à la suite de découvertes récentes qui semblent démontrer qu'il pourrait être un facteur environnemental important dans le mécanisme biologique du syndrome métabolique (le syndrome X). Angelo Tremblay, chercheur au département de médecine préventive et sociale de l'Université Laval, consacre ses recherches aux conséquences métaboliques que peut exercer le



SYNDROME X

Syndrome métabolique caractérisé par une combinaison d'au moins 3 facteurs de risque important pour la santé, élevant les risques d'AVC, de troubles cardiaques et de diabète.

Les facteurs les plus importants sont les suivants :

- Une pression artérielle élevée
- Une glycémie élevée
- L'obésité
- Une hypercholestérolémie

sommeil, notamment sur l'obésité. Il remarque l'étonnement des chercheurs face à l'influence positive que peut avoir le sommeil, une activité strictement sédentaire, sur l'optimisation du métabolisme.

Une étude réalisée aux États-Unis par Gangwisch, publiée dans SLEEP, a démontré que chaque heure de sommeil supplémentaire chez les adolescents pouvait réduire considérablement le risque d'hypercholestérolémie, facteur important du syndrome métabolique. Dr Tremblay a observé un phénomène semblable chez des adultes dormant 7 à 8 heures, qui présentaient un indice de tissus adipeux nettement inférieur à ceux qui dormaient de 5 à 6 heures.

Entre 1960 et 2000, aux États-Unis, le nombre de personnes dormant de 8 à 9 heures par nuit est passé de 40% à 23%, alors que pour la même période, le taux d'obésité a pratiquement doublé. Dr Tremblay attribue cette hausse du taux d'obésité à un manque de sommeil qui provoque une diminution de l'hormone leptine et une augmentation de l'hormone ghréline, respectivement attribuées à la satiété et à la stimulation de l'appétit. Ce déséquilibre hormonal induit une élévation de l'apport énergétique, phénomène amplifié par les habitudes qu'ont les insomniaques à se nourrir la nuit, faute de dormir.

Le métabolisme du cortisol, l'hormone du stress, est déséquilibré lors de mauvaises nuits de sommeil et induit un stress important au corps humain. La métabolisation des glucides est alors complètement ralentie, empêchant les cellules d'obtenir suffisamment d'énergie pour réaliser leurs activités. Le corps ressent alors un besoin d'absorber plus de glucides, entraînant un déséquilibre si important que les risques de diabète et d'obésité sont très élevés. Ces faits sont alarmants et inquiètent les chercheurs qui travaillent sur ces pathologies. Catherine Mounier, chercheuse à l'Université du Québec à Montréal, nous a expliqué que le diabète est lié à une diminution de la tolérance au

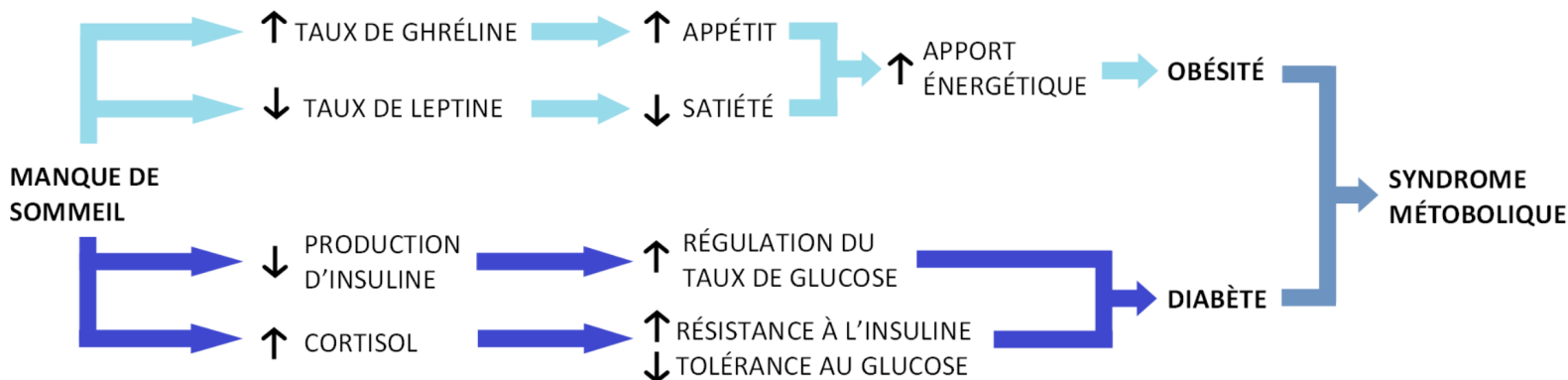
glucose, phénomène augmenté par l'obésité et qui cause une augmentation de la production d'insuline, menant à l'épuisement pancréatique, et éventuellement à un diabète de type II.

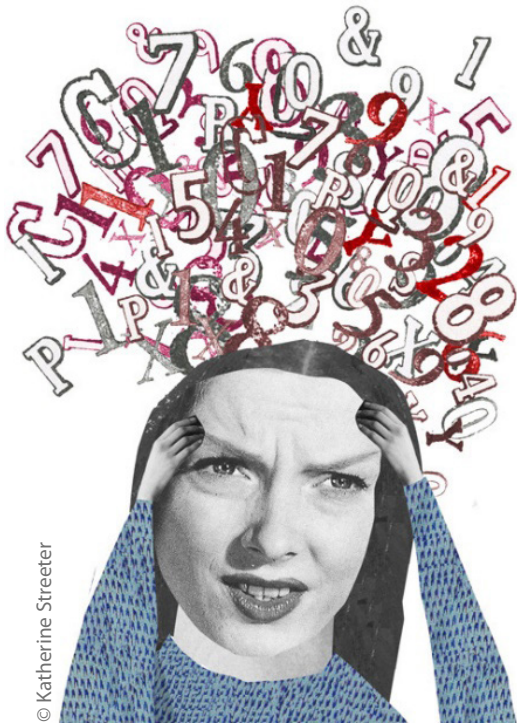
Ces conséquences mettent les troubles du sommeil sur la liste des enjeux de santé mondiale, il n'est donc pas étonnant que l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) ait augmenté ses recherches sur le sujet à travers le monde. Le lien entre une diminution des heures de sommeil, l'obésité et le diabète est effectivement inquiétant, mais Dr Tremblay est toutefois optimiste puisque de meilleures nuits de sommeil pourraient être une avenue intéressante dans le traitement comportemental de l'obésité.

LA TÊTE

Les conséquences mentales sont autant sinon plus importantes, car elles sont les premières perçues par les sujets privés de sommeil. Une détresse psychologique, induite par une fatigue extrême, a été notée chez de nombreux sujets. À la suite de sa période d'éveil prolongé, Randy Gardner avait rapporté avoir de la difficulté à se concentrer ainsi que des difficultés de perception, allant jusqu'à avoir des hallucinations. Nos fonctions motrices et cognitives sont

RELATION ENTRE UN MANQUE DE SOMMEIL, LA RÉGULATION HORMONALE & LE SYNDROME MÉTABOLIQUE





© Katherine Streeter

ralenties par un manque de sommeil, même s'il ne s'agit que d'une légère perturbation par rapport au sommeil régulier. Le niveau d'attention et de vigilance est diminué, pouvant nous mettre en danger, par exemple au volant d'une voiture. Certains chercheurs vont même jusqu'à affirmer qu'un état de privation de sommeil a le même effet qu'un état d'ébriété.

La santé mentale des insomniaques est souvent fragilisée par le manque de sommeil. Le stress induit par l'insomnie mène souvent à une forte anxiété, spécialement au moment du coucher. Le stress, l'anxiété et l'insomnie ne font pas bon ménage! Une étude mondiale menée par l'OMS en 2012 a démontré que le manque de sommeil était souvent lié au stress, peu importe sa nature, et que près de 75 % des personnes interrogées se disaient dépressives.

Une étude sur le personnel infirmier d'un hôpital d'Australie a démontré qu'un manque de sommeil modifiait le comportement et les habitudes. Le personnel avait tendance

à consommer davantage de café, d'alcool et de médicaments pour le sommeil. Ces modifications comportementales ont amené des conséquences physiques liées à la consommation de ces produits.

L'ISOLEMENT

La Fondation Sommeil, mise sur pied en 1995, rapporte que l'insomnie chronique peut mener à un retrait social et à un isolement complet dans les cas extrêmes. Cela s'explique par l'humeur dépressive, l'irritabilité et la fatigue ressenties par les insomniaques. L'isolement social augmente les symptômes dépressifs et le stress, ce qui n'aide certainement pas à réduire l'insomnie.

Les conséquences physiques, mentales et sociales d'un mauvais sommeil sont étroitement liées et il est donc impossible d'aborder le sujet d'un seul angle, mais plutôt comme un problème global. En ce sens, il peut être difficile et complexe de cerner la problématique, mais il demeure important de trouver des solutions afin d'éviter une épidémie d'insomniaques.

L'ART PERDU DU SOMMEIL

On considère qu'environ 20 % de la population adulte occidentale souffre d'un trouble du sommeil. Parmi ceux-ci, les femmes sont deux fois plus portées à en souffrir que les hommes et cette proportion semble être principalement liée à la ménopause, donc à un dérèglement hormonal.

Pourquoi une si grande proportion de la population souffre-t-elle de troubles du sommeil, alors qu'il constitue un comportement naturel et acquis, essentiel à notre vie? Serait-ce notre mode de vie contemporain qui

nous empêcherait d'avoir un cycle normal de sommeil?

En 1984, en Suisse, l'équipe de chercheurs de Barboly a démontré que des sujets placés en isolement, sans repère temporel, voient leur rythme circadien se modifier et s'ajuster à un cycle de 25 heures. Le monde moderne impose toutefois des limites à la longueur de nos journées. Nous serions donc constamment à court d'une heure, imposant à notre corps un stress physiologique important. Le sommeil fragmenté, présenté par Corniou, est un autre aspect naturel du cycle éveil-sommeil difficile à respecter dans les sociétés industrialisées.

Qu'en est-il du reste du monde? Est-ce que les troubles du sommeil sont exclusifs et conséquents à l'industrialisation? Peu de données existent sur les troubles du sommeil dans les pays en voie de développement. Toutefois, une étude basée sur 8 de ces pays d'Afrique et d'Asie a démontré que le

ALCOOL, DROGUES & SOMMEIL

Bien que l'alcool semble nous endormir, cette substance tend à fragmenter notre sommeil, crée des micro-éveils et cause généralement un réveil quelques heures après l'endormissement. Un excès d'alcool augmente aussi les risques de plusieurs troubles, tels que l'apnée du sommeil ou le syndrome des jambes sans repos. Tout comme l'alcool, beaucoup de drogues sont des excitants qui créent un faux sentiment d'éveil, pouvant occasionner l'insomnie.

taux d'insomnie est le même, soit près de 20% chez les adultes. Cette étude permet donc d'établir un lien entre le stress, peu importe son origine, et l'insomnie, démontrant qu'en dépit du continent, les causes intrinsèques sont déterminantes.

L'INSOMNIE

Bien que l'insomnie soit le trouble du sommeil le plus répandu, les premiers diagnostics sont récents. The Association of Sleep Disorders Center a initié le processus en 1979 et ce n'est qu'en 1987 que The American Psychiatric Association a établi des lignes directrices sur le diagnostic des troubles du sommeil dans le cadre de leur révision du DSM III (manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux). Selon la revue scientifique Sleep Medicine, pour que la problématique soit considérée comme de l'insomnie, il faut compter un minimum de trois nuits par semaine caractérisées par une difficulté à s'endormir et à maintenir le sommeil. Certaines études incluent la fréquence, la

sévérité des symptômes et la qualité du sommeil comme critères, se retrouvant également dans le DSM IV. Des troubles de sommeil ponctuels peuvent aussi survenir en périodes de stress, caractérisant une insomnie occasionnelle. Si le problème persiste entre une à trois semaines, il s'agit plutôt d'insomnie transitoire. L'insomnie chronique est uniquement diagnostiquée lorsque les problèmes persistent pendant plus de trois semaines.

POURQUOI JE NE DORS PAS ?

Selon une étude effectuée auprès de 6043 médecins généralistes français, l'insomnie est due, en ordre de fréquence, à un terrain anxieux, à des problèmes professionnels ou familiaux, à des problèmes de santé somatiques ou psychiatriques et à des difficultés économiques. D'autres causes primaires, infligées par l'individu lui-même, peuvent aussi intervenir, telles que l'irrégularité du cycle éveil-sommeil, une mauvaise hygiène de sommeil ou la consommation de substances comme de l'alcool, des

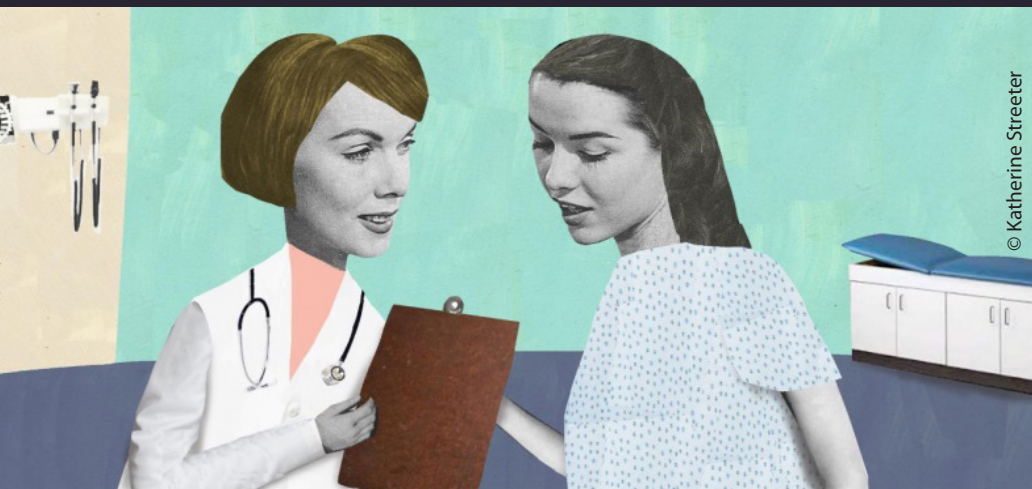
drogues ou de la caféine. Des causes secondaires comprenant plusieurs dérèglements mentaux comme la dépression, les troubles bipolaires et les troubles d'anxiété peuvent entrer en jeu. Dans 62.4% des cas, les troubles du sommeil seraient toutefois sous-jacents à d'autres problèmes, tels que des troubles intestinaux ou cardiorespiratoires, des allergies ou intolérances, l'apnée du sommeil, l'épilepsie ou les migraines.

VERS UN MEILLEUR SOMMEIL

Bien qu'il soit difficile de traiter les troubles du sommeil et que chaque situation soit unique, plusieurs solutions existent et les résultats sont encourageants! Lorsqu'il s'agit d'une insomnie secondaire, il est important de traiter le problème sous-jacent en premier lieu, réglant souvent, du même coup, le problème d'insomnie. Pour ce qui est de l'insomnie primaire, deux options sont possibles. En premier lieu, un traitement pharmacologique peut être utilisé, à l'aide d'antidépresseurs, de benzodiazépines et d'hypnotiques non benzodiazépiniques. Toutefois, dans près du deux tiers des cas, les médecins généralistes ne prescrivent pas de médication à leurs patients souffrants d'insomnie. En effet, bien qu'une médication soit souvent efficace à court terme, elle mène souvent à une tolérance, une dépendance ou même parfois à une diminution du sommeil profond. Léa Bernier-Lalonger nous a d'ailleurs expliqué que notre système nerveux central tend toujours à compenser un effet médicamenteux ayant une action sur notre cerveau. Cela fait en sorte que si la médication n'est pas assez forte ou si nous mettons fin à celle-ci, les effets que nous tentions de combattre risquent d'être encore plus prononcés qu'au départ.

À CHAQUE INSOMNIE SA SOLUTION

Les insomnies chronobiologiques sont les seules à pouvoir être traitées par ajout de mélatonine, car il s'agit d'un dérèglement des phases du sommeil et donc d'un problème physiologique. Les insomnies biochimiques, associées à des troubles de signalisation intracellulaire, peuvent être traitées par médication. L'insomnie la plus répandue est toutefois psychobiologique et est reliée à l'hygiène du sommeil. Une grande majorité des insomnies peut donc être réglée par thérapies cognitivo-comportementales.



MÉLATONINE, HORMONE DE LA NOIRCEUR

La seconde option est une thérapie cognitivo-comportementale, ce qui consiste au rétablissement du cycle de sommeil sans avoir recours aux médicaments et somnifères. Il s'agit d'une technique plus difficile, qui demande une participation active de la personne ayant des troubles de sommeil, mais les résultats sont généralement permanents et intrinsèques. Dre. Amy Bender, nous a expliqué qu'au Centre du Sommeil et de Performance Humaine de Calgary, les nouveaux patients rencontrent d'abord un médecin pour discuter de leur hygiène de sommeil. L'expert et le patient déterminent si des changements doivent être apportés et dans certains cas, on invite le patient à passer une nuit ou plus dans le laboratoire du sommeil pour découvrir les causes cachées que le patient à lui seul ne peut détecter. Entre autres, l'expert pourrait recommander une restriction du sommeil, c'est-à-dire de ne rester au lit que lorsque nous dormons, rappelant la pratique du sommeil fragmenté. Léa Bernier-Lalonger nous a mentionné à ce sujet qu'il faut à tout prix éviter d'associer le lit à l'insomnie, créant ainsi un conditionnement négatif. Après 20 à 30 minutes sans dormir, il serait alors préférable de sortir du lit et d'effectuer une activité calme, pour ensuite retourner

Une exposition à la lumière artificielle plusieurs soirs de suite crée un retard de phase dans le cycle du sommeil, décalant la sécrétion de mélatonine vers le matin. Les écrans d'appareils électroniques émettent de la lumière bleue et blanche, qui correspondent aux longueurs d'ondes inhibitrices de la mélatonine. Utiliser ce type d'appareils avant d'aller au lit enverrait donc le message au cerveau que nous sommes en plein jour. Ce dernier enverrait à son tour une fausse sensation d'éveil, contribuant à l'incapacité de s'endormir rapidement.

Ce phénomène est d'ailleurs utilisé dans l'armée américaine pour stimuler l'éveil des soldats. Des lunettes dotées de fibres optiques déchargeant des signaux lumineux sur leur rétine, leur permettent de demeurer éveillés pendant plus de 36 heures consécutives.

dormir uniquement lorsque le sommeil nous gagne à nouveau. Selon elle, il serait préférable de ne pas faire de sieste pendant le jour, peu importe notre état de fatigue. Une régularité dans les heures de sommeil serait importante pour réduire les périodes d'insomnie, c'est-à-dire l'établissement d'une routine efficace avant le coucher. Également, le contrôle par le stimulus avant le coucher semble efficace : les activités incompatibles avec le sommeil devraient être évitées, par exemple celles impliquant une lumière artificielle ou la consommation de substances excitantes.

La première étape pour combattre l'insomnie est donc d'être conscient du contrôle que nous pouvons

exercer sur notre sommeil et de cesser le sentiment de haine envers l'insomnie. Il faut à tout prix éviter les appréhensions lors de la routine avant le coucher en se disant qu'une nouvelle nuit d'insomnie nous attend, car cela apportera un stress menant inévitablement à réaliser nos craintes. Une thérapie cognitivo-comportementale doit se faire au minimum sur six semaines avant de ressentir les bénéfices. Les premières semaines sont épuisantes et il semble inconcevable d'investir autant d'efforts pour n'obtenir qu'un peu de sommeil réparateur. Dans cette période difficile rappelez-vous : *le sommeil, c'est plus qu'une histoire d'un soir.* ●●



En mémoire de...

Robert Moreau (1967-2015)

Membre associé du centre TOXEN, du regroupement BioMed et professeur titulaire au département des sciences biologique de l'UQAM.



Je suis heureuse de pouvoir rédiger quelques mots en mémoire de Robert Moreau.

Notre passage dans cet univers est éphémère et fortuit. Les gens que nous arrivons à côtoyer croisent notre chemin de manière aussi fortuite, et certains d'entre eux laissent des empreintes qui perdureront durant notre existence si courte. Robert représentait pour moi l'être le plus spécial que j'ai eu la chance de connaître à l'UQAM et au Canada. Nous partageons notre intérêt pour la science, le plaisir de travailler à la paillasse à côté de nos étudiants, et la passion de retrouver les moyens les plus simples pour transmettre les notions les plus complexes. Mon admiration pour lui était aussi reliée à son intégrité et son respect. Il est difficile pour moi de m'habituer à son départ si soudain, car le vide qu'il laisse me semble incommensurable. J'aurais souhaité avoir partagé plus de temps avec lui, et ainsi créer notre groupe de recherche en ostéoimmunologie, une idée qui piétinait dans nos têtes depuis quelques années. Notre enthousiasme était contagieux, et nous avions la certitude d'être capables de générer de la recherche originale.

Le vide qu'il laisse est évident. Je devrai m'adapter à un changement majeur dans ma vie professionnelle, en sachant que nos chemins se sont croisés fortuitement, et que certaines choses n'arrivent qu'une seule fois dans la vie.

Tatiana Scorza

Marine Diez (1991-2014)

Étudiante au baccalauréat en biologie en apprentissage par problème à l'UQAM pour la cohorte 2013



Comment décrire Marine Diez en seulement quelques mots... ?

Marine est une personne qui a marqué l'esprit des gens partout sur son passage et le Québec n'est que l'un des nombreux endroits où elle a laissé sa marque. Même si son séjour chez nous a été bref, elle s'est fait de nombreux amis et je suis honorée de pouvoir dire que j'en ai fait partie. Marine était ma première amie Universitaire et il n'est pas difficile de comprendre pourquoi. Partout où elle allait on pouvait sentir sa vivacité, son ambition et sa joie de vivre. Marine faisait partie de ces gens qui, de par leur absence, laissent un grand vide.

On m'a toujours dit que les amitiés forgées à l'Université étaient celles qui dureraient pour toute ma vie. J'ai appris, malheureusement, que ce n'était pas toujours le cas. Son départ soudain nous a tous fait réaliser que malgré notre jeune âge tout peut arriver et qu'il est important de suivre nos passions et d'apprécier pleinement chaque moment qui passe avec les gens qui nous entourent. Marine a commencé le bac avec nous et nous le terminons, en quelque sorte, avec elle à travers *Le Point Biologique*.

Stéphanie Guernon

LE BACCALAUREAT EN BIOLOGIE

Approche pédagogique novatrice qui met
l'accent sur l'étudiant et les besoins de
formation de demain

ÉCOLOGIE

BIOTECHNOLOGIE

SANTÉ

ENVIRONNEMENTALE ET
TOXICOLOGIE

Pour plus d'informations,
communiquez avec le module de
biologie

2080, rue St-Urbain, SB-R810
Téléphone : (514) 987-3654
Courriel : moduledebiologie@uqam.ca
Site web : bio.uqam.ca

Le
.Bio