

# LE POINT BIOLOGIQUE

Volume 6 : mai 2012

Présenté par les finissants et finissantes du baccalauréat  
en biologie par apprentissage par problèmes de l'UQAM



LES MÉDUSES : UNE NOUVELLE PRO «BLOOM» ATIQUE !

LES CHAMPIGNONS... MAGIQUES ?

NOUVELLE DIÈTE TECHNOLOGIQUE

LES MICROBES EN PASSE DE DÉTRÔNER LES PESTICIDES ?

BIOPROSPECTION MARINE : CHASSE AU TRÉSOR DU XXI<sup>E</sup> SIÈCLE !



# LE POINT BIOLOGIQUE

Édité par le regroupement des étudiants-es en biologie  
de l'Université du Québec à Montréal (RÉÉBUQAM)  
141 Président-Kennedy, local SB-R231  
Téléphone : 514-987-3000 poste 4152  
Courriel : reebuqam@gmail.com

## Éditeur et rédacteur en chef :

Michaël Bonin

## Rédacteurs-rices en chef adjoints-es :

Rémi Labelle, Claude Marchand et Marine Regnier

## Coordonatrice :

Claude Marchand

## Rédacteurs :

Francis Allaire, Michaël Bonin, Karina Charest-Castro, Dimitri Dagher, Ahmed Fassi Fihri, David Godin, Christine Hill, Bojidar Hristozov, Rémi Labelle, Justine Lacombe Bergeron, Axelle Marchand, Claude Marchand, Marie-Agnès McAllum, Steve Nadon, Laurie-Anne Ouellet, Sarah Picard, Nemat Radwan Al dana, Marine Regnier, Sabri Rial Ahmed et Vanessa Salcedo Galindo

## Encadrement professoral :

Catherine Mounier et Pedro Peres-Nato

## Comité de sélection des articles :

Kamille Bareil-Prenteau, Simon Bédard, Danielle Boucher, Cynthia D. Franci, Josée Dumas-Campagna, Frédérick Foley, Yann Gauthier, Marie-Ève Gagnon, François Martin, Robert Moreau, Nicolas Morrissette, Pascale Nycz, Sylvie Patureau, Émilie Rivest, Michelle Simard et William Vickery

## Correctrice :

Axelle Marchand

## Graphisme et mise en page :

Olivier LeBlanc Lussier  
[www.olivierleblanclussier.com](http://www.olivierleblanclussier.com)

## Responsable design :

Laurie-Anne Ouellet

## Responsable du lancement :

Caroline Lafleur et Samuel Richard

## Impression :

Repro-UQÀM

Le comité tient à remercier pour son aide précieuse au projet :

Diane Careau

ISSN : 1913-2697

Les textes publiés dans cette revue peuvent être reproduits, copiés, distribués ou modifiés en autant que l'on fasse mention de la source. Par contre les images ne peuvent être reproduites ou redistribuées.  
*Copyleft Mai 2012*

Pour rejoindre l'équipe de la revue, prière d'écrire au rédacteur en chef de l'année en cours :  
[micbonin@hotmail.com](mailto:micbonin@hotmail.com)

Cette revue est également disponible en version électronique : [www.aroy.net/pointbiologique/2012](http://www.aroy.net/pointbiologique/2012)

*Crédit couverture :*  
Méduse : (365kate.files.wordpress.com)  
Champignon : (tellurideinside.com)  
Diète : (wallpapers-hq.ru)  
Microbes : (images.wikia.com)  
Bioprospection : National Geographic

# MOT DE L'ÉDITEUR

Solidarité, goût de se dépasser et engagement futur sont des termes qui décrivent bien le contexte très particulier dans lequel s'inscrit cette 6<sup>e</sup> édition du Point Biologique. Solidarité, puisqu'en cette période de questionnement et de grève générale illimitée à l'UQAM, c'est grâce à la ténacité et à la solidarité des membres du comité et des étudiants-es du baccalauréat en biologie que les articles, que nous sommes heureux de vous présenter, ont pu être réalisés à temps. Ensuite, le goût de se dépasser, car c'est grâce à un travail acharné que chacune des équipes de rédaction à surpasser ses attentes et a produit un article sur un sujet original qui leur tenaient à cœur de partager. Finalement, engagement futur, puisque la publication de cette édition, même dans cette période mouvementée, montre bien que ce projet fait la fierté des étudiants-es en biologie et est là pour durer. Pour terminer, je tiens à remercier chaque personne ayant permis à la revue de revoir le jour pour une année de plus.

Bonne lecture!

*Michaël Bonin, Éditeur*



Michaël Bonin, Caroline Lafleur, Laurie-Anne Ouellet, Rémi Labelle, Samuel Richard, Claude Marchand, Axelle Marchand, Marine Regnier

# SOMMAIRE

## Les méduses une nouvelle pro « bloom » atique!

Les méduses ont mauvaise réputation : Elles nous intriguent et nous répugnent en même temps. Mais que sont vraiment ces organismes gélatineux ? Leur présence accrue dans les océans et mers du monde commencent à préoccuper les scientifiques et les pêcheurs, mais que se passe-t-il ? À qui la faute ? Préparez-vous à l'ère des méduses !

5



## Les champignons... magiques!

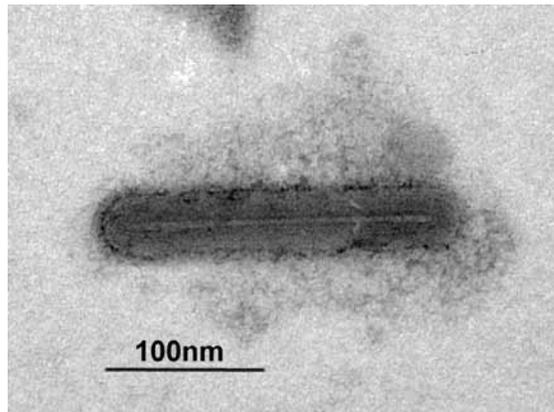
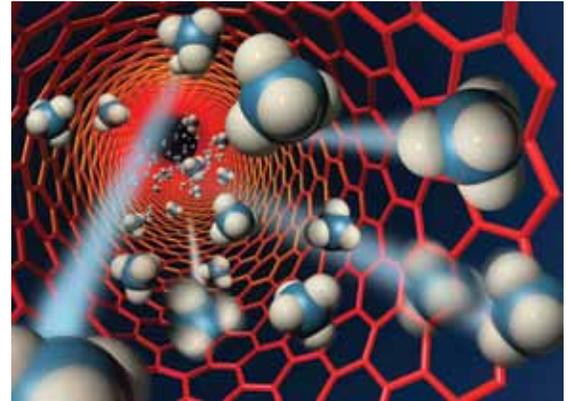
Les champignons font le délice des gourmets, mais qu'en est-il de leurs propriétés médicinales et chimiques ? Peuvent-ils être utiles ? Souvent considérés comme des nuisances, les champignons seraient plutôt les héros de demain !

9

## Une diète technologique

Savons-nous vraiment ce que nous mangeons ? Assis devant notre « assiette laboratoire » serions-nous à nouveau les cobayes de l'industrie alimentaire ? Un aperçu « nano » d'un phénomène aux répercussions gigantesques !

13



## Les microbes en passe de détrôner les pesticides!

Les microorganismes nous rendent de multiples services dans la vie de tous les jours... Ne pourraient-ils pas être aussi utiles à l'homme dans un domaine où c'est l'industrie chimique qui mène le bal ? Bienvenu dans la révolution microbienne du secteur agricole ! Ennemis ou Amis ?

16

## Bioprospection marine: nouvelle chasse au trésor du XXI<sup>e</sup> siècle!

L'homme a toujours été attiré par l'océan. La multitude d'organismes qu'il renferme pourrait également cacher des secrets aux possibilités infinies ! Qu'en ferons-nous ? Révolution ou gaspillage ?

20



Méduse : (sky-wallpaper.com)  
Champignon : (wsl.ch)  
Diète : (dujs.dartmouth.edu)  
Microbes : (www.mardre.com)  
Bioprospection : (wikipedia.org)

# LES MÉDUSES : UNE NOUVELLE PRO «BLOOM»ATIQUE !

Michaël Bonin  
Karina Charest Castro  
Rémi Labelle  
Bojidar Hristozov

Au cours des 100 dernières années, les pêcheurs et les chercheurs ont observé un nouveau phénomène dans les eaux du monde : une augmentation inquiétante

des blooms de méduses. Bien que ces blooms soient un phénomène connu, l'augmentation récente de leur nombre laisse croire que quelque chose a changé et que les écosystèmes marins aussi bien que les hommes en payeront le prix.

Depuis toujours, l'océan a captivé l'imaginaire de l'homme. C'est un monde complexe, coloré et peuplé d'une multitude d'organismes tous plus fascinants les uns que les autres. Perçu comme un garde-manger, l'humanité l'utilise depuis longtemps pour s'alimenter. Par contre, depuis près d'un siècle, l'océan se transforme radicalement. Et maintenant... Préparez-vous à l'ère des méduses !



(www.publicdomainpictures.net)

## Abracada « bloom » !

Un bloom est une augmentation soudaine du nombre d'individus d'une même espèce, ayant lieu sur une courte période de temps. Ce phénomène est souvent attribuable à une modification du milieu. Les scientifiques s'entendent pour dire que plusieurs causes en sont responsables.

## Une question de sexe...

Composée d'une ombrelle de tissus gélatineux appelé mésoglée et formée à 97 % d'eau, la méduse peut avoir deux formes. La forme libre « méduse » obtenue soit par reproduction sexuée suite à l'association d'un gamète mâle et femelle ou asexuée à partir d'un polype. Ayant une grande diversité de taille, la forme libre peut mesurer de quelques centimètres de diamètre à plus d'un mètre. La forme fixée, le polype, ressemble à un arbre attaché au fond. Un polype peut former des colonies par fission, bourgeonnement ou coupure du pied (méthodes de division asexuée). L'avantage de ces deux formes est qu'elles permettent aux méduses d'accroître leur nombre rapidement. Les travaux du professeur Jennifer E. Pur-

cell, experte en écologie aquatique au *Shannon Point Marine Center*, ont montré que cette caractéristique est un atout augmentant le potentiel d'accroissement démographique des méduses. Toutefois, bien que cet aspect puisse expliquer la présence naturelle de blooms chez les méduses, il peut difficilement à lui seul expliquer l'augmentation anormale des blooms observée

## Taxonomie des méduses

- Apparues il y a 700 millions d'années
- Premiers métazoaires [organismes multicellulaires]
- Appartient au phylum des Cnidaires contenant environ 9000 espèces, exemples : anémones de mers, coraux et méduses
- 4 classes principales : Hydrozoaires, Cubozoaires, Scyphozoaires et Anthozoaires

lors du siècle dernier.

## Seules au buffet !

Les méduses sont de voraces consommateurs et sont en compétition avec plusieurs espèces de poissons pour l'accès au zooplancton (petits crustacés flottants), ce qui limite leurs blooms. Une autre cause soutenue notamment par Jennifer E. Purcell et Daniel Pauly, professeur au *Fisheries Center* de l'Université de Colombie Britannique, est le retrait des grands poissons suite à l'industrialisation de la pêche commerciale au XX<sup>e</sup> siècle, ce qui continu encore

aujourd'hui de bouleverser la structure de la chaîne alimentaire. L'hypothèse amenée par les chercheurs est que les méduses auraient pu tirer profit de cette réduction de compétition pour le zooplancton, étant davantage de grands prédateurs carnivores que des proies. En effet, elles ne sont consommées que par très peu d'espèces, dont le poisson-lune et la tortue luth. Les méduses se déplacent au gré des courants ou en propulsant des jets d'eau par contraction et relaxation des muscles de l'ombrelle afin de capturer le zooplancton et les petits poissons. Dépourvu de cerveau, elles ont plutôt un réseau nerveux diffus, incluant un système de conduction rapide coordonnant la nage et un système de conduction lent contrôlant les tentacules. Elles possèdent aussi des organes sensibles dont les ocelles pour la détection de la lumière et les statocystes pour celle de la gravité. Ainsi, les perturbations sur la structure des communautés aquatiques entraînées par la surpêche nuisent au rétablissement des espèces exploitées, mais favorisent l'expansion des blooms de méduses.

## Méduses en milieu urbain

Les constructions humaines (installations portuaires, plateformes pétrolières, etc.) près des zones littorales et côtières constituent une autre cause menant aux blooms de méduses. En réduisant leur risque d'être transportés par les courants, ces structures offrent des surfaces propices à l'ancrage des polypes. Par exemple, les structures solides en aquaculture offrent des substrats durs idéaux. Faisant preuve d'une grande capacité d'adaptation, les méduses peuvent vivre sous une large gamme de conditions environnementales. Elles occupent principalement



L'impact de la pêche sur la chaîne alimentaire marine. (Inspiré du travail de Daniel Pauly. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

des habitats marins et océaniques bien que certaines soient communes en eaux douces, ce qui les rapproche de nos constructions.

Selon Tim Essington, professeur associé à *School of Aquatic and Fishery Sciences* à l'université de Washington, la surpêche ne semble pas être la seule cause

de l'expansion démographique des méduses, l'eutrophisation y serait également pour quelque chose. En effet, l'eutrophisation est un problème majeur des milieux aquatiques alimentés par des affluents côtoyant des zones agricoles et urbaines. Ce phénomène est causé par un apport excessif en nutriments, éléments essentiels pour les producteurs primaires (phytoplancton, petites algues microscopiques), ce qui mène alors à l'augmentation de leur biomasse. Comme le zooplancton consomme les producteurs primaires, leur nombre augmente aussi. Face à cet immense buffet flottant, les polypes et les méduses se retrouvent avec des conditions favorables, avançant leur méthode de reproduction asexuée. Les zones eutrophisées sont caractérisées par des taux très faibles en oxygène dissout et des concentrations de CO<sub>2</sub> élevées. Ces conditions anoxiques (sans oxygène) désavantagent la majorité des espèces de poissons, mais les méduses y sont résistantes et peuvent y survivre. Par exemple, à Mar Menor en Espagne, deux espèces de méduses (*Cyrtorhiza tuberculata* et *Rhizostoma pulmo*) forment des blooms depuis 1993 en raison des rejets agricoles et urbains.

## Il fait chaud, polypons !

L'augmentation de la température des océans ressentie au cours des dernières décennies, dû aux changements climatiques globaux, pourrait également expliquer la multiplication des blooms. Phénomène de plus en plus reconnu, le réchauffement de l'eau aurait pour incidence de favoriser la production primaire et donc indirectement, d'augmenter les res-



Plongeur nageant avec une méduse géante (Nemopilema Nomurai)

La plus grande méduse découverte a une ombrelle mesurant 2 m de diamètre et ses tentacules peuvent se dilater pour atteindre 40 m

(energianucleare.files.wordpress.com)

sources alimentaires disponibles (zooplancton et larves de poissons) pour les méduses. Ayant normalement une croissance limitée due à la compétition entre elles et avec d'autres espèces pour la nourriture, les méduses, face à l'accroissement de ressources alimentaires, seraient plus aptes à se reproduire. De plus, les polypes requièrent un changement de température pour passer en phase reproductive asexuée, ce qui contribue aussi à l'explosion démographique des méduses. Dans la mer de Béring, en 1990, on a observé une augmentation importante du nombre d'espèce de méduse (*Chrysaora melanaster*), conséquence suspectée du réchauffement climatique.

Tout porte donc à croire qu'en plus d'une propension naturelle des méduses à former des blooms, l'homme jouerait un important rôle au sein de ce phénomène.



Médusés échouées sur une plage. (oceanbeachbulletin.com)

## Bloom ! Bloom ! Bloom ! Beaucoup de pro « blooms »

Bien que l'origine du problème des blooms de méduses ne soit pas encore précisément identifiée, plusieurs problèmes en découlent et sont déjà bien observables.

### Court-circuit dans le carbone alimentaire

Le phytoplancton transforme les minéraux et nutriments inorganiques en composés organiques, qui peuvent alors être assimilés par les animaux. Le zooplancton, en s'alimentant du phytoplancton, rend alors les minéraux et nutriments transformés disponibles aux niveaux supérieurs de la chaîne alimentaire. C'est alors qu'un court-circuit survient : les méduses, consommant une

« Un apport aussi important en polysaccharides venant des méduses ne peut être digéré que par certains microorganismes. Cela fait en sorte de favoriser certaines bactéries au détriment d'autres, ce qui peut transformer radicalement la composition bactérienne des fonds marins. »

– Paul del Giorgio –



Méduse Chrysaora Melanaster. (www.blog.thesietch.org)



### Saviez-vous que...

Le nom « méduse » a été donné par le naturaliste Suédois Carl von Linné au milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle car ses tentacules lui ont fait penser aux cheveux de Méduse, l'une des trois gorgones de la mythologie grecque.

Méduse de l'artiste Michelangelo Merisi da Caravaggio (1595-1596).  
(www.wikipedia.org)

énorme quantité de zooplancton, les retirent pour les autres niveaux. Par ailleurs, elles ne conservent pas la majorité des nutriments parce qu'elles n'ont principalement besoin que de carbone. Ce carbone servira à élaborer des polysaccharides (un sucre à plusieurs atomes de carbone), unité de base de leur structure. Le reste des éléments nutritifs dont elles n'ont pas besoin est tout simplement rejeté et fini par choir au fond de l'eau. De plus, ayant peu de prédateurs connus, les nutriments qu'elles ont absorbés ne retrouveront jamais le chemin de la chaîne alimentaire. Ainsi, une bonne partie de l'approvisionnement en carbone, nutriments et minéraux est retirée, ne pouvant plus être profitable aux autres animaux.

Selon Paul del Giorgio, spécialiste des écosystèmes aquatiques et professeur à l'université du Québec à Montréal, le problème est plus grand que l'on ne le pense : « lorsque la méduse renouvelle sa structure ou qu'elle meurt, des polysaccharides sont relâchés en grande quantité dans l'environnement. Lorsque qu'une seule méduse est en cause, il y a peu de conséquences, mais dans le cas des blooms, cela peut être très préoccupant ».

Le fond océanique est tapissé de milliards de microorganismes qui effectuent des tâches très importantes, comme le recyclage de la matière organique. « Ce nouvel arrivage de polysaccharides favorise la croissance et la multiplication des bactéries pour pouvoir les décomposer en matières inorganiques. Hors, pour remplir leurs tâches, les bactéries consomment beaucoup d'oxygène. Le milieu devient alors peu à peu anoxique et de grandes quantités de CO<sub>2</sub> sont alors émises, menaçant les espèces qui ont besoin d'oxygène pour vivre, ce qui est le cas de la totalité des poissons ».

Finalement, monsieur del Giorgio prône un élargissement des recherches sur les conséquences plus indirectes qu'auraient les blooms sur l'écosystème : « Les méduses pourraient moduler à la hausse ou à la baisse la production primaire en entraînant de la compétition entre les bactéries. Également, la création de conditions anoxiques dans le fond océanique pourrait influencer le métabolisme des organismes y vivant ».

### Des plages brûlantes

De tous les maux reprochés aux méduses, le plus connu est la brûlure qu'elles provoquent sur la peau lorsque touchées. Aussi, les blooms de méduses venimeuses à travers le monde inquiètent de plus en plus l'industrie internationale du tourisme. Les blooms menacent la viabilité de plages et d'estuaires peuplés de vacanciers à longueur d'année. D'ailleurs, le Québec et le fleuve Saint-Laurent n'échappent pas à ce fléau grandissant. C'est notamment le cas de la méduse *Cyanea capillata*, sur les plages de la Côte Nord. Selon le Guide des méduses des eaux Canadiennes de l'Atlantique, celle-ci serait une des plus dangereuses de la région.

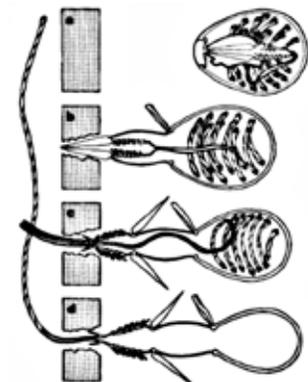
De nombreuses particularités physiologiques subsistent au niveau des nématocystes (cellules très spécialisées contenant le venin), mais bien que pouvant différer, ils ont tous le même fonctionnement. Lorsque la méduse frôle sa proie ou un baigneur, le cnidocil, cil sensible au touché se retrouvant sur l'épiderme, active le nématocyste auquel il est rattaché en faisant augmenter la pression osmotique à l'intérieur de ce dernier. La force engendrée par cette entrée d'eau se combine à celle déjà préexistante, générant une pression immense qui frise les 140 atmosphères, l'équivalent d'environ 79 fois celle d'un pneu automobile ! Sous cette immense force, l'opercule, sorte de couvercle sur le nématocyste, s'ouvre brusquement. À partir de cet instant, tout se passe très vite : les organes à



(4.bp.blogspot.com)

l'intérieur du nématocyste pivotent pour laisser saillir une extrémité pointue et rigide qui pénètre dans la peau tandis que de petits barbules se délient pour mieux ancrer le nématocyste dans la proie. Alors en contact avec les vaisseaux sanguins, l'extrémité du nématocyste s'ouvre, laissant jaillir un mince filament qui se déploie. Ce filament est relié à des vésicules spécialisées chargées de produire une substance toxique, le venin, qui se déverse alors dans la circulation sanguine de la proie.

Le venin des méduses varie beaucoup d'une espèce à l'autre. Ses effets sont donc également très différents. Alors que certains venins provoquent des brûlures superficielles, d'autres peuvent causer de sérieux dommages aux tissus. Cependant, il existe des composants communs à tous les venins. Beaucoup d'entre eux sont des protéines qui ont un rôle toxique au niveau de l'homéostasie de l'organisme, c'est-à-dire qu'elles perturbent l'équilibre entre les besoins du corps et les mécanismes pour les satisfaire. Parmi elles, il y a les catécholamines qui modifient dramatiquement l'activité du système nerveux, les histamines, impliquées dans le déclenchement des réactions allergiques et les sérotonines ayant un rôle important dans



Fonctionnement des nématocystes.  
(Tardent et Holstein, 1984)

la diffusion de la douleur et du contrôle des articulations. C'est toutefois aux enzymes que l'on attribue les effets les plus toxiques et les plus visibles. Les enzymes cytolitiques, présentes en grand nombre dans le venin, endommagent la paroi des cellules et entraînent leur destruction, alors que les enzymes hémolytiques, plus spécialisées, percent la paroi des globules rouges. La destruction des cellules et le déversement de leur contenu dans le corps engendrent de l'inflammation, la sensation de brûlure, l'apparition de rougeurs et finalement l'enflure, tout ceci créant les principaux effets ressentis suite au contact physique d'une méduse. D'autres enzymes toutes aussi délétères mais moins apparentes sont aussi à l'œuvre. Par exemple, on retrouve des protéases qui

Malgré ce que l'on croit, ce ne sont pas toutes les méduses qui sont néfastes pour l'homme

de 70 millions de dollars par année. Aussi, de plus en plus de filets de pêcheurs ne se remplissent plus de poissons mais plutôt de méduses, tel qu'observé au Japon. Et ce n'est que le commencement. L'économie côtière pâtira beaucoup de ce phénomène si elle ne met pas en branle des mesures efficaces pour endiguer le problème. La situation est telle que si sa progression n'est pas freinée, il ne sera bientôt plus possible de l'arrêter.

## Vers une ère gélatineuse ?

Les méduses sont-elles en train de conquérir l'univers aquatique ? Bien qu'il n'y ait pas de consensus parmi les experts, l'homme semble être en bonne partie responsable de l'augmentation des blooms de méduses à travers le monde. Trop tôt pour affirmer quoi que ce soit, ce nouveau fléau, allant bien au-delà des connaissances scientifiques, nous semble encore un mystère.

Pour pallier à ce manque de connaissances sur les blooms, plusieurs programmes de suivi des méduses ont vu le jour à travers le monde, comme par exemple celui de « JellyWatch » dans la région de la Méditerranée. La gestion et la prévention des blooms de méduses requièrent la mise en place d'actions variées comme le nettoyage des structures riveraines dans la Méditerranée afin de limiter l'ancrage des polypes, la réduction des activités de pêche commerciale dans la mer Noire et la valorisation de la consommation des méduses comme c'est le cas au Japon.

Mais quand serons-nous prêts à changer notre mode de vie pour inclure de la méduse dans nos salades ? 🍷



endommagent la structure de protéines participant au maintien des fonctions cellulaires et des phospholipases, qui viennent modifier la dynamique des phospholipides, principaux composants des parois cellulaires. Comme si tout cela n'était pas suffisant, le venin contient aussi des acides aminés, des peptides et d'autres composants susceptibles de perturber davantage les activités des cellules. Et tout cela par le biais d'un simple frôlement !

Ainsi, les organismes de la faune océanique ont aussi de quoi s'inquiéter, puisque le venin est, pour la plupart d'entre eux, mortel. La forte toxicité du venin de plusieurs méduses leur permet de chasser des proies plus grosses et plus évoluées qu'elles avec une grande efficacité. Cela constitue un autre aspect dévastateur des blooms de méduses : lorsqu'elles sont venimeuses, elles tuent presque tout sur leur passage. Les stocks de poissons étant déjà bien amoindris par la pêche, imaginez ce qui en restera après le passage de ces blooms !

## Un garde-manger plein de méduses

Les blooms entraînent des coûts importants pour l'industrie de la pêche, notamment en Asie, où le marché des produits de la mer est florissant. Par exemple, à l'est de la mer de Chine, la pêche de *Pseudosciaena polyactis*, un poisson très convoité pour sa chair, a chuté de 20 % en automne 2003 suite à un bloom de la méduse *Nemopilema nomurai*. Les pertes pour l'industrie ont été chiffrées aux alentours



# DES CHAMPIGNONS... MAGIQUES ?

Les champignons pour résoudre des problèmes environnementaux et de santé humaine

Laurie-Anne Ouellet  
Christine Hill,  
Steve Nadon  
Dimitri Dagher

Un collègue nous proposa un jour de visionner une conférence de l'organisation TED qui rassemble plusieurs scientifiques visionnaires dans leurs domaines. Parmi

eux, un conférencier prétend détenir rien de moins que la solution pour sauver le monde! Paul Stamets, célèbre mycologue, est convaincu que les champignons constituent la solution à de nombreux enjeux globaux et présente sa vision des 6 façons de sauver notre planète grâce aux champignons. Sa présentation reflète bien la trentaine d'années qu'il a dédiée à la recherche sur la biologie des champignons. Son engouement, sa conviction, et le poids de ses arguments sont si convaincants que notre équipe a voulu se lancer sur la piste de ces organismes pour le moins particuliers. Sont-ils réellement des super-héros planétaires ?

## Des champignons pour sauver le monde

Ce n'est plus un secret pour personne, la pollution causée par l'activité humaine a des répercussions néfastes sur l'environnement. En plus de dégrader le milieu naturel, la présence de composés toxiques issus d'une multitude de produits de consommation est associée à des problèmes de santé humaine tels que les cancers. La situation est alarmante: il faut que ça change et vite! Partout dans le monde, de nombreuses équipes de recherche travaillent actuellement à trouver des solutions pour dépolluer les milieux contaminés et des stratégies pour une meilleure gestion des rejets domestiques et industriels. D'autres chercheurs se penchent sur les cures contre le cancer et autres maladies. Paul Stamets est convaincu que les champignons constituent la solution à ces nombreux enjeux mondiaux grâce à leur capacité à dégrader des composés complexes, ainsi que la présence de molécules thérapeutiques chez certaines espèces. Ne sachant où débiter notre enquête, nous nous tournons vers notre professeur de biologie végétale et conservateur de la collection de champignons du Jardin Botanique de Montréal, M. Raymond Archambault. «Mais c'est un sujet passionnant que vous abordez», nous dit-il avec un grand sourire.

## Un règne à part

Il nous explique alors que les champignons ne sont pas des végétaux comme on serait porté à le croire. La principale caractéristique qui distingue les champignons des végétaux est qu'ils ne peuvent utiliser l'énergie solaire pour leur croissance, car ils ne possèdent pas de chlorophylle. Les champignons sont hété-

rotrophes, c'est à dire qu'ils puisent la source d'énergie indispensable à leur croissance à partir d'éléments extérieurs, comme par exemple la litière forestière ou les carcasses d'animaux. Ils sont donc de véritables usines à recyclage. Sans leur présence, la terre serait recouverte de kilomètres de déchets organiques.

### Mycélium: Mohamed Hijri

«Plus de 80% des végétaux forment des mycorhizes. Cette association mutualiste joue un rôle majeur dans l'adaptation des plantes à leur environnement et améliore grandement leur croissance.»



Le Professeur Mohamed Hijri de l'Université de Montréal échantillonnant des champignons dans une forêt de la région de Montréal.



(wjez.com)

## Le mycélium, un réseau internet naturel

Saviez-vous que notre planète possède son propre réseau internet naturel, juste sous nos pieds? Le mycélium des champignons est semblable aux racines des plantes et formé d'un agglomérat de structures filamenteuses appelées hyphes qui sont en fait les cellules des champignons. Le mycélium s'organise en un réseau interconnecté pouvant couvrir de grandes distances. D'ailleurs, le plus grand organisme vivant au monde est un mycélium d'Armillaire d'Ostoya vieux de 2200 ans et mesurant près de 10 km<sup>2</sup>. Les réseaux de mycélium s'entremêlent avec les racines des autres végétaux et participent au transport de l'eau, des nutriments et d'autres molécules pouvant modifier la composition chimique des sols, comme son acidité (pH). En fait, certains champignons ne peuvent exister qu'en étant associés aux racines de végétaux, phénomène appelé la mycorhization. À croire que la vision d'une planète vivante, telle que présentée dans le film «Avatar», n'est pas si éloignée de la réalité.

«Le réseau de mycélium des champignons mycorrhiziens s'étend loin au-delà des racines de la plante hôte et augmente la surface d'absorption d'eau et des nutriments de plus de 8 fois» nous explique Ivan De la Providencia, assistant de recherche à l'Institut de Recherche



(en.wikipedia.org)



(farm3.static.flickr.com/)



Mycérial Earth



(champignonscomestibles.com)



Paul Stamets et un champignon de 60 ans  
(blog.mycology.cornell.edu)

en Biologie Végétale de l'Université de Montréal. Les champignons dégradent les composés carbonés du sol, les rendant alors plus accessibles aux végétaux. Le phosphore et l'azote sont de bons exemples d'éléments indispensables à la croissance végétale qui sont apportés par les mycorhizes. En échange, les végétaux fournissent aux champignons les éléments dont ils ont besoin comme de l'eau et de l'oxygène. Il s'installe alors une symbiose essentielle à la survie du champignon, permettant une meilleure croissance de la plante ainsi qu'une meilleure adaptation de celle-ci à son environnement. Grâce à cette relation symbiotique, les champignons sont en quelque sorte les filtres de la planète.

### Un potentiel décomposeur sans pareil

Les champignons à moisissure blanche sont les seuls organismes à pouvoir dégrader efficacement des composés complexes comme la lignine, présente dans le bois des végétaux, et la cellulose présente

### La mycoremédiation : Sites de Varennes

Mohamed Hijri Professeur en génomique environnementale et évolution des champignons mycorhiziens à arbus-



Université de Montréal ©

Le Professeur Mohamed Hijri codirige actuellement un projet innovateur en bioremédiation. Avec son équipe, il a mis au point de véritables unités biologiques de décontamination. Le principe repose sur le fait que des relations sont formées entre les champignons et les plantes ainsi que des bactéries du sol. Des saules sont plantées sur un site extrêmement pollué aux hydrocarbures. Leurs racines sont ensemencées avec des champignons mycorhiziens et des bactéries qui vont dégrader les polluants et aider la plante à les assimiler.

dans les plantes. Ces divers composés difficilement dégradables, sont présents en grande quantité dans les déchets d'industries employant les végétaux, comme par exemple les industries agricoles et de pâtes et papier. Ils deviennent alors en s'accumulant des polluants importants au niveau planétaire. Leur dégradation est possible grâce à l'action des diverses enzymes que les champignons à moisissure blanche sécrètent. Une équipe de recherche en Inde utilise présentement un type de pleurote afin de dégrader plus efficacement les déchets de la culture du riz. Un autre groupe de l'Institut de Technologie et de Bio-ingénierie de Baotou en Chine étudie la possibilité d'utiliser ces champignons pour le traitement de la boue noire, résidu de la production de la pulpe qui forme le papier. Ce n'est pas tout. Comme la lignine et les composés cellulosiques sont riches en énergie, il serait possible d'employer le champignon afin d'extraire plus efficacement les sucres présents dans les végétaux. Ensuite, ces sucres peuvent servir pour la production de bioéthanol, une source d'énergie renouvelable et peu dispendieuse.

### La Mycoremédiation, une solution écologique

C'est grâce à la capacité des champignons à sécréter des enzymes qui dégradent des molécules complexes que Paul Stamets pense qu'ils sont des candidats idéaux pour la bioremédiation, c'est-à-dire l'utilisation d'organismes vivants pour la décontamination des milieux pollués. Ces enzymes ont la capacité de dégrader des polluants persistants dans l'environnement, comme les pesticides, les huiles



(dragonchinacontact.com)

de transformateurs électriques (BPC), les hydrocarbures, les explosifs comme le TNT, ainsi que plusieurs substances toxiques. D'ailleurs, de nombreuses expériences ont démontré leur efficacité à dégrader des composés toxiques en les transformant en une forme non-toxique. Par exemple, des champignons cultivés autour d'une ferme formeraient ainsi une barrière fongique permettant de filtrer l'eau de ruissellement chargée de pathogènes dont la bactérie *E. coli*, responsable de beaucoup de maladies gastro-intestinales chez les humains. L'implantation de champignons dans les zones de ruissellement des pays en voie de développement et ne possédant pas de système d'assainissement des eaux usées serait une option écologique et peu coûteuse qui permettrait de diminuer la propagation de certaines maladies. Par contre, bien que prometteuses, ces techniques sont toujours à l'état expérimental et ne sont pas encore au point.

### Des champignons comme pesticides naturels

Paul Stamets eut un jour un problème de vermines à son domicile. Quelle belle occasion pour tester ses théories sur les pouvoirs insecticides des champignons! Le cordyceps est un champignon entomophage, c'est-à-dire qu'il se nourrit d'insectes. Normalement, les fourmis le détectent et l'évitent comme la peste à cause de ses spores, voie de reproduction et de propagation des champignons. Paul réussit à contourner ce problème. Il isola et propagea une souche ne produisant pas de spores. Les fourmis, attirées par l'odeur du mycélium s'en nourrissent et le transportent dans le nid royal. Celui-ci est ensuite offert à la reine qui s'en régale. C'est alors que le champignon croît à l'intérieur des fourmis. Des carpophores (organes produisant les spores) émergent par les interstices de la carapace des insectes neutralisant ainsi la colonie!



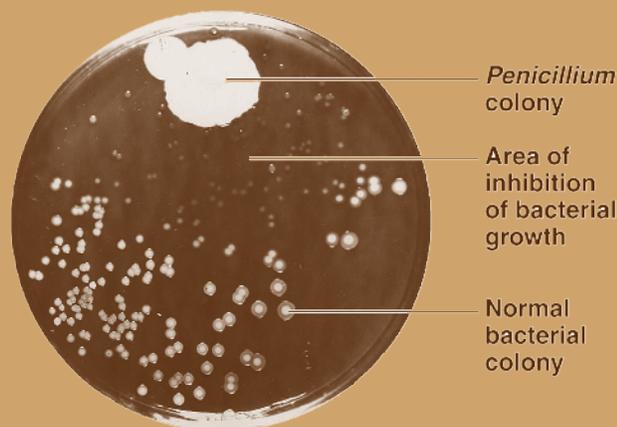
(ethanzuckerman.com)

## La découverte de la pénicilline

C'est par hasard qu'en 1927 Alexander Fleming découvrit dans son laboratoire après un mois de vacances des cultures de bactéries contaminées par un champignon, le *Penicillium*. Les cultures de bactéries à proximité d'une contamination par *Penicillium* étaient toutes mortes. Il déduit alors que ce champignon microscopique sécrétait une substance toxique pour les bactéries. Quelques années plus tard, cette substance est isolée et la pénicilline voit le jour. Grâce à cet antibiotique aujourd'hui grandement utilisé, il fut possible de combattre des infections bactériennes et sauver la vie de milliers de personnes.



(biologycorner.com)



(classes.midlandstech.edu)

## Des champignons médicinaux

De nos jours, de nombreux médicaments couramment utilisés sont des dérivés de composants actifs provenant des champignons, comme par exemple la pénicilline. L'utilisation de champignons en médecine ne date pas d'hier. Il y a des centaines d'années en Asie, certains champignons rares poussaient uniquement sur le sommet des plus hautes montagnes et étaient réservés uniquement aux empereurs et à l'aristocratie. Avec le développement des techniques de cultures modernes, il est aujourd'hui possible de produire en grande quantité ces champignons « miraculeux ». Les champignons vendus comme tonique aux multiples vertus, tel le Reishi (*Ganoderma Lucidium*) ou encore le Chaga (*Inonotus obliquus*), ont permis l'essor d'une immense industrie en Asie par l'exportation de ces produits naturels vers l'occident. Il est ainsi facile de s'en procurer chez de nombreux commerçants indépendants, en ligne ou dans le quartier chinois, souvent sous le format de poudre encapsulée à des prix allant de 40 jusqu'à 300\$. Plusieurs personnes ont témoigné des bienfaits extraordinaires que la consommation de ces champignons avait eus sur la maladie qu'elles tentaient de guérir depuis plusieurs années déjà et dont la médecine moderne n'avait su venir à bout. S'agit-il là d'un remède « miracle », ou est-ce que ces champignons possèdent réellement des vertus thérapeutiques aussi surprenantes ?



(bioweb.uwlax.edu)

2003, une étude menée sur 34 personnes atteintes de cancers avancés démontra que la consommation régulière d'extrait de Reishi contribuait à améliorer leur état de santé général et à ralentir la progression du cancer. L'acide ganodérique agit en supprimant la division des cellules cancéreuses. Plus précisément, il agit sur les molécules de signalisation intracellulaire qui régulent l'entrée en division des cellules cancéreuses : à son contact, le signal est bloqué et la division cesse.

En plus de l'acide ganodérique, d'autres composés présents dans la membrane du champignon, les polysaccharides, agissent comme immunomodulateurs, c'est-à-dire que leur présence dans l'organisme induit une stimulation du système immunitaire. Ce dernier produit alors de grandes quantités d'anticorps qui vont s'attaquer aux cellules cancéreuses. Ces tests, bien que prometteurs, ne suffisent cependant pas à affirmer avec certitude que les champignons sont à eux seuls anti-cancérogènes puisque les patients atteints de cancer recevaient au même

## Le Reishi (*Ganoderma Lucidium*)

Avec le développement des techniques de biologie cellulaire et moléculaire, il est aujourd'hui possible d'étudier l'activité spécifique des composés présents dans les champignons et d'ainsi mettre en lumière leurs mécanismes d'actions dans le corps humain. Le Reishi, appelé le thé de l'immortalité, est utilisé en médecine traditionnelle chinoise notamment pour son activité anti-cancérogène. Ce mystère a été dévoilé par de récentes études cliniques effectuées chez des patients atteints de divers cancers. Ces dernières ont permis de déceler la présence d'un composé actif, l'acide ganodérique, qui s'attaque aux cellules tumorales et ralentit leur progression. En

(lifestream.co.it)



moment d'autres traitements conventionnels tel la chimiothérapie. L'isolement des différents composés du Reishi, pourrait fournir des ingrédients pour parfaire notre pharmacopée. Les produits naturels à base d'extraits de Reishi sont facile à se procurer, mais ne sont actuellement pas tous assujettis aux normes commerciales et sont vendus librement. Une meilleure connaissance des effets thérapeutiques de ce champignon pourrait permettre la création d'un médicament standardisé aux effets bien connus qui gagnerait la confiance d'une population, afin que tous puissent bénéficier des vertus du champignon.

## Chaga (Inonotus Obliquus)

Parmi les champignons à moisissure blanche se trouve le Chaga (*Inonotus obliquus*), un basidiomycète présent entre autres au Japon et en Russie, mais aussi ici dans les forêts québécoises. Poussant en parasite sur le tronc des bouleaux, sa partie visible à l'apparence de charbon brûlé constitue en quelque sorte le mycélium de celui-ci et est employé dans la préparation de tisanes et d'extractions. Selon plusieurs études ayant été menées en Chine et au Japon, de nombreux composés secondaires présents dans ce champignon auraient une activité antioxydante, antitumorale, antimutagène, antivirale et immunostimulante. Lors d'une étude japonaise, il se distingue des autres champignons médicinaux par son action antioxydante considérablement plus forte. Celle-ci serait due principalement à la présence de triterpénoïdes, tels que l'acide bétulinique, synthétisée à partir de la bétuline produite par le bouleau. On lui attribue aussi des propriétés adaptogènes, ce qui signifie que celui-ci aide l'organisme à s'adapter

à son environnement, favorisant le renforcement des capacités du corps à se guérir lui-même. Les champignons thérapeutiques peuvent être également consommés en tant que supplément alimentaire sur une base régulière afin d'améliorer sa qualité de vie et de prévenir le développement de certaines maladies.

Selon Olivier Huppé Alvarez, un consommateur de Chaga, son utilisation quotidienne participe grandement à augmenter la vigueur et l'énergie d'une personne. Comme il le dit lui-même: «*C'est un tonique, mais pas un stimulant. Ça aide à être plus calme, éveillé, énergique*».

## Des champignons magiques ?

Lorsque l'on pense aux champignons, plusieurs images nous viennent en tête: ceux qui se trouvent dans nos assiettes, ceux qui poussent sur la nourriture périmées, ceux qui causent des maladies gênantes ou encore ceux qui sont hallucinogènes. Certaines de ces images sont négatives, mais sont pour la plupart des stéréotypes qui doivent être mis de côté pour découvrir l'univers surprenant des champignons. Comme nous l'avons vu, ces organismes possèdent un grand potentiel écologique et pharmacologique qui seraient grandement bénéfique pour la santé humaine et environnementale. Des 1,5 millions d'espèces de champignons estimées, seulement 10 % ont été officiellement décrites et classifiées. Il est donc primordial de porter une attention particulière à la préservation de leur biodiversité, parce que

## Des Champignons pour des violons !

Le chercheur suisse Francis Schwarze, spécialiste de la décomposition du bois par les champignons, a mis au point un traitement du bois de lutherie à l'aide du champignon le *Pénis du bois mort*. Ceci permet d'obtenir des violons dont la sonorité est supérieure à celle d'un Stradivarius.



champignons divers

parmi les 90 % restant se trouve sans doute des espèces ayant des propriétés hautement recherchées. Qui sait, peut-être que Paul Stamets a bel et bien raison et que les champignons ont réellement le super pouvoir de résoudre les enjeux planétaires... et de potentiellement sauver le monde ? 🍄



# NOUVELLE DIÈTE TECHNOLOGIQUE

Claude Marchand  
Axelle Marchand  
Sarah Picard  
Marie-Agnès McAllum

*8h30. Je suis en retard. Je prends mon jus d'orange multivitamines à toute vitesse. Comme je manque de temps, je mâche une gomme repas. Les saveurs*

*de crêpes, patates au four et bacon s'enchainent. Une fois rassasiée, je ramasse ma boîte à lunch dans laquelle traîne une banane depuis 2 semaines. Elle est encore très bonne et même pas tout à fait mûre. J'y ajoute un sandwich oublié sur le comptoir. Heureusement l'emballage a prévenu l'apparition de moisissures et bactéries. C'est lors de matins comme celui-ci qu'on est content d'avoir les nanotechnologies!*



(cocktail-apero.fr)

La nanotechnologie est une nouvelle science en pleine expansion qui consiste en la manipulation de la matière à l'échelle des atomes et tout comme son nom l'indique, elle est de l'ordre des nanomètres, soit 1/80,000<sup>e</sup> du diamètre d'un cheveu humain! Leur application consiste en l'ajout de ces petites particules synthétiques ou naturelles dans des produits qui existent déjà pour les améliorer ou simplement en modifier les propriétés. Selon NanoQuébec, un organisme dont l'objectif est de renforcer l'innovation en nanotechnologie en vue d'accroître les retombées économiques au Québec, «une course internationale s'est engagée afin de rechercher, développer et commercialiser de nouveaux produits et procédés intégrant des composantes nanotechnologiques». Il semble que le développement des nanotechnologies est devenu la nouvelle course vers la lune. Les nanotechnologies sont très intéressantes quand on pense aux multiples applications qui peuvent en découler. Cette science est très prometteuse comme bien d'autres avant elle bien que les effets sur la santé sont encore plus ou moins connus.

## Applications actuelles et futures

Les nanotechnologies sont principalement utilisées dans l'alimentation sous forme de nanomatériaux destinés à l'emballage de produits, mais on les retrouve également dans la nourriture.

Comment croyez-vous qu'il soit possible de fabriquer une mayonnaise 50 % moins grasse avec le même goût et la même texture, ou encore un yogourt merveilleusement onctueux sans aucune matière grasse? Pour ce faire, on utilise des nanotubes, ou des nanoparticules pour augmenter la viscosité du produit. La plupart des additifs et des suppléments alimentaires recourent à un procédé appelé nanoencapsulation qui vise à améliorer l'apport en nutriments, leur absorption et leur disponibilité au niveau cellulaire. Cette technique est comparable à des poupées russes dont chacune aurait une ou des propriétés différentes. Le recouvrement des bonbons et des médicaments contient une certaine quantité de nanoparticules.

Les projets originaux ne manquent pas dans ce domaine. Kraft tente entre autre de mettre au point une boisson qui change de couleur et de goût lorsqu'on

la secoue. Il est aussi question de nourriture libérant du calcium chez les gens faisant de l'ostéoporose, d'aliments libérant des doses de sodium selon le taux sanguin et d'aliments capables de détecter une allergie et d'en bloquer l'agent en cause. On parle même de la

possibilité d'une gomme à mâcher offrant un repas complet alors qu'on la mâche, passant d'abord d'un potage aux légumes à une dinde avec pommes de terre, puis à une tarte aux pommes. De quoi rendre jaloux Willy Wonka! On parle aussi d'une pizza dont la saveur varierait avec le temps de cuisson ou la température. Les compagnies de fruits et légumes projettent d'utiliser le dioxyde de titane sur leurs fruits puisque celui-ci inhibe la libération d'éthylène, le composé responsable du mûrissement des fruits. Son inhibition pourrait permettre de les conserver de 2 à 3 semaines de plus!

Comme exemple de nanomatériaux en contact avec la nourriture on peut penser à une étiquette qui change de couleur au contact d'une toxine libérée par une bactérie. L'exemple le plus courant est la présence d'une couche cireuse sur les fruits. Elle consiste en fait en une superposition de différentes nanoparticules pour protéger le fruit des indésirables. Les nanoparticules d'argile dans les emballages préviennent les échanges gazeux et l'humidité. De plus, certains métaux comme l'argent et le zinc dans les conserves préviennent des contaminations bactériennes. L'emploi de nanomatériaux apporte aussi d'autres avantages. Ils sont notamment employés dans la pro-



(leanwallpapers.com)

## Quelques compagnies alimentaires utilisant des nanoparticules

Altria (Kraft Foods)  
Associated British Foods  
BASF  
Bayer  
Cadbury Schweppes  
Campbell Soup  
General Mills  
Group Danone  
H.J. Heinz  
Hershey Foods  
McCain Foods  
Mars, Inc.  
Nestlé  
Northern Foods  
PepsiCo  
United Food



(cocktail-apero.fr)

(fr.wikipedia.org)



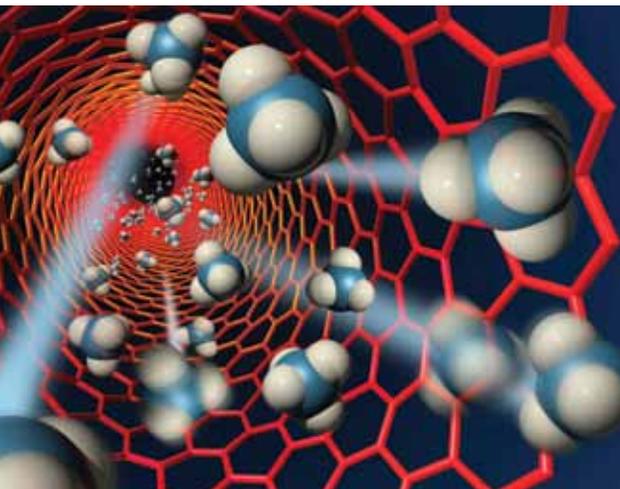
duction de bouteilles de plastiques pour la bière (nanoparticules de cristal). Cette application permet d'obtenir une bouteille plus légère et donc des coûts de transport moindres, en plus d'une préservation prolongée. On utilise aussi l'amidon et le chitosan dans la confection d'emballages biodégradables.

Dans un futur très proche, on parle de mettre au point des détecteurs de toxines, de produits chimiques et de pathogènes directement en contact avec la nourriture. En fait, une enzyme produite par les bactéries, l'amylase, dégraderait l'emballage qui libérerait alors un produit antimicrobien.

Des nanoparticules d'amidon sont également utilisées par McDonalds, elles recouvrent en effet les parois des contenants des burgers. Les nanomatériaux se retrouvent également au niveau des équipements électroménagers. Des nanoparticules de carbone et de fer tapissent l'intérieur des réfrigérateurs de marque «LG electronics» et servent de barrière antibactérienne. Les réfrigérateurs «Daewoo» quant à eux se servent de nanoparticules d'argent afin d'éliminer les odeurs des aliments entreposés à l'intérieur.

## Pratique, mais pas sans risque!

L'infiltration progressive des nanotechnologies dans notre environnement, et ce majoritairement au sein de notre alimentation, soulève de nouveaux enjeux tels que les risques potentiels sur la santé humaine ainsi que l'impact sur l'environnement. Cependant, ce n'est que depuis peu que des études sont menées sur ce sujet. Les premières conclusions dévoilent des propriétés inquiétantes concernant les nanomatériaux.

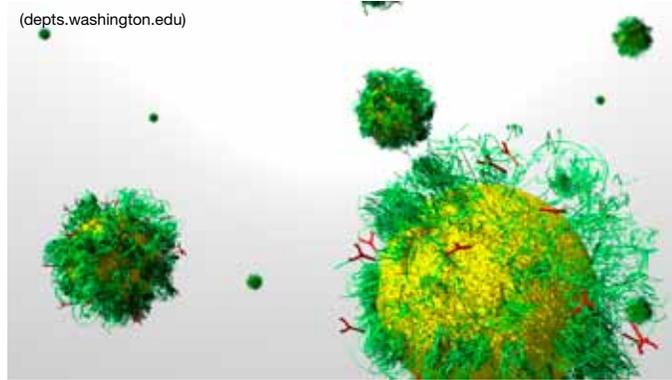


(dujs.dartmouth.edu)

Premièrement, les nanomatériaux ne présentent pas tous les mêmes dangers toxiques. Ils varient d'un nanomatériau à l'autre selon leurs caractéristiques (la taille, la solubilité, la réactivité chimique, etc), la taille étant le facteur le plus important. Plus une molécule est petite, plus son rapport surface volume est grand et plus elle est réactive. Donc, ce n'est pas parce qu'un produit est inoffensif normalement qu'il n'est pas dangereux à l'échelle du nanomètre. Leur petite taille leur permet de passer les barrières cellulaires. Les nanoparticules peuvent alors sortir des vaisseaux sanguins et se retrouver dans des parties du corps où aucune matière organique n'est parvenue jusqu'à maintenant. Leur grande réactivité leur permet d'interagir avec plusieurs molécules telles que des protéines, lipides, ions, minéraux et autres. Il a d'ailleurs été observé que les nanoparticules peuvent modifier le comportement des protéines. Une étude récente a montré que les nanoparticules d'argent ont la capacité à modifier la régulation de certains gènes.

Ils sont également susceptibles de nuire à la croissance cellulaire en inhibant l'activité des cellules et d'interférer avec notre système immunitaire en provoquant des réponses inflammatoires. L'exposition de souris à ces nanoparticules à des concentrations trois fois plus petites que celles retrouvées dans l'eau potable a rapidement entraîné la saturation de

(depts.washington.edu)



tous les tissus et organes des individus. Le dioxyde de silicium est utilisé comme composant d'emballage alimentaire, dans les planches à découper, les réfrigérateurs et comme aditif alimentaire. Cette nanoparticule est transportable à l'intérieur du noyau cellulaire et peut y causer la synthèse de protéines erronées. Elle peut aussi entraîner une pathologie similaire à une maladie neurodégénérative. Les nanoparticules sont également capables de provoquer des altérations au niveau moléculaire tel que des mutations de l'ADN, comme c'est le cas pour le dioxyde de titane. Ce composé est présentement utilisé dans des emballages, le dentifrice, la gomme à mâcher et certaines barres de chocolat commerciales pour ne nommer que ceux là.

Quant à la propriété antimicrobienne d'un nano-composé, elle confère la capacité de détruire des micro-organismes présents de façon naturelle dans notre organisme. Comme ces micro-organismes constituent une barrière de défense naturelle contre d'éventuels pathogènes nocifs, ces particules réduiraient l'efficacité du système immunitaire. Ingerés et accumulés en grande quantité elles sont capables de causer des lésions au niveau de différents organes vitaux tels que les reins. Des nanoparticules de fer ou de zinc peuvent entraîner des lésions au niveau du foie et des reins ou provoquer un épaissement du sang. De plus, l'utilisation relativement récente de ces nanomatériaux dans notre alimentation fait que l'organisme ne possède encore des mécanismes d'excrétion efficaces. Les nanomatériaux ont également la capacité de s'accumuler dans l'environnement, ce qui soulève un autre aspect lié aux risques éventuels de leur utilisation.

Il est fort possible que dans les prochaines années de nouveaux nanomatériaux soient créés et présentent des risques encore plus grands que ceux que l'on commence à découvrir. Il est donc indispensable que de nouvelles études continuent à être menées afin de mieux prévenir d'éventuels dommages sanitaires à l'échelle mondiale.

## Et qu'en est-il de la réglementation ?

Si l'on se concentre seulement sur le secteur de l'alimentation, l'intégration de nanotechnologies en Amérique du Nord ne remonte qu'à 1999. Cependant, ce

n'est qu'en 2009 que l'organisation mondiale de la Santé (OMS) ainsi que l'organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) se sont intéressées à leurs impacts possibles sur l'homme et l'environnement. À ce jour, seulement quelques produits sont réglementés par rapport à la taille minimale des particules qui ne doit pas être inférieure à 5 micromètres. Depuis plus d'une dizaine d'années, plusieurs produits issus des nanotechnologies ont donc vu le jour sans être contrôlés. Leur emploi n'apparaît pas sur les emballages destinés aux consommateurs. De plus, rien n'oblige l'évaluation des risques de ces nanoparticules pour la santé. Plusieurs rapports ont déjà été soumis aux divers gouvernements depuis 2006 par des organisations importantes suite à des demandes sans que ceux-ci ne soient jamais réellement pris au sérieux. Un de ces organismes, le CCNE, écrivait dans un avis en février 2007 : « la redoutable propriété ambivalente des nanosystèmes moléculaires conçus par l'homme, de pouvoir traverser les barrières biologiques, notamment entre sang et cerveau, et d'être actuellement peu ou pas biodégradables, [...] risque d'avoir, en dehors d'indications thérapeutiques précises, des conséquences majeures pour la santé ». Le simple fait qu'un chinois soit détenteur de 900 brevets sur des nanoversions de plantes médicinales chinoises traditionnelles démontre le manque de réglementation à ce niveau. Il est également impossible d'évaluer l'utilisation réelle des nanotechnologies dans l'alimentation à l'échelle mondiale puisque les statistiques reposent sur l'autonomie des entreprises à partager cette information. Nous en consommons donc depuis des années sans même le savoir... Actuellement, il n'existe pas de réglementations concernant les nanotechnologies au Canada et aux États-Unis. De façon générale, les nanoparticules utilisées comme additifs alimentaires sont permises si la même particule de taille supérieure est aussi couramment utilisée dans les aliments. Ainsi, comme les microparticules d'argent sont utilisées, aucun règlement n'empêche l'utilisation de nanoparticules d'argent même si leurs propriétés diffèrent. Cependant, en Europe et en Australie, il est obligatoire d'indiquer sur les étiquettes la présence de nanoparticules. De plus, ces dernières doivent obtenir une autorisation pour leur mise en marché. À cet effet, divers tests sont effectués comme pour les additifs alimentaires de taille supérieure.



(wallpapers-hq.ru)

En séparant les différentes applications (médecine, ingénierie, alimentation, etc), on découvre que l'utilisation des nanoparticules dans l'alimentation est la plus redoutée avec plus de 80 % de la population qui s'y oppose (contre environ 15 % pour les autres applications). Plus précisément, c'est leur utilisation dans les aliments plutôt qu'à l'extérieur (emballages) qui inquiète. Il est difficile de voir les avantages lorsqu'on ignore encore les effets à long terme sur notre santé. Les gens demandent donc à être informés de la présence de nanoparticules via l'étiquetage pour avoir le droit de choisir d'en consommer ou non. La population demande aussi de ralentir leur production jusqu'à ce que les effets soient connus.

## Et les chercheurs, eux ?

Les avantages, on les voit, on les goutte et on les devine. Mais les risques, eux, on les sous-estime, on les ignore, on les craint. Lorsqu'on demande l'opinion des chercheurs sur les risques, chaque fois on obtient une réponse semblable; leur expertise ne touche pas au domaine de l'alimentation, et quoique les propriétés multiples et parfois méconnues des nanoparticules puissent présenter certains risques au niveau physiologique, ils n'osent pas se prononcer réellement sur la question. Cela démontre que malgré le grand nombre de spécialistes travaillant au développement des nanoparticules et de leurs applications, très peu d'experts existent pour la recherche au niveau des risques toxicologiques.

Les nanotechnologies sont donc très prometteuses dans plusieurs domaines, mais celui de l'alimentation est moins bien perçu. Comme pour les OGM, cette technologie devait résoudre les problèmes de famine dans le monde en facilitant l'agriculture par la création de plants plus résistants. Cependant, les premières applications concernent les cosmétiques et divers objets et produits pour les pays riches comme divers articles de sport.

Les applications actuelles sont prometteuses pour la conservation des aliments et l'environnement, notamment en ce qui concerne les emballages biodégradables. Des études plus poussées sur les risques de leur utilisation nous permettront de décider si l'utilisation des nanotechnologies est bénéfique ou non. Pour le moment, il serait favorable aux consommateurs d'éviter la surconsommation de produits transformés pouvant contenir des nanoparticules. Quant aux industries, il serait à leur avantage de ralentir la production de nanoproducts jusqu'à ce que les doutes sur leur utilisation soient dissipés. Autrement, il semblerait que nous devions attendre encore quelques années supplémentaires avant que ne se mette en place une réglementation adéquate nous permettant de compléter notre déjeuner nanotechnologique! 🍷

## Et qu'en pensent les citoyens de ce nouveau régime forcé ?

Les nanotechnologies sont partout, de la culture des aliments jusqu'à leur transformation et leur emballage. Toutefois, les industries restent discrètes sur le sujet pour ne pas apeurer les gens. Plusieurs études ont été réalisées afin de connaître l'avis du public et révèlent qu'environ 20 % seulement connaissent l'existence des nanotechnologies et leurs applications. Entre 2004 et 2007, une augmentation de l'attitude négative du public vis-à-vis des nanotechnologies a été observée. Notons que c'est aussi durant cette période que les effets néfastes des OGM ont été publiquement dévoilés. Ces deux technologies promettaient d'ailleurs des solutions similaires à la faim dans le monde. Il n'est donc pas étonnant qu'elles soient souvent associées.

## Autres domaines d'application des nanotechnologies :

- Médecine (prothèses, IRM, traitement du cancer)
- Cosmétiques
- Informatique (processeur plus puissant, disque dur avec plus d'espace)
- Automobile (vitres et peinture anti-salissure)
- Militaire (gilets pare-balles)
- Générale (lentilles bioniques, filtration de l'eau)

# LES MICROBES EN PASSE DE DÉTRÔNER LES PESTICIDES !

Ahmed Fassi Fihri  
Nemat Radwan Al dana  
Sabri Rial Ahmed  
Vanessa Salcedo Galindo

Des centaines d'agriculteurs Nord-américains sont atteints de la maladie de Parkinson. La fertilité des hommes suit une tendance négative inquiétante. Des

malformations génitales surgissent chez diverses espèces animales dont les grenouilles Ouaouaron de la rivière Yamaska (Québec). L'effondrement dramatique de colonies d'abeilles a été observé à proximité de certaines exploitations agricoles et la liste noire est longue. Les scientifiques du monde entier mettent les pesticides sur le banc des accusés. L'agriculture moderne a-t-elle une alternative pour s'affranchir de ces poisons ? Oui, la lutte microbiologique !

Durant la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle, le Canada, à l'instar des autres pays développés, a franchi un grand pas vers l'agriculture extensive, entre autres via l'utilisation intense des pesticides. Certes, leur efficacité et leur rentabilité sont indéniables, mais il est actuellement admis que les pesticides sont de près ou de loin associés à une série de dommages sanitaires et environnementaux. À cette situation, il existe plusieurs alternatives qui consistent à réduire l'utilisation des pesticides. L'une d'elle est la « lutte microbiologique ». Dérivant de la lutte biologique, cette méthode repose sur l'utilisation des microbes vivants dits « entomopathogènes » (qui tuent les

insectes) pour neutraliser certains insectes nuisibles. L'idée n'est pas nouvelle selon le Professeur *Claude Guertin* du laboratoire de recherche en entomologie expérimentale à l'INRS. Le Canada était reconnu mondiale-



ment pour son expertise en lutte biologique durant la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle. C'est l'arrivée des pesticides chimiques vers le milieu du siècle dernier qui a freiné la recherche au niveau de la lutte biologique. Il a fallu attendre le milieu des années 1980 pour voir surgir un regain d'intérêt pour la lutte microbiologique au Canada en réponse au moratoire décrété par l'équivalent de l'actuel ministère des ressources naturelles et de la faune du Québec sur l'utilisation des pesticides contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette en milieu forestier. Cet insecte de la famille

Le dibromochloropropane [DBCP] développé en 1950 est un insecticide organochloré qui a été utilisé jusqu'à la fin des années 1980 en Amérique centrale et en Asie de l'est. Des recherches ont démontré que le DBCP affecte négativement la production de spermatozoïdes. Ainsi, le premier cas d'infertilité a été observé en 1977 chez un ouvrier d'une usine produisant du DBCP. Entre temps, le DBCP a causé une stérilité chez une dizaine de milliers d'ouvriers agricoles de sexe masculin.



des chenilles s'attaquait aux épinettes et sapins et portait atteinte à l'industrie forestière du pays. C'est alors que fut utilisé pour la première fois un agent entomopathogène biologique au Canada : La bactérie *Bacillus thuringiensis* ou Bt. Cette bactérie est inoffensive pour l'Homme mais elle affecte certains insectes nuisibles, notamment les larves de papillon comme la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Quoi de mieux pour traiter les forêts de conifères à une époque où l'usage des pesticides chimiques était des plus controversé ! Par la suite, et à des fins similaires, des virus et des microchampignons seront utilisés. Mais quels sont ces microbes censés supplanter les pesticides chimiques ? Voici de quoi percer les secrets de ces nouveaux-venus de l'agriculture moderne.

## Bacillus thuringiensis pour « en-Bt » les insectes !

La découverte d'une bactérie pouvant tuer les larves de vers à soie a eu lieu en 1901 grâce au biologiste japonais Shigetane Ishiwata. Cette bactérie, baptisée *B. thuringiensis* (Bt), se trouve naturellement dans presque tous les sols. Une des caractéristiques de Bt est que pendant son cycle de vie, il produit des spores (sporulation), une façon de se protéger et de résister face à des conditions défavorables. En parallèle de ce processus, il se forme des cristaux protéiques qui confèrent son pouvoir pathogène.

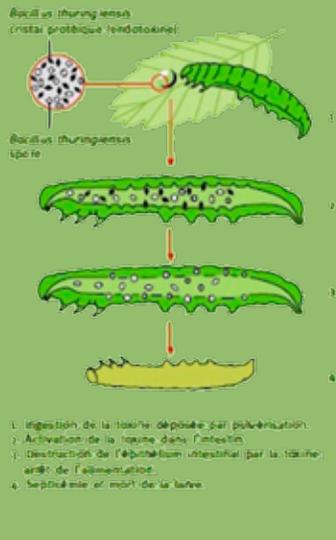


La première formulation à base de spores de Bt, la Sporeine, a vu le jour en 1938 en France et fit l'objet d'une expérimentation contre la teigne de la farine. Ensuite, en 1957, l'entomologiste américain Edward Steinhaus a mis en évidence le pouvoir entomopathogène des cristaux ingérés par des insectes. Les cristaux de Bt ont ensuite été utilisés comme bio-pesticide. En France en 1962, une première souche de la bactérie fut isolée, *B. thuringiensis* variété *kurstaki* (Btk), à partir des larves infectées de la pyrale de la farine. Cette souche a comme cible tous les lépidoptères ravageurs, tels que l'arpenreuse du chou, le ver de l'épi de maïs, la tordeuse des bourgeons de tabac, et la spongieuse. À l'heure actuelle, d'autres sous espèces de Bt sont à la base de plusieurs préparations commerciales. Chacune des sous-espèces du Bt ne cible qu'un nombre limité d'espèces d'insectes. Le marché mondial des bio-insecticides à base de Bt représente 90 % des préparations.

### Spécificité des souches de *Bacillus thuringiensis*

Sous-espèces	Insectes cibles	Cultures
<i>B. thuringiensis</i> <i>kurstaki</i>	Lépidoptères: papillons et chenilles.	Epinette, arbres forestiers, etc.
<i>B. thuringiensis</i> <i>israelensis</i>	Diptères : mouches noire et larves de moustiques	Pomme de terre.
<i>B. thuringiensis</i> <i>tenebrionis</i>	Coléoptères: altises, bruches, doryphore, etc.	Pomme de terre, cultures en serre.
<i>B. thuringiensis</i> <i>aizawai</i>	Lépidoptères: chenilles	Pomme, poire, prune, fraises, vignes, tomates, herbes aromatiques, pépinière, etc.
<i>B. thuringiensis</i> <i>morrisoni</i>	Diptères: punaise terne	Céleri, laitue.

### Représentation du mode d'action du *Bacillus thuringiensis*:



### Et comment est-ce que le Bt agit ?

Une fois que le feuillage est aspergé de bio-insecticide à base de Bt, les insectes ingèrent les cristaux protéiques qui se dissolvent particulièrement vite dans l'estomac de l'insecte. La forme dissoute de ces cristaux consiste en des toxines qui détruisent les cellules du tube digestif de l'insecte. Ceci provoque deux conséquences qui mènent à sa mort : une satiété et une prolifération bactérienne. Le délai d'action varie de 1 à 48 heures en fonction de l'âge et de l'espèce du ravageur.

### Qu'en est-il de sa production ?

Contrairement aux virus et aux microchampignons, le Bt est produit à échelle industrielle. La première étape consiste à choisir la bonne souche. Le développement du produit débute ensuite avec la préparation de cultures bactériennes liquides dans un milieu enrichi pour les faire proliférer. Ces cultures sont ensuite transférées dans des grands fermenteurs pour en assurer la production à grande échelle.

Ce produit a été fabriqué au Québec et distribué dans tout le Canada par la compagnie Biotepp Inc. Il est dans le marché depuis déjà 7 ans. Il n'est dommageable que pour le ver de la pomme (carpocapse). La compagnie Biotepp estime que les bioinsecticides à bases de baculovirus pourraient à terme remplacer 80 % des insecticides chimiques actuellement utilisés en agriculture.

### Les virus utilisés en lutte biologique au Canada

Type de virus	Cultures	Insectes cibles
NPV <i>Anticarsia gemma</i>	Soja	Lépidoptère <i>Anticarsia gemmatalis</i>
NPV <i>Autographa californica</i>	Luzerne	Lépidoptères comme <i>Autographa californica</i>
NPV <i>Neodiprion sertifer</i>	Pin sylvestre	L'hyménoptère <i>Neodiprion sertifer</i>
GV <i>Cydia pomonella</i>	Pommes et poires	<i>Cydia pomonella</i> [carpocapse]

### Des virus pas comme les autres !

Le Baculovirus est un virus caractérisé pour la première fois en 1928 par l'entomologiste français André Paillot et qui se retrouve naturellement dans le sol. Il cause une infection mortelle chez plusieurs insectes mais il est inoffensif pour l'Homme, l'animal et les plantes. Il est plus spécifique que le Bt, c'est-à-dire que chaque souche de baculovirus attaque une ou deux espèces d'insectes.

### Microscopique et redoutable !

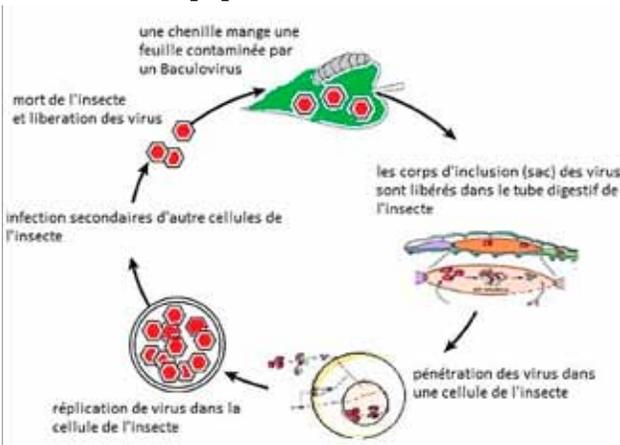


Figure du mode d'action des baculovirus

Le baculovirus est actuellement utilisé pour contrôler la propagation de certains insectes nuisibles. Le cycle d'infection commence lorsque la larve mange une ou plusieurs particules qui contiennent les virus. Les particules se dissolvent dans l'intestin en libérant les virus, qui pénètrent dans les cellules de l'intestin de la larve et s'y répliquent. Les nouveaux virus formés infectent toutes

les cellules de la larve et entraînent sa mort. Enfin, la larve morte libère des virus qui infectent d'autres larves, et le cycle continue ainsi. Le baculovirus est capable de tuer la larve en 4 jours.

### Des virus... une recette gagnante:

La production des baculovirus est réalisée par multiplication sur des insectes vivants. Les virus sont ensuite isolés des insectes malades, caractérisés, puis utilisés pour lutter contre les insectes cibles. Au Québec on trouve le produit Virosoft CP4, bioinsecticide à base des baculovirus, très efficace contre les carpocapses qui attaquent la pomme et les poires et dont les larves se développent à l'intérieur des fruits.



Carpocapse de la pomme (www.entomart.be)

### Un champignon champion :

Le champignon microscopique *Beauveria bassiana*, découvert par Agostino Bassi en 1835, est un agent très intéressant en lutte microbiologique contre différentes espèces d'insectes ravageurs (punaise, cigariers, charançon etc.). Il est fréquemment retrouvé dans les sols et n'infecte ni les humains ni les animaux.

### Touché... coulé !

Au contraire des bactéries et des virus, ces microchampignons n'ont pas besoin d'être ingérés par les insectes. Pour être actifs, un simple contact avec l'insecte est suffisant. Les spores (unités de reproduction) de ces champignons adhèrent à la surface extérieure de l'insecte, germent et pénètrent à l'intérieur. Par la suite, l'insecte est littéralement dévoré de l'intérieur à cause des enzymes du microchampignon. Ce dernier prolifère et quitte l'insecte à travers ses points faibles tels que les articulations et les pores. Par le même procédé, les autres individus finissent par être contaminés.

### Des microchampignons pas très exigeants !

Selon le professeur Claude Guertin, pour produire ce microchampignon il suffit de le laisser dans des sacs de plastique en présence d'un milieu nutritif tel que le riz, le blé ou d'autres céréales. La croissance peut également se faire par différents modes de fermentation.

Des agriculteurs canadiens dont des fermiers de Lanaudière et de la Montérégie au Québec, produisent *B. bassiana* de façon artisanale et peu coûteuse avant de le pulvériser sur les plants. Le microchampignon a une efficacité certaine sur le doryphore de



Doryphore  
(upload.wikimedia.org)

la pomme de terre « bibitte à patate » au Québec. En 2009, l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada a approuvé l'utilisation de BotaniGard, un insecticide biologique à base de spores vivants de *B. bassiana* (souche *GHA*) capable de supprimer les aleurodes, les pucerons et les thrips qui infestent les plantes ornementales et les légumes de serre. Il est maintenant utilisé partout au Canada.

### Un environnement contaminé... mais en santé ?

Le professeur Claude Guertin se veut rassurant. Ces microbes ont une faible rémanence, c'est à dire qu'ils ne persistent pas dans la nature. Le Bt est une bactérie du sol qui voit son temps de survie considérablement réduit suite à une exposition prolongée aux rayons UV du soleil. Ceci fait de Bt un agent sans répercussions à long terme. Il en est de même pour les virus et les microchampignons. D'ailleurs, la rémanence de ces microbes est tellement faible, que la « science de la formulation » cherche même à optimiser les chances qu'un agent entomopathogène entre en contact avec l'insecte ciblé. En outre, le professeur Jacques Brodeur du département de phytologie à l'Université de Montréal affirmait en 2004, lors du colloque du Réseau Biocontrôle à Trois-Rivières, que les résultats observés sur le terrain ne sont pas remarquables comparés à ce qui est obtenu en laboratoire. Une combinaison de plusieurs agents biologiques pourrait se traduire par des effets inattendus, « les champignons et les bactéries attaquent aveuglément les bons et les mauvais insectes » constate le chercheur. Pour éviter les menaces, du travail reste à faire afin de choisir la meilleure tactique pour introduire les bons agents, au bon moment et en bonne quantité.

### A la fois bios et efficaces ?

D'un point de vue biologique, l'efficacité de ces agents dépend entièrement de leur « spécificité », c'est à dire le nombre d'espèces d'insectes qu'ils peuvent viser. On parle alors de « spectre d'hôte ». Les virus ont un spectre d'hôte très restreint. Bien que les virus ne soient pas largement utilisés au

## Exemples de souches de *B. bassiana* utilisées en lutte micro-biologique au Canada

Souches	Plantes	Insectes cibles
<i>B. bassiana</i> . Souches HF23 et GHA.	Les plantes ornementales et les légumes de serre	Les aleurodes, les pucerons et les thrips.
<i>B. bassiana</i> souche A.	La pomme de terre	Les doryphores adultes, les larves et les œufs ainsi que certaines cochenilles.

Canada, l'utilisation des « Baculovirus » a fait ses preuves dans le cadre de la lutte contre les lépidoptères ravageurs de cotonniers dès 1988, comme il l'a été mentionné lors du Forum International des Industries et Technologies du Contrôle des Parasites qui s'est tenu à Barcelone. Toutefois, leur production reste couteuse et difficile. Les bactéries et les champignons entomopathogènes ont, quant à eux, des spectres d'hôtes plus larges qui peuvent s'étendre sur plusieurs espèces d'insectes à la fois. Ils peuvent alors s'avérer plus efficaces que les virus si les agriculteurs cherchent à éliminer une large gamme d'insectes ravageurs. Contrairement aux virus, leur production se fait aisément et à faible coût à l'échelle industrielle par culture bactérienne.

Les spécialistes, dont le Professeur Claude Guertin, admettent cependant que la lutte microbologique est globalement moins efficace que la lutte chimique. Avec la lutte biologique, le pourcentage de protection varie entre 60 % et 80 % de ce qui est habituellement observé avec les pesticides chimiques, dépendamment de la spécificité des microbes choisis et des facteurs environnementaux. C'est pour cela que les recherches actuelles sont axées sur l'amélioration des techniques d'épandage, en considérant les conditions météorologiques, avec une optimisation des méthodes de pulvérisation des microgouttelettes contenant les microbes, et voir même une amélioration de leur résistance aux UV.



Fermenteur industriel  
(www.greenunivers.com)

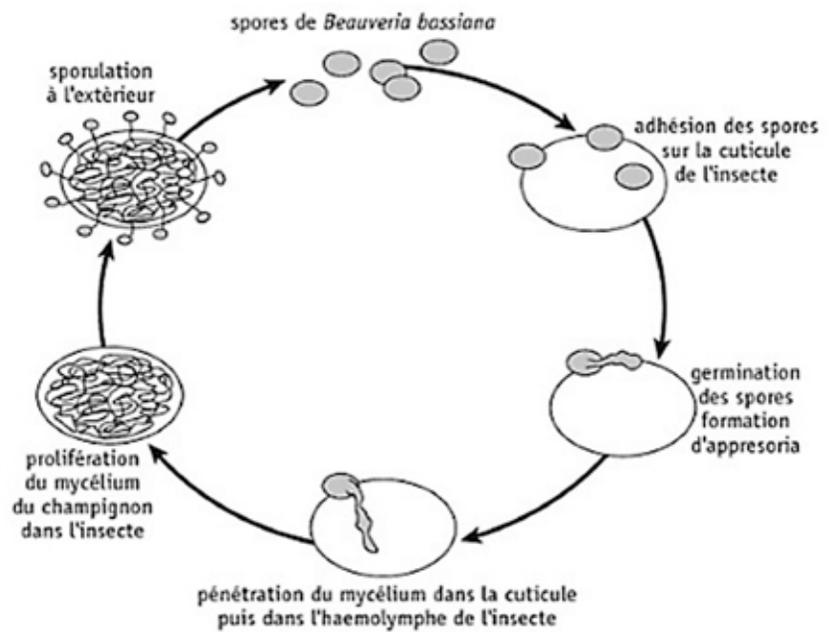
### Zéro risque pour l'Homme et la faune ?

Comme pour tout le reste, un risque nul n'existe pas. Au mieux, on parle de risque réduit. Le fait de déverser des microbes dans les champs et les forêts est forcément sujet à des préoccupations environnementales. Ce risque réduit est principalement dû à la faible rémanence des microbes contrairement à celle des



B. bassiana recouvrant un insecte  
(upload.wikimedia.org)

pesticides. Si un insecte ravageur nécessite un traitement chimique et qu'une alternative biologique est proposée, les dommages collatéraux des deux pratiques sont évalués et celle qui présente le moins de risques pour l'homme et l'environnement est retenue. Notons qu'aucune étude à ce jour n'a démontré l'existence d'une relation de cause à effet entre l'apparition de pathologies humaines ou animales et l'utilisation de microbes entomopathogènes. Ce qui fait pencher la balance en faveur du risque réduit pour l'Homme.



Cycle infectieux d'un champignon *Beauveria Bassiana*.

## Des microbes...Font-ils peur ?

Selon le Professeur Eric Lucas, entomologiste au laboratoire de recherche en lutte biologique de l'UQÀM, la pratique de cette méthode au Canada est hautement réglementée par des organismes tels que l'Agence de Réglementation des Produits Anti-parasites du Canada. Cette agence n'autorise l'application d'un microbe entomopathogène sur le terrain que lorsqu'elle s'est assurée de son innocuité pour l'Homme et l'environnement. Néanmoins, un grand travail de sensibilisation reste à faire pour améliorer le niveau d'acceptabilité de cette méthode chez les agriculteurs et les consommateurs. Par exemple, le choix du nom donné à un produit ne doit pas heurter l'appréhension de l'utilisateur ; on parle alors d'un « bio-pesticide » et non d'un « microbe entomo-pathogène », ou alors de « Baculo » au lieu de « Baculovirus », expliquent les spécialistes. Cependant, il faut reconnaître que la crainte vis à vis de Bt est aujourd'hui moindre puisqu'il a été abondamment utilisé en tant que bio-insecticide dans les forêts d'épinettes canadiennes depuis les années 1980 sans répercussions sanitaires et environnementales. « Nous sommes loin de l'époque où les agriculteurs et leurs familles s'abritaient sur les pistes d'aéroports afin d'éviter le contact avec les agents microbiens pulvérisés » déclare, souriant, le Professeur Claude Guertin. Cela témoigne clairement d'une évolution positive des mentalités vis à vis de la lutte microbiologique.

## Détrôneront-ils vraiment les pesticides ?

Considérée depuis 30 ans comme la pierre angulaire de l'agriculture bio, la lutte microbiologique est de fait mieux accueillie aujourd'hui. Les exploitations conventionnelles et dominantes maintiennent les techniques de lutte traditionnelles chimiques. Au mieux, elles jumellent la lutte biologique au chimique. Au Canada, la lutte microbiologique n'est pas encore au sommet de sa gloire mais compte tenu des moyens et des recherches qui lui sont consacrés, tout porte à croire qu'elle a de belles années devant

elle. Même si la lutte microbiologique n'est pas très répandue au Canada, le professeur Claude Guertin tient toutefois à souligner l'ironie qui plane autour de la culture du maïs. Par transformations génétiques, de l'ADN de Bt a été incorporé au maïs pour que celui-ci acquière la résistance aux insectes ravageurs. Il s'agit du BT-corn, ce fameux maïs modifié qui agrmente nos salades. Erreur éthique ou preuve de l'influence grandissante de la lutte microbiologique ? Le débat reste ouvert. 🗣️

Maïs  
(foodinfocus.com.au)



# LA BIOPROSPECTION MARINE : CHASSE AU TRÉSOR DU XXI<sup>E</sup> SIÈCLE !

Francis Allaire  
David Godin  
Justin Lacombe-Bergeron  
Marine Regnier

*Qu'ont en commun les capsules d'Omega-3, la glucosamine, certains anti-tumoraux et le bio-diésel? Ces produits n'ayant en apparence*

*aucun lien sont tous issus d'organismes marins. C'est la bioprospection qui est à l'origine de leur découverte et de celle de beaucoup d'autres composés jouant un rôle dans le domaine industriel et de la santé. Dans cette perspective, la vie marine représente un trésor inestimable aussi bien pour la recherche contre le cancer que pour améliorer la qualité des aliments dans nos assiettes. Gros plan sur un phénomène qui n'est pas près de s'essouffler!*

La découverte de la pénicilline en 1928 a provoqué une vague de recherche visant à trouver de nouveaux micro-organismes terrestres ayant le potentiel de fonctionner en tant qu'antibiotiques. Ceci a débouché sur la découverte de médicaments tels que la streptomycine et la néomycine. Par la suite, les forêts et les autres écosystèmes terrestres ont donc tous été passés au peigne fin dans le but d'y trouver des composés possédant des propriétés intéressantes pour l'homme. Ce fut un grand succès, puisque de nouvelles molécules désormais célèbres, comme l'aspirine, le caoutchouc et le taxol (un puissant anti-tumoral), ont été dénichées grâce à ces recherches. Avec le temps, le taux de nouvelles découvertes a commencé à décliner et l'exploration terrestre a alors commencé à perdre de l'intérêt pour les prospecteurs. Cependant, l'exploration marine n'en est qu'à ses débuts! Les océans sont devenus très attrayants pour les chercheurs étant donné l'incroyable diversité chimique retrouvée chez les organismes qui y vivent. Cette avenue est également très prometteuse pour certaines compagnies pharmaceutiques avides de profits.

## Le saviez-vous ?

Le biopiratage est le fait de s'approprier les ressources biologiques d'un pays sans que ce dernier n'ait préalablement donné son consentement. Ce problème survient principalement dans les pays en voie de développement qui possèdent beaucoup de ressources biologiques intéressantes, mais qui n'ont pas l'expertise technologique nécessaire pour les développer. Ainsi, ce sont souvent les pays industrialisés qui profitent des retombées de leur exploitation. Le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) s'est penché sur cette question au début des années 2000 dans le but d'adopter une loi réglementant cette situation.



## Mais qu'est-ce que la bioprospection marine en réalité ?

Il s'agit de la recherche de nouvelles molécules issues des fonds marins et présentant des caractéristiques commerciales intéressantes pour différents secteurs de l'industrie. La communauté scientifique pense que la vie est apparue dans les océans il y a environ 3,5 milliards d'années. Recouvrant près de 70 % de la surface terrestre, ces habitats contiennent des



molécules extrêmement diversifiées ; de véritables mines d'or n'attendant qu'à être découvertes. Plus de 300 000 espèces marines ont été décrites à ce jour. Les scientifiques estiment que le nombre d'organismes non répertoriés pourrait s'élever à plusieurs millions ! Les êtres vivants qui composent les océans ont su s'adapter au fil du temps afin de pouvoir faire face aux nombreux dangers qu'impose la vie sous-marine (i.e. prédateurs, incapacité de se déplacer pour certains invertébrés, etc.). À défaut d'avoir une coquille ou d'autres moyens de défense physique, plusieurs spécimens renferment des molécules qu'ils utilisent pour attaquer leurs proies ou défendre leur habitat. Par exemple, les toxines qui sont des substances toxiques élaborées par les organismes vivants (i.e. bactéries, champignons, éponges, etc.). Ces puissants poisons sont la cible numéro un des compagnies pharmaceutiques, car ils sont la clé de plusieurs médicaments utilisés dans la guérison du cancer ou le soulagement de la douleur. En effet, il a été démontré que ces toxines, une fois modifiées, peuvent permettre le développement de médicaments anti-cancérigènes servant dans les traitements de chimiothérapie.

Ces récentes découvertes font de la bioprospection marine un sujet d'actualité en plein essor. Et ce n'est que le début ! La preuve, le nombre de produits d'origine marine avoisine pour le moment les 11 000, contre plus de 155 000 produits naturels terrestres. De ce fait, la bioprospection pourrait représenter l'avenir du domaine biomédical, industriel et nutraceutique, avec un potentiel de découverte extrêmement vaste. C'est d'ailleurs pour ces raisons que les pays possédant les moyens techniques suffisants pour effectuer la bioprospection, s'intéressent fortement aux ressources inutilisées des pays en voie de développement. Le problème est tel que les Nations Unies ont été obligées de légiférer pour contrer ce que l'on appelle désormais la biopiraterie.

## Les requins au bord de l'extinction !

Les ailerons et le cartilage des requins sont très prisés par les scientifiques et la population chinoise. Leurs propriétés anti-inflammatoires, anti-tumorales et aphrodisiaques sont la cause d'une surexploitation de ces espèces. Leur population a diminué d'environ 90 % durant les dernières années ! La corruption des instances gouvernementales et le gain que représente ce marché rendent difficile la lutte contre ce braconnage !

## La création de médicaments et de nutraceutiques, un enjeu d'ordre économique !

Lorsque des molécules intéressantes sont découvertes et caractérisées, elles demeurent en laboratoire et passent entre les mains des toxicologues, des personnes chargées de tester leur toxicité sur le corps humain. Même si cette étape est réussie, ce n'est pas gagné pour autant. En effet, le développement d'un médicament et sa commercialisation prennent normalement entre 10 et 15 ans et coûtent minimalement un million de dollars.

Toutefois, avant qu'un produit soi-disant révolutionnaire ne soit mis sur les tablettes, il devra passer par une série de tests exigeants et sélectifs. Un produit destiné à la consommation humaine devra passer par des essais cliniques effectués d'abord sur des cultures cellulaires, puis des animaux et, pour terminer, sur des volontaires humains. Un des essais de base réalisés avec des cellules est le test cytotoxique « cyto » qui fait référence à la cellule. Le test de cytotoxicité sert donc à vérifier le degré de toxicité d'un nouveau composé sur les cellules. Si celui-ci rend la cellule non fonctionnelle, il sera alors jeté aux oubliettes ! Parmi les autres essais à effectuer, celui testant la réaction du système immunitaire en est un des plus communs. Il consiste à estimer si la nouvelle molécule représente une cible pour le système de défense. C'est une question à élucider dès le début du processus d'évaluation, car si les cellules du corps se retournent contre le médicament et l'inactivent, il ne pourra en aucun cas être commercialisé.

Au final, lorsqu'un produit passe au travers de tous les tests, il pourra être mis sur le marché. Malheureusement, très peu d'entre eux arrivent à cette dernière phase des essais cliniques, bien que des milliers de composés biologiquement actifs soient découverts chaque année. La plupart du temps, ceci est dû à des problèmes de synthèse, de culture en laboratoire, d'argent ou de méthodes insuffisamment perfectionnées. En effet, la synthèse artificielle représente un problème majeur, surtout de par sa complexité, mais les chercheurs n'ont pas le choix de recourir à ce procédé, puisque l'extraction du composé naturel demanderait une collecte faramineuse d'organismes, surtout lorsque l'on sait que la récolte d'un gramme de cette substance nécessite en moyenne une tonne de spécimens !

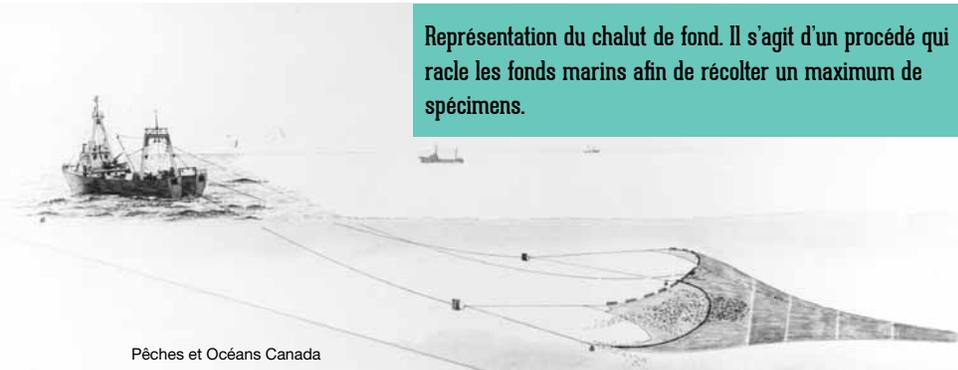
## De l'océan à la molécule miracle : les deux côtés de la médaille

Les prospecteurs des fonds marins ont deux options qui s'offrent à eux concernant la collecte de spécimens. La première se traduit par des méthodes souvent dévastatrices. Parmi les plus répandues, le chalutage de fond consiste à racler le sol marin à l'aide d'un filet. Cette technique peu coûteuse est très néfaste, car elle permet une capture excessive de poissons, en plus d'arracher les coraux et les plantes, affectant alors l'équilibre des écosystèmes marins. Or, la biodiversité marine est immense et chaque organisme joue un rôle essentiel dans les différents maillons de la chaîne alimentaire. Ainsi, une grande biodiversité représente un bon indice de la santé d'un milieu. En revanche la perte d'une espèce peut engendrer une cascade d'effets négatifs.

D'un autre côté, certaines alliances sont conclues entre les compagnies de pêche afin de récolter leurs résidus. Cette alternative permet donc l'utilisation d'organismes qui seraient habituellement jetés. De plus, cela prévient la surexploitation de certaines populations tout en étant économique.

Le Centre de Recherche sur les Biotechnologies Marines (CRBM) à Rimouski est le centre d'analyse de bioprospection le plus important au Québec, mais c'est également une figure novatrice sur le plan international. Il exclut catégoriquement l'utilisation d'espèces menacées pour ses recherches en se servant plutôt des résidus provenant des activités de pêche des habitants de la région.

Représentation du chalut de fond. Il s'agit d'un procédé qui racle les fonds marins afin de récolter un maximum de spécimens.



Pêches et Océans Canada

Une fois les organismes récupérés par les différentes compagnies, ils sont transférés en laboratoire où des spécialistes sont chargés de les identifier. Par la suite, les molécules qui les composent sont extraites afin de déterminer si elles ont des propriétés commerciales intéressantes. Pour ce faire, il est d'abord nécessaire de sécher les organismes et de les transformer en une poudre avec laquelle il est plus facile de travailler.

Dans le but d'identifier les différents composés présents dans les organismes étudiés, il faut commencer par les séparer, molécule par molécule. Selon Mme Annie Chouinard, coordonnatrice au développement du CRBM, cette étape est réalisée en fonction des caractéristiques physiques et chimiques des molécules. L'identification est une étape essentielle, car elle permet de révéler les caractéristiques de ces composés et d'ainsi mieux comprendre leurs effets et leurs éventuelles interactions lors de leur utilisation.

## « La bioprospection représente l'avenir du domaine biomédical, industriel et nutraceutique »

Une façon particulièrement efficace de détecter les composés d'intérêt est le procédé de criblage. Cette technique vise à analyser rapidement le potentiel de chacune des molécules présentes dans un organisme. Des banques de données permettent de séparer aisément les molécules déjà connues des nouvelles. De plus, des programmes informatiques sont utilisés pour prédire quel serait l'effet possible de ces nouvelles molécules. Suite à ces essais, des analyses plus poussées peuvent alors être entreprises.



La découverte de la trabectédine à partir de l'ascidie *Ecteinascidia turbinata*, dans les eaux avoisinant les caraïbes, remonte à 1984. L'ascidie, aussi appelée tunicier, est un animal invertébré vivant dans les fonds marins. La plupart du temps, les ascidies se retrouvent en colonie ce qui les fait alors ressembler étrangement à des plantes marines. À première vue, ce tunicier n'a pas de moyens de défense physique et est dans l'incapacité de se déplacer. Comment fait-il alors pour se défendre ? L'ascidie détient un taux très élevé d'un métal appelé vanadium dans son sang, ce qui le rend extrêmement désagréable au goût et décourage très vite les prédateurs potentiels !

(zeltianos.lefora.com)

Il y a tout de même des succès parmi les nombreux échecs. Prenons l'exemple de la trabectédine, aussi appelée l'ecteinascidin 743 (ET-743) et commercialisée sous le nom de Yondelis®. Ce médicament novateur a le pouvoir de guérir des cancers rares appelés sarcomes, qui touchent principalement les tissus mous tels que les muscles et les graisses. Son action provient de sa capacité à interrompre la division des cellules tumorales en interagissant avec l'ADN. La trabectédine s'est également illustrée comme étant efficace dans la guérison des mélanomes, qui sont des stades avancés du cancer du sein, du colon, des ovaires et des poumons. Une autre propriété intéressante de la trabectédine est qu'elle peut empêcher les cellules cancéreuses de devenir résistantes à la chimiothérapie. De plus, elle est moins toxique que d'autres formes de chimiothérapie. Ainsi, un traitement avec ce médicament n'est pas accompagné de perte de cheveux ou de neurotoxicité.

Pour la petite histoire : peu après la découverte de la trabectédine, PharmaMar, une compagnie pharmaceutique espagnole qui venait de voir le jour a acheté une licence sur ce produit. Dans le but d'atténuer les coûts de collecte des spécimens, cette compagnie s'est associée à des compagnies de pêche afin de récupérer les divers organismes remontés suite au chalutage. L'entreprise a vite constaté que la quantité d'ascidies nécessaire pour extraire la trabectédine est énorme. Elle se tourna donc vers sa synthèse, mais cette dernière s'est avérée très coûteuse et trop compliquée à réaliser. Étant donné que l'industrie pharmaceutique ne peut se permettre une rupture de stock, les chercheurs ont alors travaillé sur le développement d'une méthode permettant sa synthèse partielle. C'est-à-dire qu'au lieu de recréer totalement la molécule, une partie est obtenue grâce à la transformation de la cyanosafraïne, un produit issu de la fermentation de la bactérie *Pseudomonas fluorescens*. Finalement en 2007, tous ces efforts ont été récompensés par l'autorisation de commercialiser la trabectédine comme médicament orphelin-traitant des maladies rares c'est-à-dire comme aucun autre traitement connu à ce jour. Il s'agit donc d'un véritable succès dans le domaine biomédical !

D'autre part, on retrouve également dans la course à la découverte les compagnies dites nutraceutiques. Les nutraceutiques sont des produits fabriqués à partir d'une substance alimentaire. Ils ne se consom-

ment que sous forme de comprimé ou de poudre. Les nutraceutiques ont un effet bénéfique pour l'organisme tout en le protégeant contre certaines maladies chroniques. Par exemple, on pense tout de suite aux capsules d'oméga-3 et à la glucosamine, deux produits originaires de l'océan.

### DU CÔTÉ DE L'INDUSTRIE « VERTE » : DES PROMESSES POUR L'AVENIR AVEC LES MICROALGUES COMME... CARBURANT !

Notre consommation de pétrole ne cesse d'augmenter, poussant les industries à trouver des solutions alternatives. C'est pourquoi la production de biodiésel à partir de cultures de micro-algues devient un sujet de recherche particulièrement attrayant. Cette production présente plusieurs avantages par rapport à celle réalisée à partir de plantes terrestres. Citons l'utilisation de terres non agricoles, l'absence d'impact sur la production alimentaire, la croissance très rapide ainsi que la possibilité de récupérer des eaux usées pour leur production. En plus de tous ces avantages, il faut savoir que le rendement des microalgues est dix fois supérieur à celui des plantes terrestres pour la conversion de l'énergie solaire en composés organiques. Par conséquent, l'extraction d'huile de micro-algues à des fins de production de biodiésel s'avère une méthode très prometteuse ! En outre, avec l'obtention d'huile, une importante biomasse résiduelle est créée sous la forme de coproduits.

Afin de maintenir un coût de production compétitif, ces coproduits issus principalement de débris cellulaires devront trouver leur place comme futurs produits. Il s'agit là d'un défi de taille, car même si un brillant avenir se dessine pour cette nouvelle alternative il reste encore plusieurs améliorations à apporter au procédé pour augmenter la productivité de ces cellules photosynthétiques.

### Une industrie en plein essor...

La bioprospection marine est un domaine prometteur aux applications multiples. Les découvertes sont nombreuses et la recherche ne cesse de progresser. Toutefois, un écueil subsiste. La chasse aux nouvelles molécules est hasardeuse et l'exploitation peut être dévastatrice pour les écosystèmes marins exploités. De plus, le développement de nouveaux produits est extrêmement long et coûteux et les résultats n'offrent aucune garantie de succès. Les projets sont donc souvent abandonnés.

Malgré cela, la commercialisation de plusieurs produits comme la trabectédine permettent aux entreprises de garder espoir. L'amélioration des méthodes de synthèse permet une plus grande capacité de production dans des délais plus courts et à moindres coûts. D'autre part, l'utilisation des micro-algues dans la production du biodiésel permet de remplacer de manière profitable les plantes normalement destinées à l'alimentation (i.e. blé, maïs, tournesol).

En somme, c'est une industrie en plein essor qui propose de belles opportunités à ceux qui ont suffisamment de temps et d'énergie à y investir. 🍷

### Quelques exemples de produits, issus de la bioprospection marine, déjà commercialisés.

Type d'organisme	Biomolécule intéressante	Applications et propriétés
Macro-algue brune	Laminarine	Pharmaceutique : médicament anticoagulant
Crustacés [crevette]	Glucosamine et sulfate de chondroïtine	Pharmaceutique : médicament qui aide à la régénération des cartilages articulaire [arthrite]
Poissons et mammifères marins [phoque, hareng etc.]	Acide gras Oméga 3w	Nutraceutique : traitement des troubles cardiovasculaires

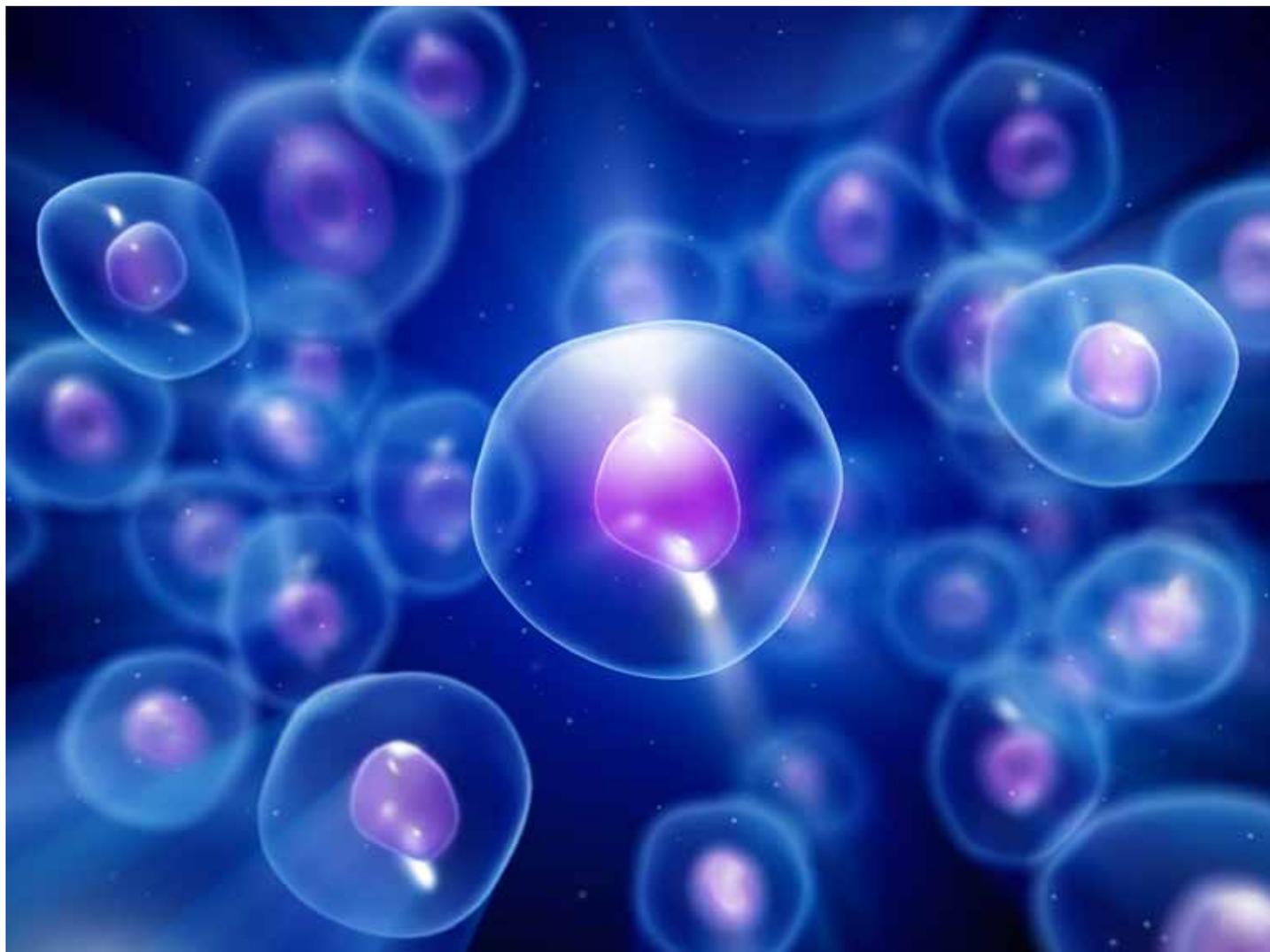
# REMERCIEMENTS

Le comité du Point Biologique tient à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de la revue dans ce contexte de grève. C'est grâce à la collaboration et à l'engagement de tous les étudiants-es que nous avons pu mettre sur pied la 6<sup>e</sup> édition de la revue que nous sommes fiers de vous présenter. Nous tenons à souligner spécialement la grande contribution d'Olivier LeBlanc-Lussier, étudiant en Design Graphique à l'UQAM, sans qui nous n'aurions pu vous offrir le design original du Point Biologique. Nous aimerions également remercier l'ensemble des personnes ressources citées dans les articles pour leur contribution et leur expertise.

Un merci tout spécial à Diane Carreau, du service à la vie étudiante de l'UQAM, pour son soutien et ses précieux conseils. Merci aussi à Catherine Mounier et Pedro Peres-Neto, professeurs, de nous avoir supportés dans nos démarches. Finalement, nous remercions tous nos commanditaires qui nous ont permis de publier la revue.

En espérant qu'avec cette revue nous avons réussi à vous partager notre amour pour les sciences.

Le comité du Point Biologique.



## **Le baccalauréat en biologie apprentissage par problèmes**

Approche pédagogique novatrice qui met l'accent sur l'étudiant et les besoins de formation de demain  
Classe de 12 étudiants accompagnés d'un tuteur  
Premier cours à notre centre écologique de Saint-Michel-des-Saints

Équipe dynamique, professeurs réputés  
Choix de trois axes pour la troisième année :  
Biologie moléculaire et biotechnologie  
Toxicologie et santé environnementale  
Écologie  
Stage de recherche et /ou stage en entreprise  
Préparation aux cycles d'études supérieures  
Possibilité de stage à l'étranger

Pour plus d'informations, communiquez avec le module de biologie  
2080, rue St-Urbain, SB-R810  
Téléphone : 514-987-3654  
Courriel : [moduledebiologie@uqam.ca](mailto:moduledebiologie@uqam.ca)  
Site web : [www.bio.uqam.ca](http://www.bio.uqam.ca)



Papier recyclé