

# LE POINT BIOLOGIQUE

16e édition - 2022

ENTRE NÉCESSITÉ ET CATASTROPHE :  
LES FEUX DE FORÊT AURONT-ILS LA PEAU DE LA FAUNE AUSTRALIENNE?  
NOUVELLE VIANDE, MÊMES ENJEUX?

LE VIRUS DE LA RAGE DISSIMULÉ SOUS LES TROPIQUES?

LACS EMPOISONNÉS, À QUI LA FAUTE?

L'ANTIBIORÉSISTANCE : PROBLÈME MODERNE,  
REMÈDE ANCIEN



*Physalia physalis* : un zooplancton composé de quatre types de polypes dont l'un d'entre eux assure la flottaison. Attention, ce n'est pas une méduse, il peut toutefois générer des brûlures intenses!

**LE  
POINT  
BIOLOGIQUE**

---

## Éditrice et rédactrice en chef

Maude Keyser

## Graphisme et mise en page

Mathilde Hébert

## Membres du comité du point biologique

Gabrielle Dufour, Guillaume Marleau, Judith Lord, Mariane Fortin-Archambault et Nicolas Bastien-Poirier

## Rédacteurs

Antoine Hamlet, Ève Comeau, Charles Montpetit, Gabrielle Dufour, Hendrick Paquette-Ambroise, Hilary Noutcha, Jean-Michel Laliberté, Lucine Gonnet, Maleaume Voirnesson, Mylène Laliberté, Nicolas Bastien-Porlier, Patrice Léveillé, Romy Seminario, Raphaël Bouchard Piché, Roxane Hutchings-Baudin, Sarah Vigeant, Samah Smatti, Simon Thibault Routhier, Thierry Mourocq et Vincent Blouin.

## Correctrice

Béatrice Dion-Desroches

## Comité de sélection

Caroline Tétrault, Catherine Jumaris, Daniel Rivest, Matthieu Devito, Michel Chenier, Steven Kembel, Tatiana Scorza et Valérie Harvey.

## Encadrement professoral

Denis Réal et Nicolas Pilon

Édité par le regroupement des étudiant(e)s en biologique de l'Université du Québec à Montréal (RÉÉBUQAM)

141 Président-Kennedy, Montréal, Québec,  
H2X1Y8, Canada, local SB-R231  
Téléphone : 514-987-3000 poste 4152  
Courriel : reeb@uqam.ca

## Impression

Repro-UQAM

## ISSN

1913-2697

Les textes publiés dans cette revue peuvent être reproduits, copiés, distribués ou modifiés pour autant que la source soit mentionnée. Par contre, les images ne peuvent être reproduites ou redistribuées.

Copyright Mai 2022

Pour rejoindre l'équipe de la revue, prière d'écrire au rédacteur en chef de l'année en cours : lepoint-biologiqueuqam@gmail.com ou momo.k@hotmail.ca

Cette revue est également disponible en version électronique : <https://lepointbiologique.wordpress.com/volume-16-2022/>

# 01

---

## RÉDACTION

(deux semaines)

Dans le cadre  
du cours  
BIA4000 (Projet  
multidisciplinaire)

Choix du thème  
en rapport avec  
au moins 2  
spécialisations  
(toxicologie  
et santé  
environnementale,  
écologie et/  
ou biologie  
moléculaire et  
biotechnologie)

Recherches en  
équipe de trois ou  
quatre étudiants

Entrevues avec des  
spécialistes

# 02

---

## COMITÉ DE SÉLECTION

(deux semaines)

Lecture et sélection  
de cinq articles  
parmi les neuf par  
les membres du jury  
(professeur, expert  
de la vulgarisation  
et personne avec  
intérêt pour la  
biologie).

# 03

---

## CORRECTION

(une semaine)

Révision des  
articles par une  
étudiante en  
révision de texte  
spécialisée en  
sciences et la  
collaboration  
de nos équipes  
gagnantes.



# 04

---

## GRAPHISME

(deux semaines)

C'est là que la magie opère! Grâce à une étudiante en design de l'environnement et la rédactrice en chef, des miracles ont été réalisés en très peu de temps.

# 05

---

## IMPRESSION

(deux semaines)

Toute l'équipe peut enfin aller se reposer. Il ne reste plus qu'à croiser les doigts et espérer qu'on reçoive le tout à temps et en un morceau.

# 06

---

## VERNISSAGE

(le temps d'une soirée)

C'est enfin le temps de sortir ses plus beaux habits pour festoyer le temps d'une soirée et de présenter notre nouveau tout précieux. Bonne lecture !



**GUILLAUME  
MARLEAU**



**GABRIELLE  
DUFOUR**



**MARIANE  
FORTIN-  
ARCHAMBAULT**



**MAUDE  
KEYSER**



**NICOLAS  
BASTIEN-  
PORLIER**



**JUDITH  
LORD**

---

## MOT DE L'ÉQUIPE

Quand Nicolas est venu nous voir tout bonnement pendant une pause de laboratoire ou sur l'heure du dîner, nous n'aurions jamais pu évaluer l'ampleur qu'allaient prendre nos responsabilités dans les semaines qui allaient suivre. S'assurer qu'un tel projet voit le jour n'est pas une tâche facile! Vous tenez entre vos mains le fruit de plusieurs heures d'écriture, de recherche, de lecture et de relecture, de plusieurs dizaines de courriels envoyés, de nombreuses sollicitations auprès de spécialistes qui souvent se sont avérées sans réponse, de nombreuses modifications d'images et de mise en page et, finalement, beaucoup de sueur, de labeur et de travail acharné.

La réalisation de ce projet permet de clore la belle aventure qu'ont été les trois dernières années. À mi-parcours, une pandémie a explosé. Certaines personnes nous considèrent comme des « diplômés COVID ». Cependant, à mi-parcours, nous avons dû faire preuve, plus que jamais, de résilience et d'adaptation pour surmonter les obstacles d'une éducation qui n'était plus celle qui nous avait été promise. Certains nous ont quittés en cours de route sans même qu'on puisse leur dire au revoir, et d'autres nous ont retrouvés après une année difficile. C'est avec une très grande fierté que nous vous présentons aujourd'hui la 16<sup>e</sup> édition du Point biologique. Nous espérons que les sujets abordés piqueront autant votre curiosité qu'ils ont piqué la nôtre! Bonne lecture!

## **BUT DU POINT BIOLOGIQUE**

Depuis sa création, l'objectif du Point biologique est de rendre plus accessible différentes connaissances scientifiques acquises durant les trois années du baccalauréat en biologie en apprentissage par problèmes par la vulgarisation et la diffusion d'une revue scientifique. Celle-ci cherche également à susciter davantage l'intérêt envers un sujet qui nous passionne, soit la biologie, et à sensibiliser à différents enjeux.

**«LE COMMENCEMENT DE TOUTES LES SCIENCES, C'EST L'ÉTONNEMENT DE CE QUE LES CHOSES SONT CE QU'ELLES SONT.»**

- Aristote

---

11

**ENTRE NÉCESSITÉ ET CATASTROPHE :  
LES FEUX DE FORÊT AURONT-ILS LA PEAU DE LA  
FAUNE AUSTRALIENNE?**

19

**NOUVELLE VIANDE, MÊMES ENJEUX?**

27

**LE VIRUS DE LA RAGE DISSIMULÉ SOUS LES  
TROPIQUES?**

35

**LACS EMPOISONNÉS, À QUI LA FAUTE?**

43

**L'ANTIBIORÉSISTANCE : PROBLÈME  
MODERNE, REMÈDE ANCIEN**

**SOMMAIRE**

---

PAR GABRIELLE DUFOUR, ROXANE HUTCHINGS-BAUDIN, MYLÈNE LALIBERTÉ ET SIMON THIBAUT ROUTHIER

# ENTRE NÉCESSITÉ ET C FEUX DE FORÊT AURO LA FAUNE AUSTRALIE

Pendant plus de huit mois, l'enfer des flammes s'est déchaîné sur l'Australie. C'est durant l'été de 2019, à la suite d'une importante sécheresse, qu'a débuté la plus dévastatrice saison de feux de forêt de l'histoire de ce pays. En mars 2020, des précipitations ont marqué la fin de ce grand brasier qui a causé la perte de plus de 8,19 millions d'hectares de forêt indigène, de 33 vies humaines et de plus de 3 milliards de reptiles, d'oiseaux, de mammifères et d'amphibiens. L'écosystème australien possède une résilience historique aux feux de forêt, mais l'accélération des changements climatiques entraîne l'augmentation de la durée et de l'intensité des feux ainsi que la fragmentation de l'habitat menaçant la faune locale. Y a-t-il un espoir de survie pour cette faune endémique, c'est-à-dire exclusive à ce pays, dans ce contexte?



# ATASTROPHE: LES ONT-ILS LA PEAU DE NNE?

## FUYEZ, SI VOUS LE POUVEZ?

Les brûlures ont d'abord causé les premières pertes de vies fauniques. Des animaux plus lents tels que des reptiles et des petits mammifères n'ont pas pu échapper aux brasiers comme l'ont par exemple fait les oiseaux. Bien qu'elles n'aient pas toutes été mortelles, certaines brûlures, comme celles infligées aux pattes, ont ralenti encore plus ces animaux qui se sont retrouvés piégés dans ce qui était jusqu'à tout récemment leur habitat. Trouver un refuge est devenu rapidement presque impossible vu l'intensité des feux. Beaucoup ont alors succombé à leurs blessures, au manque de ressources ou aux prédateurs opportunistes tels que les dingos et les oiseaux de proie. Le monoxyde de carbone relâché dans les épaisses fumées a rendu l'air très difficile à respirer.

Étant toxique par sa capacité à remplacer l'oxygène fixé à l'hémoglobine du sang, celui-ci perturbait gravement l'arrivée d'oxygène aux organes tels que le cerveau. Les fines particules voyageant dans la fumée provenant de la combustion du bois et des bâtiments urbains ont également causé des dommages irréversibles. En plus de contaminer le sol, la nourriture et les sources d'eau, ces particules ont la capacité de passer la barrière respiratoire et d'aller se loger dans les poumons des animaux. Les effets dévastateurs sur la respiration ont ainsi affaibli ou achevé une grande partie de la vie faunique restante. La biodiversité de l'Australie a alors été fortement ébranlée par la perte de plusieurs espèces endémiques et de leur habitat.





## LE SAVIEZ-VOUS?

Bien que le comportement soit connu du folklore des aborigènes d'Australie depuis longtemps, Mark Bonta, géographe et ornithologue, et ses collaborateurs ont documenté pour la première fois l'utilisation surprenante des feux de forêt par certains oiseaux de proie. Les milans noirs (*Milvus migrans*), les milans siffleurs (*Haliastur sphenurus*) ainsi que les faucons bruns (*Falco berigora*) ramassent des brindilles en feu et les laissent tomber en vol dans des zones d'herbes intactes près des feux. Les proies réfugiées dans les herbes, comme les petits mammifères, les insectes et les reptiles, fuient et les oiseaux les chassent. Certains animaux australiens ont appris, au cours de leur évolution parsemée d'incendies, à jouer avec le feu!



BOB GOSFORD

## DANS LE FEU DE L'ACTION

Dans la foulée des feux incessants, les premiers efforts déployés se sont concentrés à protéger les vies humaines et les biens matériels. Malheureusement, les populations d'espèces en danger et leurs habitats étaient au bas de l'échelle des priorités des opérations contre les flammes. Puis, dès que les feux cessaient momentanément, l'attention était portée majoritairement sur le bien-être des animaux atteints. Étant silencieux, lents et dotés d'une stratégie de protection se limitant à se mettre en boule au sommet des arbres, les koalas font partie des espèces vulnérables aux feux de forêt de cette ampleur. Outre la vocalisation durant la saison des amours, ces animaux se font d'une discrétion quasi absolue en temps normal. Alors, surpris par les glapissements des koalas, plusieurs citoyens en déplacement aux abords des zones d'incendies se sont rués pour leur venir en aide. Ces scènes héroïques ont rapidement fait le tour des médias sociaux, déclenchant ainsi un important mouvement de solidarité autour de l'aide apportée aux espèces iconiques australiennes.

Cette vague d'entraide internationale s'est traduite en dons de près de 100 millions \$AU pour les organismes locaux de bien-être animal. Heureusement, de grands joueurs se sont mis à prendre la menace de l'écosystème au sérieux. Le gouvernement australien a retroussé ses manches et a offert de doubler la somme de don amassées pour déployer des actions concrètes de protection des écosystèmes en formant des groupes d'experts pour analyser la situation, puis pour développer des programmes d'urgence. Celui-ci a dû prendre la décision difficile d'abattre du haut des airs le bétail domestique laissé sans propriétaire qui menaçait la régénération des forêts en se nourrissant du peu de végétation restante. Ils ont également dû éliminer certains prédateurs exotiques, comme les renards, qui contribuaient à réduire les populations de faune indigène affaiblies.

## À BOUT DE RESSOURCES

Lors des semaines suivant le passage des feux, divers organismes se sont mobilisés pour venir en aide aux animaux sauvages touchés par la tragédie. Ces organismes avaient cependant aussi vécu l'enfer et plusieurs cliniques vétérinaires avaient été évacuées et endommagées par les feux. Allant de la simple panne de courant à la destruction complète de l'établissement, ces dommages ont mis beaucoup de vétérinaires dans une position difficile. Il était déjà habituel pour les cliniques de traiter quelques animaux sauvages locaux chaque semaine, un service pour lequel ils ne recevaient presque aucune compensation financière. À la suite des mégafeux, un grand nombre de ces animaux a inondé les centres de soins vétérinaires et offrir des traitements adéquats s'est grandement compliqué. Cette situation a été très difficile pour tous les employés ayant travaillé directement avec la faune. D'après le Dr Todd Shury, gestionnaire intérimaire pour Santé et Gestion de la Faune de Parcs Canada et professeur auxiliaire au département de pathologie vétérinaire du Western College of Veterinary Medicine,

**«cela peut avoir un impact réel sur les gens, pas seulement les vétérinaires, mais les pompiers aussi. Ils sont souvent les premiers à trouver les animaux sévèrement blessés et cela peut être très traumatique».**

Les travailleurs en santé animale ont aussi dû faire le choix déchirant d'euthanasier certains animaux. Certains souffraient de brûlures importantes et leurs chances de survie étaient trop faibles pour les déplacer vers une clinique.

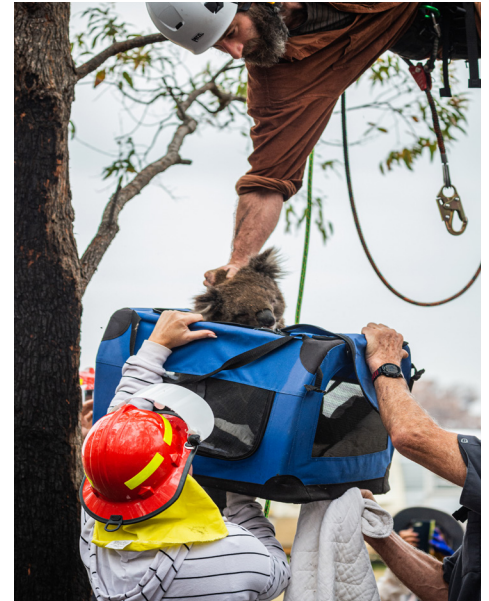
### Une employée débordée avec l'arrivée de plusieurs wallabies à réhabiliter



JO-ANNE MC ARTHUR /WE ANIMALS MEDIA

Ces fameux centres de réhabilitation ont fonctionné au maximum de leur capacité. Plus de 20 000 volontaires australiens se sont dévoués jour et nuit au sauvetage et à la réhabilitation de la faune indigène. Les fonds gouvernementaux ont aussi permis l'installation de nichoirs artificiels et d'alimentation complémentaire pour des espèces ciblées. Avec des feux de cette envergure, beaucoup d'habitats et de sources de nourritures ont brûlé, laissant les animaux survivants dans une situation difficile.

**Un koala retrouvé maigre et déshydraté est mis sous sédatif par des vétérinaires dans le but de le relâché dans une forêt intacte.**



JO-ANNE MC ARTHUR /WE ANIMALS MEDIA

### Le corps inanimé d'un kangourou



JO-ANNE MC ARTHUR /WE ANIMALS MEDIA



L'organisation australienne National Parks & Wildlife Service (NPWS) a mobilisé des effectifs pour lancer des caisses de nourriture aux animaux à l'aide d'hélicoptères. Le World Wildlife Fund (WWF) a déployé des efforts similaires en acceptant des dons de ses supporters et en distribuant les ressources dans les zones affectées pendant plusieurs mois. Le foin, les fruits, la végétation locale et les légumes distribués ont constitué une solution temporaire en attendant les prochaines pluies permettant à la végétation de repousser.

### **Dr Chris Barton amène de l'eucalyptus pour les koalas survivants**



JO-ANNE MC ARTHUR /WE ANIMALS MEDIA

### **un wallabies profite des ressources distribuées dans les zones incendiées**



JO-ANNE MC ARTHUR /WE ANIMALS MEDIA

**« C'est assez horrible de voir un animal avec ce genre de blessure et on doute de soi. Aurions-nous dû l'euthanasier ? Aurions-nous dû essayer de l'amener à un centre de réhabilitation ? »**

-Todd Shury, médecin vétérinaire.

## **SAUVE QUI PEUT**

L'Australie est un pays ayant une biodiversité particulièrement intéressante. Par son histoire biogéographique datant de la dérive des continents, ce pays compte la plus grande diversité et la plus grande abondance de marsupiaux autour du globe. De nombreuses espèces anciennes y sont présentes et ne peuvent être trouvées nulle part ailleurs. Au sein de cette richesse unique, des espèces moins charismatiques que le koala et le kangourou ont cependant été négligées dans l'emportement créé par la catastrophe. En effet, le statut de conservation de certaines espèces comme le cacatoès à tête rouge (*Callocephalon fimbriatum*) et le planeur à ventre jaune (*Petaurus australis*), précédemment considérés comme stables, a basculé durant les mégafeux de 2019-2020 et doivent être reconsidérés par les scientifiques. Heureusement, d'autres espèces ont fait l'objet de projet de rétablissement avant qu'il ne soit trop tard.

### **Cacatoès à tête rouge**



### **Planeur à ventre jaune**



Une espèce particulière sur laquelle des efforts de conservation ont été déployés est le renard volant à tête grise (*Pteropus poliocephalus*), une chauve-souris native d'Australie. Cette espèce est particulièrement sensible à la chaleur et ses populations avaient déjà diminué de manière alarmante avec les hautes températures et la sécheresse ayant précédé les feux. Avec les événements tragiques de 2020, la survie de l'espèce est maintenant remise en question. Étant une espèce pollinisatrice, elle pourrait jouer un rôle important dans la restauration des forêts consumées par la catastrophe.

Une autre espèce ayant retenu l'attention des scientifiques a même frôlé l'extinction! Le dasyorne brun (*Dasyornis brachypterus*) est un petit oiseau endémique, déclaré en danger avant l'été de 2019. L'espèce a été extirpée de justesse par une équipe d'experts mandatée par le gouvernement de l'État de Victoria. Après la capture de quinze dasyornes, l'équipe les a mis en sûreté au zoo de Victoria où un programme de reproduction en captivité a été mené. Trois mois plus tard, après que les feux aient ravagé la moitié de leur aire de répartition, la plupart des dasyornes du zoo de Victoria ont été relâchés dans leur milieu d'origine. À ce jour, les oiseaux rescapés sont suivis étroitement, dans l'espoir de perpétuer l'espèce.

### Renards volants à tête grise rescapés avec une peluche à cajoler dans leur enclos



WRSC SHOALHAVEN BAT CLINIC AND SANCTUARY

### Dasyorne brun de l'Est remis en liberté à Howe Flat en Australie



## QUAND TOUS METTENT LA MAIN À LA PÂTE

Limités par les restrictions sanitaires causées par la pandémie de COVID-19, les professionnels affairés à recenser la présence d'animaux ont fait appel à une solution des plus originales pendant la catastrophe : les observations de simples citoyens confinés chez eux. Effectivement, des Australiens aux quatre coins du pays se sont prêtés au jeu d'être les yeux et les oreilles des scientifiques via des applications spécialisées sur leur téléphone (FrogID, eBird, iNaturalist). Cette contribution, appelée « science citoyenne », a permis aux scientifiques de recueillir des indices importants sur la santé de la faune. Notamment, des indices sur la résistance aux flammes d'une soixantaine d'espèces de grenouilles et, conséquemment, celles qui manquaient le plus à l'appel. De plus, les ornithologues amateurs ont aidé à déterminer à quelle période certaines espèces d'oiseaux avaient recommencé à occuper les zones atteintes. L'expérience australienne a permis de démontrer le potentiel de l'inclusion de tous les observateurs volontaires en sciences, amateurs ou non!

Bien que des protocoles visant à rétablir ces espèces aient été mis en place, des experts de l'écosystème australien comme le professeur Christopher Dickman de l'Université de Sydney suggèrent que les effets complets des feux sur la biodiversité ne seront connus qu'après des années de recherche, car certaines espèces sont désormais engagées sur la voie d'une extinction accélérée.



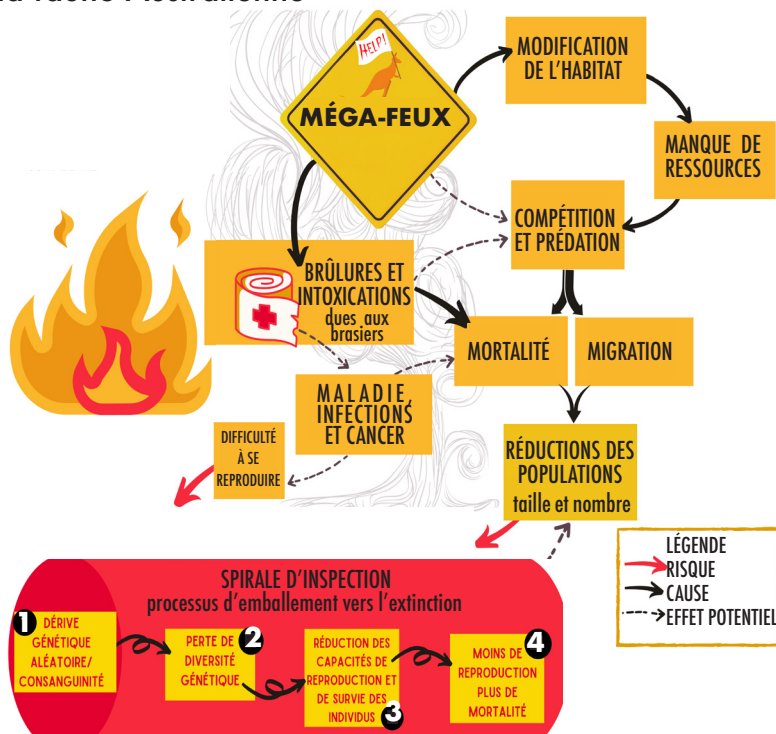
# QUI A DIT QU'APRÈS LA PLUIE VIENT LE BEAU TEMPS?

Bien que les feux ont fini par perdre de leur intensité grâce aux précipitations, les conséquences sur la faune n'ont cessé d'augmenter. La fumée et les cendres libérées par la combustion des arbres, des maisons, des voitures et de certains déchets de plastique peuvent avoir des impacts importants à long terme sur la santé des animaux. Lorsque les composés libérés se dispersent sur de très grandes distances et que les animaux les inhalent, ceux-ci ont un plus grand risque de développer des maladies cardiovasculaires, des cancers, des difficultés respiratoires et un affaiblissement du système immunitaire. Ces effets secondaires peuvent interférer avec la croissance des individus et leur longévité, menant à un déclin des populations ayant survécu aux feux. La mortalité causée par les brasiers successifs, la libération de fumée, la détérioration des paysages et les comportements de fuite qui dispersent la faune augmente dangereusement le risque d'extinction locale sur le territoire australien. Ces populations réduites risquent de se retrouver aux prises avec des difficultés génétiques (par exemple de la consanguinité) perturbant les aptitudes des individus à se reproduire et à survivre, ce qui ne fait qu'aggraver leur déclin.

Ce processus d'emballement du risque d'extinction est mieux connu par les biologistes sous le nom de « spirale d'extinction. »

## IMPACTS ÉCOTOXICOLOGIQUES DES MEGA-FEUX SUR LA FAUNE

Comment la saison des feux de 2019-2020 a affecté la faune Australienne



GABRIELLE DUFOUR, MYLÈNE LALIBERTÉ, SIMON THIBAUT ROUTHIER ET ROXANE HUTCHINGS-BAUDIN

## BRÛLER LE FEU ROUGE

La saison des feux en Australie est un événement essentiel pour l'équilibre de l'écosystème local puisqu'elle est nécessaire pour fournir des conditions idéales au développement de plusieurs organismes vivants. Ces feux permettent à certaines plantes de libérer leurs graines, ils rendent de la nourriture accessible aux animaux et ils sont même cruciaux pour certains insectes. Comme l'explique le Docteur Yan Boulanger, chercheur scientifique en écologie forestière au Centre de foresterie des Laurentides, les insectes saproxyliques sont des espèces qui dépendent du bois en décomposition pour compléter leur cycle de vie. Certaines larves de coléoptères saproxyliques se nourrissent de l'écorce interne des arbres qui est accessible après le passage d'un feu. Cependant, les feux dévastateurs comme ceux de 2019-2020 brûlent la nourriture des larves. Bien que les forêts australiennes soient adaptées aux feux fréquents, il sera difficile pour la nature de se remettre de l'intensité de ces derniers événements. Ces feux destructeurs ayant causé des milliards de morts et ayant même été jusqu'à l'extinction de certaines populations locales vont nécessiter plusieurs décennies avant le retour d'un écosystème stable.

Malgré tout, à ce jour, on peut déjà observer un retour graduel de la végétation et de certains animaux dans les zones incendiées. Les scientifiques avaient alarmé le gouvernement australien du risque de déclenchement des feux de forêt pouvant avoir d'énormes conséquences à cause des temps de sécheresse et de l'augmentation de la température, mais le gouvernement avait choisi d'ignorer les recommandations. Après la mise en garde, un budget de 40 millions de dollars a d'ailleurs été retiré des services d'intervention d'incendie et de sauvetage. Plusieurs études démontrent qu'il serait préférable d'écouter les scientifiques afin de mettre en place des interventions pour prédire, détecter et combattre les feux afin de protéger la faune.



JO-ANNE MC ARTHUR /WE ANIMALS MEDIA

## CONTRÔLER L'ÉTINCELLE AVANT QU'ELLE NE DEVIENNE TRAGÉDIE

Malgré tous ces efforts de conservation mis en place tels que la réhabilitation des animaux touchés, l'élimination du bétail et des prédateurs nuisibles au rétablissement de l'écosystème, et les programmes de recherches sur les espèces perturbées, certaines précautions pourraient avoir un meilleur succès pour protéger la faune de ces catastrophes qui sont de plus en plus fréquentes. Selon plusieurs sommités de la question, la connectivité de larges parcelles d'habitats, la gestion des feux de forêt et des espèces envahissantes, la géolocalisation des espèces vulnérables aux mégafeux, et, surtout, les actions entreprises contre les changements climatiques sont les efforts à cibler pour limiter les répercussions sur les animaux. Certains scientifiques suggèrent même l'utilisation des satellites pour détecter les points chauds sur la terre et le développement d'un système de drones afin de détecter les feux rapidement et de contrôler les flammes le temps que les pompiers puissent arriver sur place et éteindre le feu. Nous devons continuer la recherche sur la détection des feux ainsi que de rendre les informations accessibles à tous, car, comme le dit le Dr Yan Boulanger, le réchauffement climatique va favoriser l'intensification des feux partout dans le monde, même au Canada. En conclusion, il est nécessaire d'entreprendre des procédures pour mieux protéger les habitats vulnérables aux feux avant qu'une catastrophe similaire aux mégafeux de la saison 2019-2020 ne les ravage et ne mette en péril la faune qui y vit.

## MIEUX VAUT PRÉVENIR QUE GUÉRIR

Lorsque nous avons demandé à Todd Shury, vétérinaire à Parcs Canada, si le Canada était préparé à une telle catastrophe dans le cas où elle toucherait nos parcs, il nous a répondu: «**Je dirais que probablement pas. Nous manquons probablement de protocoles détaillés puisque nous n'avons jamais rien vécu de la même ampleur que ce qu'ils ont vu en Australie en 2020 [...], mais on pourrait éventuellement!**» La communauté de vétérinaires se dévouant à la faune semble prête à échanger de l'information assez librement et cela a permis au Canada d'améliorer les documents offerts aux employés de Parcs Canada, par exemple pour qu'ils soient mieux préparés à ce qu'ils pourraient voir de traumatisant. Mieux vaut prévenir que guérir. Nous aurions donc avantage à commencer à songer à de meilleurs protocoles pour extirper et protéger la faune des feux, ainsi que pour mieux prédire et contrôler les allumages. En effet, l'ampleur des feux dans l'ouest du Canada ne va pas en s'améliorant d'une année à l'autre, une situation qu'on peut attribuer aux changements climatiques. La certitude que la faune canadienne ne sera pas soumise aux mêmes épreuves que la faune australienne grâce à de meilleurs protocoles de gestion de crise serait rassurante pour tous!

# NOUVELLE VIANDE,

Avec l'arrivée d'une grande quantité de gammes de viande végétale, telle la populaire marque *Beyond Meat* en 2019, les végéburgers sont très appréciés auprès des Canadiens. Pour la majorité des consommateurs, le changement vers une diète « flexitarienne » est généralement motivé soit par des facteurs nutritionnels, soit par les enjeux climatiques actuels. D'ailleurs, les entreprises le savent et ciblent ces critères dans la majorité de leurs campagnes de marketing, ce qui tend à biaiser les acheteurs. Mais les viandes végétales sont-elles réellement meilleures pour la santé et pour l'environnement que les viandes animales? En raison de l'expansion croissante du marché des fausses viandes, plusieurs études s'intéressent à l'empreinte de carbone impliquée dans la production des produits de viandes alternatives par rapport aux viandes animales. Également, vu le haut niveau de transformation alimentaire nécessaire pour mimer le goût et la texture de la viande animale, la viande végétale ne serait pas nécessairement plus riche en nutriments que la viande animale, et donc n'est pas réellement un choix plus santé.



# MÊMES ENJEUX?

## UN BURGER AUX MILLE QUESTIONNEMENTS

Au cours des dernières années, de plus en plus de Québécois ont opté pour un changement dans leur alimentation en y introduisant de fausses viandes de type *Beyond Meat*. Étant offerts à des prix abordables et largement popularisés à travers les médias, ces produits séduisent le public puisqu'ils sont affichés comme étant meilleurs pour la santé et l'environnement. Ainsi, plusieurs consommateurs ont choisi de se tourner vers une diète « flexitarienne », aussi appelée semi-végétarisme, dans le but de réduire leur consommation de viandes animales. Les fausses viandes sont des aliments constitués de végétaux, souvent à base de soya ou de pois, et visent à imiter le goût, la texture ainsi que l'apparence visuelle de la viande. Vu la tendance née autour des viandes alternatives, la communauté scientifique s'intéresse de plus en plus à savoir si les bienfaits évoqués dans les campagnes de marketing des compagnies sont véridiques.

De ce fait, un questionnement principal s'impose: les viandes végétales sont-elles réellement plus saines et écologiques? En se fiant aux allégations des grandes compagnies, il peut devenir difficile de répondre à ces interrogations. D'un côté, la majorité des entreprises affirme qu'une alimentation végétale est moins nocive pour la santé à long terme puisqu'elle est moins riche en cholestérol et en gras que la viande rouge animale. D'un autre côté, les compagnies soutiennent que la production de fausse viande est moins dommageable pour l'environnement en comparant l'émission de gaz carbonique et l'utilisation d'eau nécessaire pour l'élevage de bétail. Quoi qu'il en soit, il est important de mentionner qu'aucun aspect en lien avec le bien-être animal ainsi que l'aspect économique ne seront abordés dans le cadre de cet article.



# LA VIANDE VÉGÉTALE OUVRE-T-ELLE RÉELLEMENT L'APPÉTIT DES QUÉBÉCOIS?

Dans le but d'établir un portrait global des habitudes de consommations et des connaissances générales des Québécois sur les viandes végétales, nous avons réalisé un sondage auprès de 200 personnes de tranches d'âge différentes. Parmi les répondants, 52 % ont affirmé consommer des viandes végétales, et 16 % en consomment une à trois fois par semaine. De plus, le prétexte pour lequel certains d'entre eux affirment ne pas en consommer est principalement parce qu'ils n'ont jamais testé les produits ou parce que leur prix est trop élevé. De manière générale, les gens sondés pensent que, du point de vue nutritionnel, les viandes végétales sont des choix similaires à la viande animale. Cependant, ceux-ci estiment que les viandes végétales sont plus écologiques. Selon ce même sondage, seulement 23 % des gens ont déjà effectué des recherches pour comparer les deux. Globalement, ces résultats permettent d'estimer l'intérêt, les motivations et le niveau de connaissance des Québécois quant à leur consommation de substituts de viande.

## VÉGÉTARIEN NE RIME PAS AVEC MEILLEUR POUR LA SANTÉ

Une des croyances populaires sur l'alimentation est basée sur le fait que l'adoption d'un régime végétarien est bénéfique pour la santé. Cette réflexion a poussé une multitude de chercheurs à approfondir le sujet, démontrant un lien entre ce type d'alimentation et certains bienfaits nutritionnels. D'un autre côté, la consommation de viande rouge a fortement été pointée du doigt et décrite comme ayant la capacité d'engendrer une multitude de maladies telles que des maladies cardiovasculaires ou des cancers. Même si les études ne montrent pas de lien direct entre la consommation de viande et ces problèmes de santé, il est admis que d'en réduire sa consommation pourrait être favorable pour la santé.

Selon Bernard Lavallée, nutritionniste et auteur du livre Sauver la planète, une bouchée à la fois, aussi connu sous le nom de Nutritionniste urbain, ces croyances ne sont pas étonnantes. En effet, jusqu'à tout récemment, être végétarien n'était pas aussi simple et impliquait une grande assiduité sur le plan culinaire afin de préparer des repas complets et diversifiés. Cela dit, une des raisons principales pour lesquelles le mode d'alimentation végétarien est bénéfique est parce qu'il implique une plus faible consommation d'aliments ultratransformés. « On réalise que les gens qui consomment des aliments ultratransformés sont en moins bonne santé sur plusieurs paramètres nutritionnels comparativement à ceux qui en mangent moins », affirme monsieur Lavallée en faisant référence au système de classification des aliments NOVA, qui regroupe les aliments selon quatre catégories afin de leur attribuer un indice de qualité nutritionnelle.

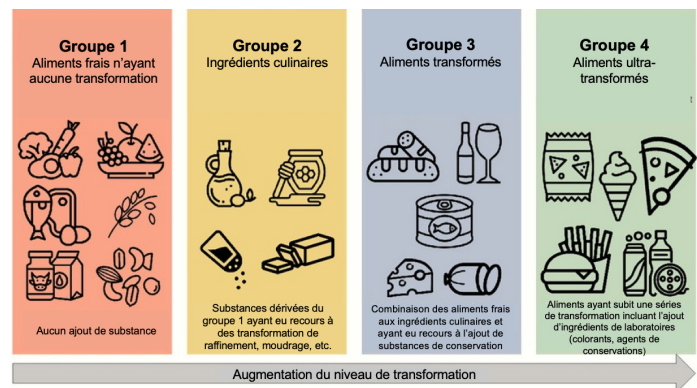
**«On réalise que les gens qui consomment des aliments ultratransformés sont en moins bonne santé sur plusieurs paramètres nutritionnels comparativement à ceux qui en mangent moins.»** - Bernard Lavallée, nutritionniste urbain

En considérant le système de classification NOVA, les galettes de végéburgers, constituées de végétaux, mais hautement transformées de façon à imiter le goût et la texture de la viande, ne sont pas des produits intéressants d'un point de vue nutritionnel. En effet, plutôt que d'accuser des ingrédients d'être nuisibles, tels le sucre ou le cholestérol, les études se penchent de plus en plus sur la corrélation entre les habitudes de consommation et le niveau d'hygiène de vie général. Soit dit en passant, une analyse comparative entre les viandes végétales et animales réalisée sur six boulettes fraîches ou congelées de marques différentes pour chaque type de produits démontre que les végéburgers comportent moins de gras et de cholestérol, tout en étant plus riches en fibres et en protéines. Étant donné que les deux options comportent une haute teneur en sodium, la meilleure option pour la santé reste le burger végétarien maison, cuisiné à partir de lentilles ou de haricots!

## DES BURGERS PLUS VERTS?

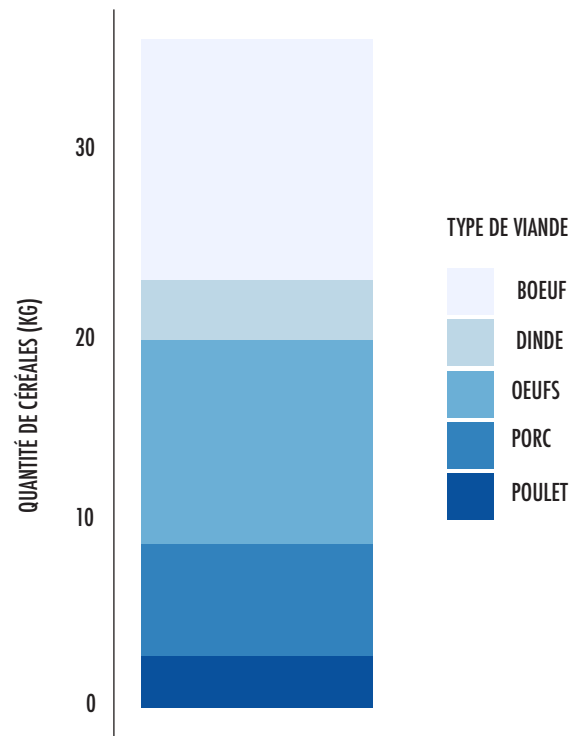
L'industrie alimentaire est connue comme étant particulièrement énergivore. Elle exploite une très grande quantité de ressources environnementales comme l'espace, l'eau et d'autres éléments impliqués dans le processus de production ou de transformation des aliments. D'après les travaux de Ritchie et Roser, ce secteur utilise mondialement 50 % des terres habitables, 70 % des eaux douces et 30 % de l'énergie. De cette énergie, selon une étude publiée en 2018 par Holden et collaborateur, la proportion non renouvelable représente de loin la majorité, avec un pourcentage de 79 %, et les énergies vertes ne sont impliquées que dans une petite partie des processus.

## LE SYSTÈME DE CLASSIFICATION NOVA, C'EST QUOI?



Il s'agit d'une méthode de classification des aliments développée par Carlos Monteiro dans les années 2010, au Brésil, lors de la mise en place du guide alimentaire brésilien. Cette méthode est aujourd'hui reconnue dans plusieurs pays du monde.

## QUANTITÉ DE CÉRÉALES REQUISE AFIN DE PRODUIRE 1 KG DE VIANDE DE DIFFÉRENT TYPE



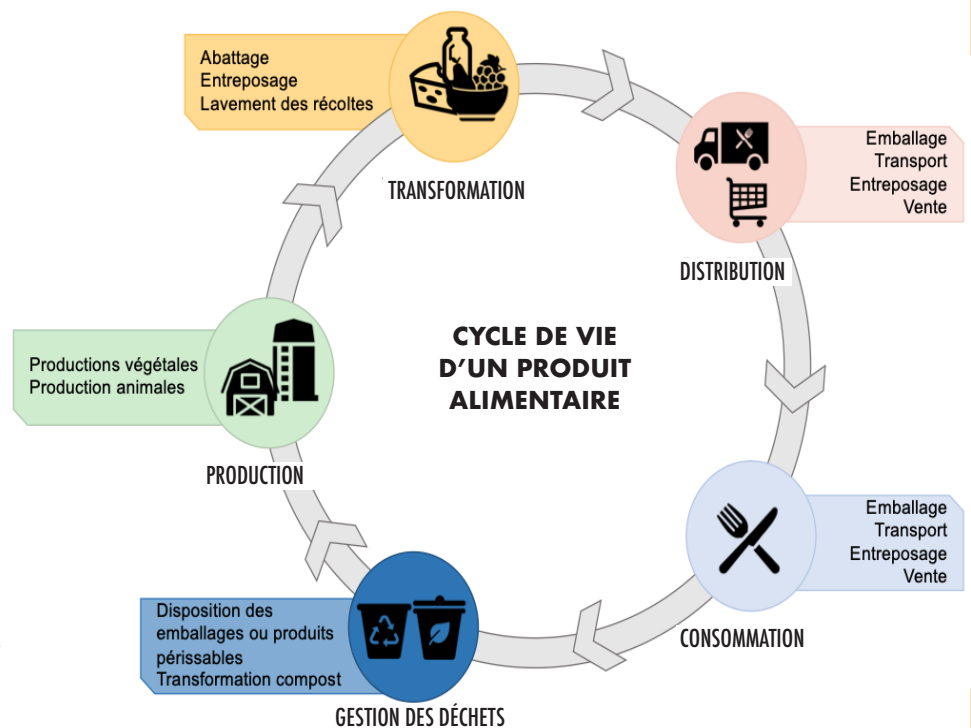
RITCHIE ET DE ROSER (2020)

Un regard plus précis sur la proportion des terres agricoles dédiées à l'industrie de l'élevage et à l'agriculture révèle que la plupart d'entre elles sont consacrées au bétail, et que celui-ci n'apporte qu'une infime partie de la nourriture mondiale. En observant la quantité de céréales nécessaires pour produire un kilogramme de bétail d'origines variées, des questionnements écologiques s'imposent. En d'autres mots, les animaux consomment-ils plus de ressources alimentaires et énergétiques qu'ils réussissent à en donner en retour? Étant donné la multitude de facteurs environnementaux à considérer pour mieux comprendre cette disparité, il peut s'avérer complexe d'y répondre.

De ce fait, afin d'établir un profil complet comparant les répercussions environnementales de la consommation de viande végétale par rapport à la viande animale, tous les facteurs doivent être pris en compte. C'est pourquoi il est possible de se tourner vers la méthode d'étude du cycle de vie, modèle analytique incluant une caractérisation précise des impacts écologiques associés à différents produits sur le marché.

## L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE, UN BILAN MULTICRITÈRE !

Il s'agit d'une représentation basée sur les notions du CIRAIG des étapes considérées lors de la détermination des bilans énergétiques dans l'étude du cycle de vie d'un produit. Cette méthode analytique telle qu'on la connaît voit le jour en Europe dans les années 90. Dans une perspective de développement durable, celle-ci est développée afin de regrouper les informations écologiques d'un produit pour pouvoir le comparer et prédire le risque qu'il représente pour l'environnement.

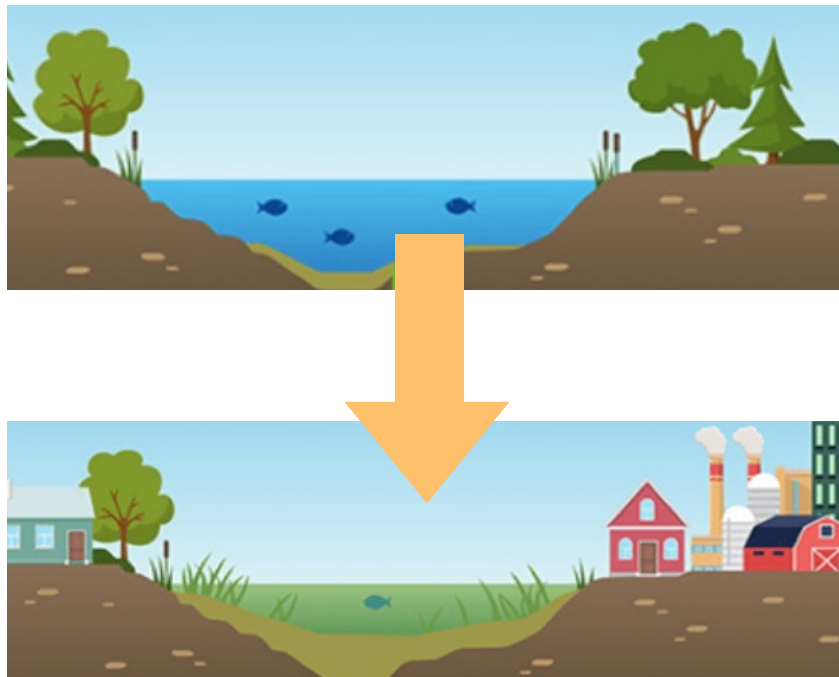


L'étude du cycle de vie est une méthodologie qui évalue précisément le bilan écologique de produits spécifiques. En effet, il s'agit d'une analyse qui comprend la demande en énergie, le relâchement de gaz à effet de serre, le potentiel d'eutrophisation, la demande en eau, l'utilisation de l'espace sur la Terre, la menace à la biodiversité et plusieurs autres facteurs évalués dans la vie d'un produit. Ces éléments, associés à différentes étapes dans la vie d'un produit, soit de la production à la consommation, permettent de déterminer quels produits sont les moins dommageables et quelles sont les étapes ayant un grand impact sur l'environnement.

C'est d'ailleurs avec ce type d'analyse que de récentes études peuvent déterminer le potentiel d'un aliment à nourrir la population humaine de manière durable en minimisant les retombées environnementales. Il s'agit également de la méthode qu'utilise Dominique Maxime, chercheur au Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG). « Ne se concentrer que sur les changements climatiques n'est que regarder qu'une fraction du problème et se cacher un œil pour ne pas voir la réalité de tous les autres enjeux », affirme monsieur Maxime en pointant du doigt le fait que l'émission de gaz à effet de serre (GES) est souvent médiatisée au détriment des autres facteurs environnementaux.

En ce qui concerne les fausses viandes, plusieurs compagnies comme Beyond Meat et Morning Star appuient une grande partie de leurs campagnes de marketing sur le principe que leurs produits sont largement plus écologiques que la viande animale. Pour attester cette différence, la compagnie Beyond Meat a effectué, en 2018, une étude du cycle de vie comparant une de leurs boulettes avec une boulette de bœuf du même poids sur le plan de la production de gaz à effets de serre, l'utilisation d'eau, l'utilisation de l'espace et de l'énergie pour chacune des étapes. Malgré les étapes supplémentaires pour parvenir à la boulette à base végétale, l'étude indique que celle-ci produit au total 10 fois moins de gaz à effet de serre, utilise 133 fois moins d'eau, 8 fois moins de surface terrestre et 2 fois moins d'énergie pour obtenir une même quantité de nourriture.

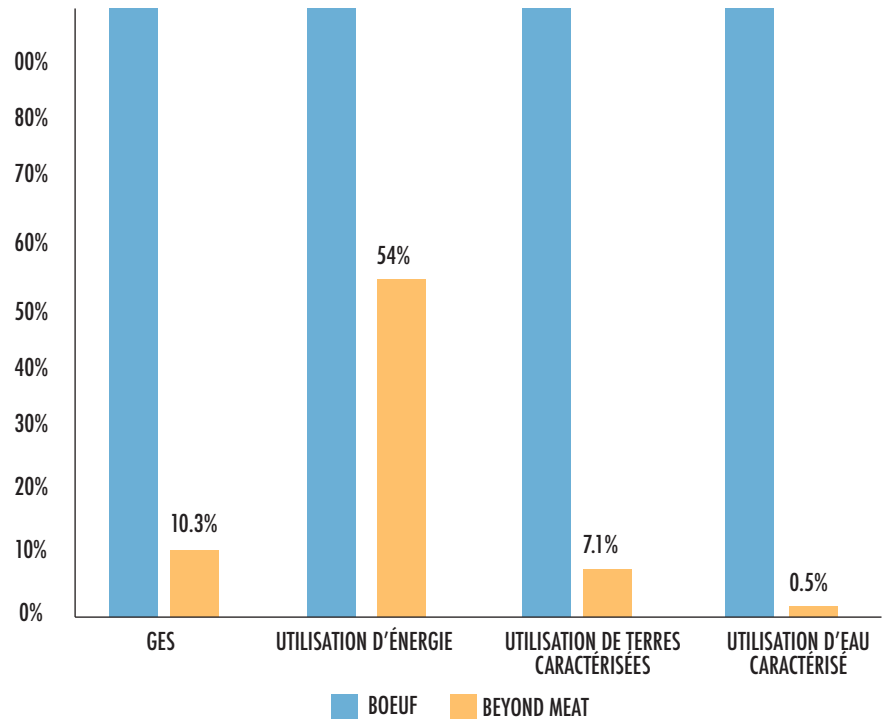
**L'eutrophisation est le processus de vieillissement d'un lac caractérisé par l'accumulation de nutriments ayant pour conséquence d'amener des changements de l'écosystème aquatique**





Une seconde étude datant de 2016 et réalisée par la compagnie de produits d'imitation de poulet et de burger MorningStar démontre des résultats de diminution de ressources similaires à la précédente. Celle-ci se distingue notamment par la considération de paramètres supplémentaires, dont l'eutrophisation et la toxicité touchant la faune. Bien que ces exemples d'analyse du cycle de vie des viandes végétales aient été réalisés par les entreprises elles-mêmes, leurs résultats sont corroborés par une multitude d'études indépendantes telles que celle réalisée en 2021 par Saerens et collaborateurs.

#### COMPARAISON DU RENDEMENT DE L'UTILISATION DE DIFFÉRENTES RESSOURCES POUR UNE BOULETTE DE BOEUF ET UNE BOULETTE DE BEYOND MEAT DU MÊME POIDS



HELLER ET KEOLEIAN

Néanmoins, selon Dominique Maxime, il ne faut pas trop dénigrer l'élevage animal, en particulier celui des bovins. En effet, même si la majorité des terres cultivées pour alimenter le bétail sont constituées de monocultures, il existe tout de même une faible proportion d'agriculteurs écologiques qui favorisent les prairies naturelles et choisissent de garder leurs bêtes en pâturage libre. Dans ce type d'élevage, les vaches ont le rôle de maintenir les prairies, en agissant comme tondeuses naturelles! Les bonnes pratiques agroalimentaires, comme la culture de plantes vivaces telles que le trèfle ou la luzerne, participent à la fixation d'azote dans le sol et à la diminution de l'utilisation d'engrais azotés.

**À l'heure actuelle, il n'existe pas de modèle scientifique pouvant prédire de façon juste et précise quels seraient les impacts futurs dans le cas où la majorité de la population diminuerait de plus de la moitié sa consommation de viande quotidienne. Cependant, la communauté scientifique s'entend pour dire que les retombées écologiques d'un changement vers une diète « flexitarienne » sont grandes et bénéfiques.**

# ALORS, LA VIANDE VÉGÉTALE EST-ELLE MEILLEURE?

La commercialisation massive de viandes alternatives et la montée en popularité de ces produits font en sorte que ceux-ci ne sont pas près de disparaître des tablettes d'épicerie. Le questionnement quant à savoir si les fausses viandes sont meilleures ou non est donc légitime, mais la réponse est à la fois oui et non. D'un point de vue environnemental, l'industrie des viandes alternatives affirme que ses produits sont plus verts et la communauté scientifique démontre que c'est bien le cas avec l'analyse du cycle de vie. Peu importe l'angle d'analyse choisi (contribution aux changements climatiques, atteinte à la biodiversité, occupation des sols, utilisation de l'eau, eutrophisation, etc.), la viande végétale demeure une solution à moindre impact.

D'une perspective nutritionnelle, même si la distinction entre les deux types de produit est moins claire, des études indiquent que la viande végétale est moins saine. En effet, l'évaluation de la qualité d'un produit ne s'arrête pas à ses constituants et à sa métabolisation. La littérature récente en nutrition met en lumière une corrélation directe entre le niveau de transformation des aliments et les risques liés à la santé. Sur ce point, les produits de viande végétale ultra transformés ne peuvent donc pas être, aussi simplement, associés à une saine hygiène de vie.



VACHES ÉLEVÉES EN PÂTURAGE LIBRE. PIER GAGNÉ

À la lumière de ces recherches, une chose est sûre: les choix alimentaires d'une population ont un impact énorme sur la santé des individus et sur celle de la planète. L'alternative explorée dans ce texte ne représente qu'une partie de l'éventail des choix qui s'offrent aux consommateurs et cette offre risque de s'accroître avec les années. Qu'il s'agisse de viande cultivée en laboratoire, de pâturage écoresponsable, de viande d'insecte ou de viande faite à base de mycètes, l'étendue des impacts de ces choix est aussi variée que les choix eux-mêmes. La meilleure façon d'être un consommateur responsable reste de s'informer au-delà des campagnes publicitaires.



# LE VIRUS DE LA RAGE SOUS LES TROPICS

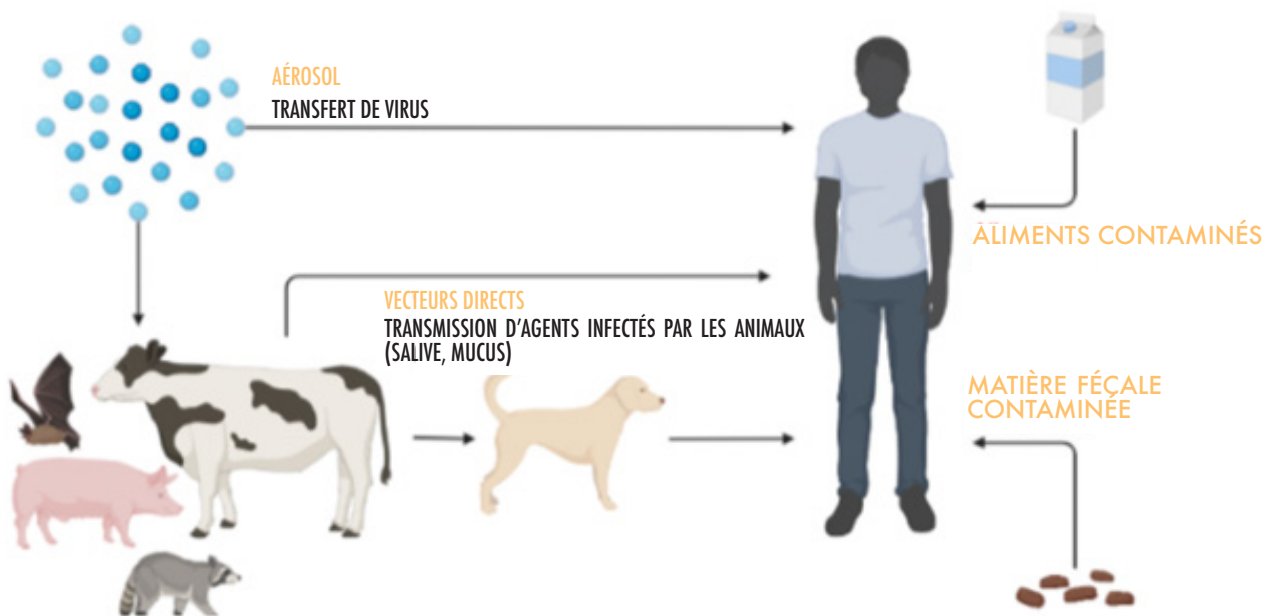
Lundi, le 9 octobre 2017, un jeune garçon de 10 ans vivant en Rhône en France est diagnostiqué avec la rage par l'Institut Pasteur de Paris. Cette histoire commence en août 2017 lorsqu'il est en voyage, avec ses parents, au Sri Lanka pour les vacances d'été. Le jeune garçon se fait mordre sur une plage par un chiot, mais la famille de celui-ci ne se sent pas trop inquiétée par la situation. À son retour en France, après avoir côtoyé bon nombre d'enseignants et d'élèves en raison de la rentrée scolaire, le garçon remarque une détérioration rapide de sa santé et est transporté d'urgence à l'hôpital le 4 octobre 2017. Il meurt le 17 octobre et une soixantaine de personnes, dont des membres de la famille de l'enfant, des élèves et du personnel de son école, ont depuis été vaccinées contre la maladie. Est-ce que les voyageurs canadiens devraient être plus alertes quant à la possibilité de contracter le virus de la rage lorsqu'ils sont à l'étranger? D'une part, il est nécessaire de comprendre quelles sont les particularités du virus de la rage et, d'autre part, bien que le scénario du petit garçon soit rare et que les cas de rage humaine et animale sont presque inexistants dans les pays occidentaux, n'importe quel voyageur est susceptible de faire face à ce genre de situation lorsqu'il ou elle voyage dans certains pays orientaux.

# RAGE, DISSIMULÉ QUESTES?

## QU'EST CE QUE LA RAGE?

Tout comme l'Ebola, l'influenza et même le SARS-CoV-2, la rage est une zoonose. Il s'agit d'une maladie qui se transmet d'un animal à l'autre et qui peut aussi être transmise aux humains et vice-versa. Au Canada, les animaux sauvages les plus susceptibles d'être contagieux et de transmettre le virus à l'homme sont les rats laveurs, les renards et les chauves-souris.

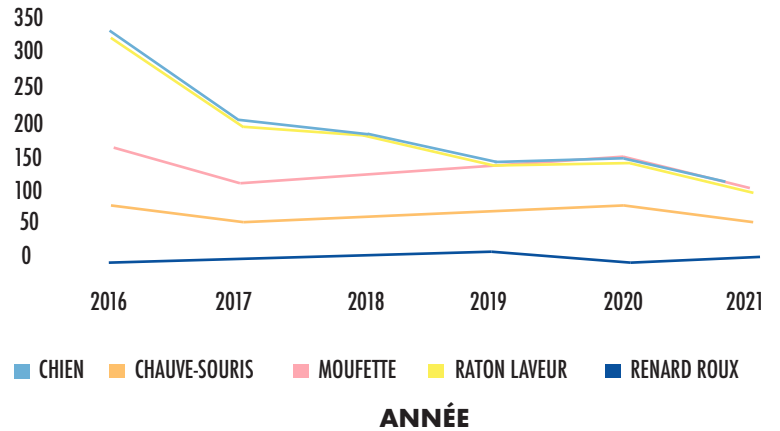
Il est à noter que la plupart des cas humains sont le résultat d'une exposition avec un animal domestique, comme le chien, qui a préalablement été infecté par un animal sauvage porteur. Il n'est pas rare chez les animaux sauvages que ceux-ci se nourrissent de carcasses. Ce mode de vie et certaines autres habitudes augmentent considérablement leurs risques d'exposition au virus de la rage, indique le Gouvernement du Québec.



Théoriquement, la situation au Canada est similaire à celle en France, c'est-à-dire qu'un nombre infime de cas est répertorié chaque année. Alors qu'elle était inquiétante avant les années 2000, il est possible de constater que la situation de la rage au Canada, surtout chez les animaux sauvages, est majoritairement sous contrôle. Entre 2016 et 2021, une diminution des cas d'infection répertoriés a été observée, et ce, pour la majorité des espèces animales à risque. Malgré cette diminution à grande échelle, le Gouvernement du Canada a constaté une baisse significative davantage chez le renard roux et le raton laveur. En 2021, les espèces les plus infectées par la rage étaient la moufette (27 cas) et la chauve-souris (51 cas). Plusieurs projets d'immunisation ont lieu, à l'aide d'appâts contenant des vaccins, dans les régions du pays où certaines espèces semblent plus affectées par la rage. Pour plusieurs espèces, les cas de rage sont en baisse depuis l'élaboration de ces projets d'immunisation. Cependant, il n'est pas toujours possible d'éradiquer la rage chez certaines espèces, car le mode d'action du virus n'est pas encore parfaitement compris par les experts.

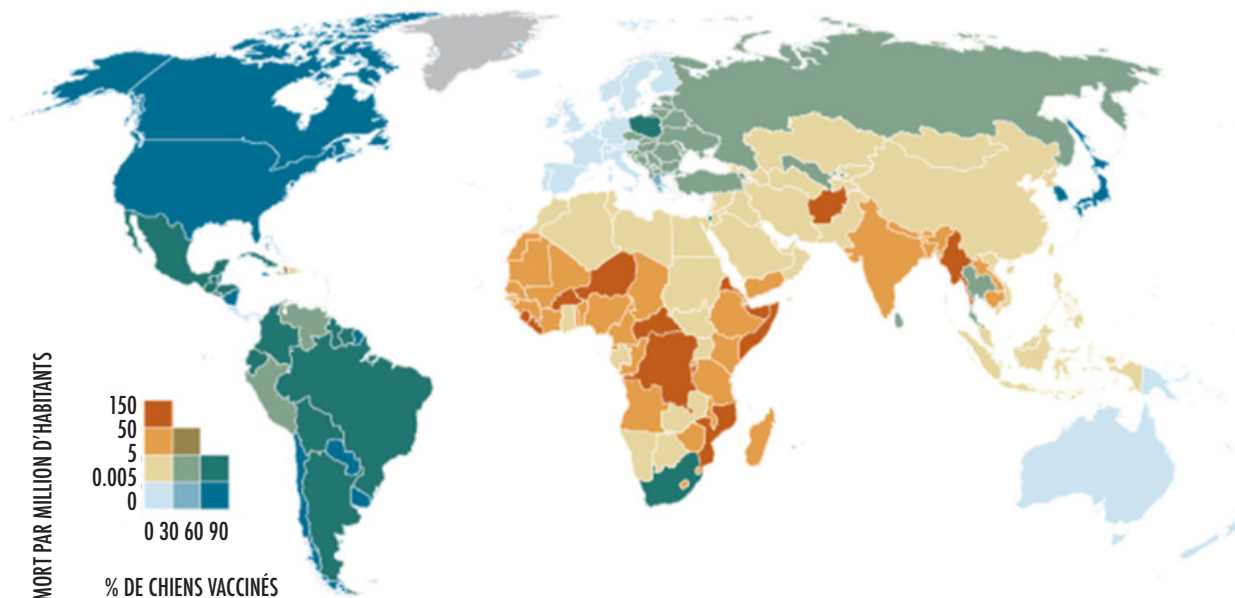
## RECENSEMENT DES CAS DE RAGE AU CANADA

### CAS



GOUVERNEMENT DU CANADA

La situation est cependant largement différente dans d'autres parties du monde. L'Asie, incluant le Sri Lanka, où le petit garçon est parti en voyage, ainsi que plusieurs pays africains sont aux prises avec des quantités importantes de cas de rage, et ce, avec beaucoup moins de ressources que les pays occidentaux pour gérer les populations animales sauvages contaminées. Selon la journaliste Aurélie Franc dans son article « La Rage : comment se protéger contre cette maladie? », chaque année, le nombre mondial de décès causés par la rage s'élève en moyenne à 59 000, dont 99 % se retrouvent dans les zones mentionnées.



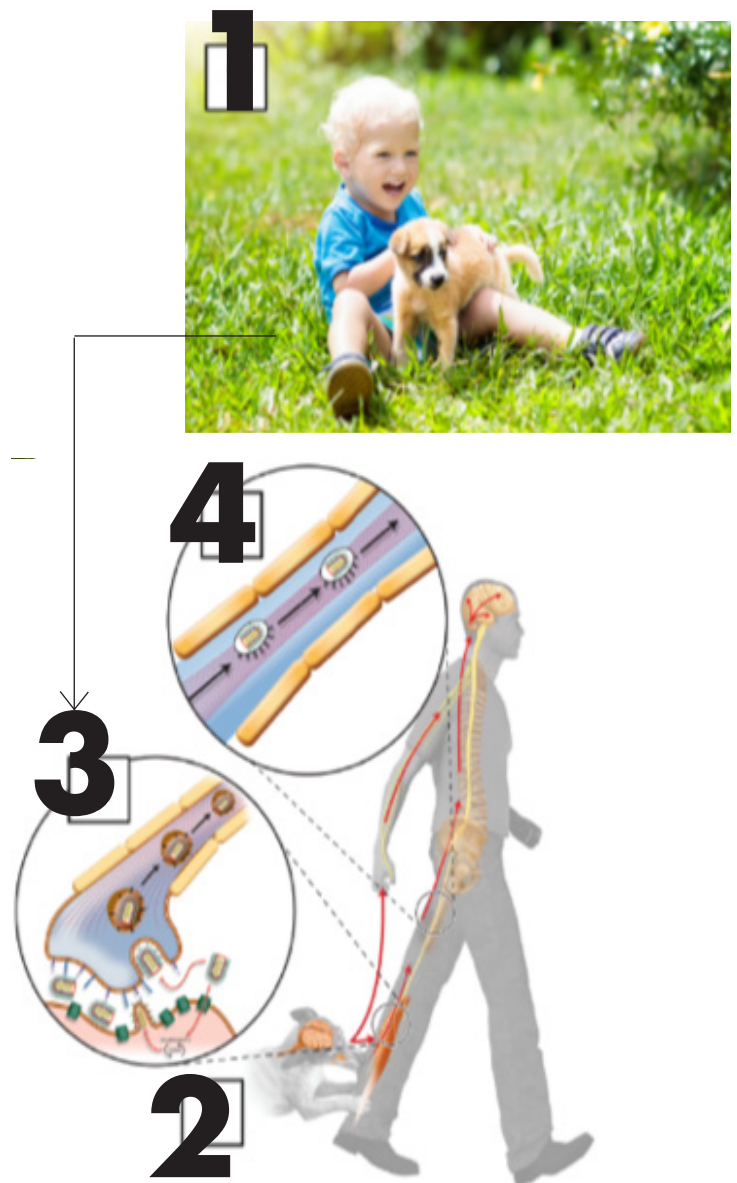
# LA GRAVITÉ DE LA MALADIE

La rage, est-ce si grave? Il est important de prendre en considération que cette maladie est mortelle dans la quasi-totalité des cas. Un facteur expliquant sa pathogénicité élevée est sa capacité à voyager dans le système nerveux de son hôte. Ceci lui permet d'éviter l'activation du système immunitaire et donc l'apparition de symptômes d'infection. Si le système immunitaire n'est pas en fonction, cela signifie que les mécanismes de défense de l'organisme ne sont pas activés pour détruire le virus. De plus, le virus de la rage ne créant initialement pas de symptômes, il n'y a pas d'indices permettant de suspecter le stade primaire de la maladie. Pour cette raison, les individus infectés se rendent à l'hôpital ou demandent de l'aide généralement trop tard, puisque la maladie a déjà fait des dommages trop importants.

## COMMENT CET «AGENT INFECTIEUX» VOYAGE-T-IL DANS LE CORPS?

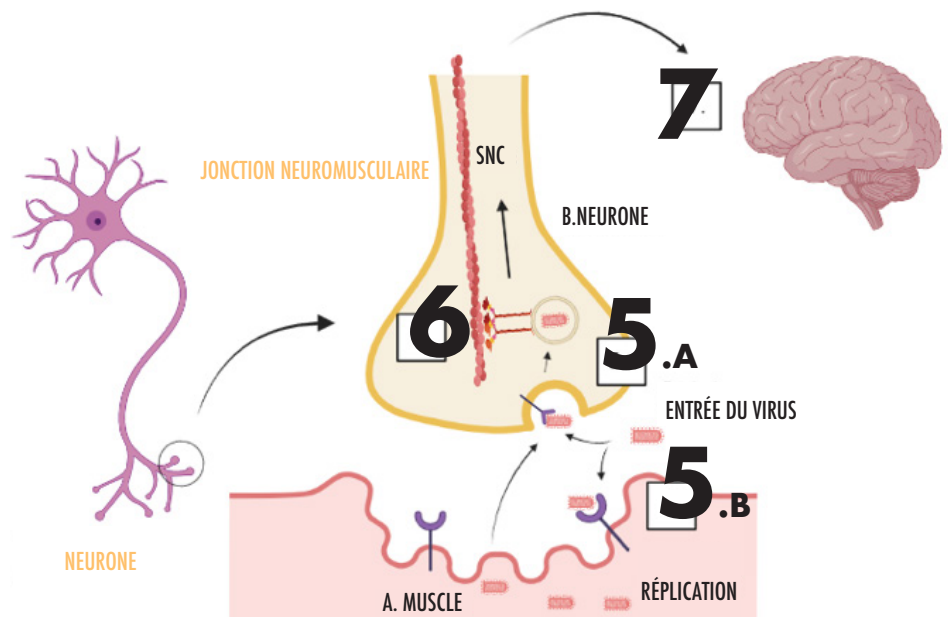
Prenons l'exemple du petit garçon. En jouant avec le chiot, le jeune garçon s'est fait mordre. La salive contaminée de l'animal est alors entrée dans sa plaie. Les particules virales présentes dans la salive ont alors pu se déplacer via les nerfs jusqu'au cerveau à partir du lieu de contact entre la salive et la blessure. Les particules virales peuvent se rendre au cerveau soit directement, soit en séjournant dans les muscles avant de se diriger vers les mêmes nerfs qu'elles auraient suivis dans le premier cas. Il est important de noter que le scénario aurait été tout aussi possible si le chien avait simplement léché une plaie.

Une fois cette étape franchie, les particules virales se sont déplacées d'un neurone à l'autre en direction du cerveau. Lors de son transport, le virus se déplace d'un neurone à l'autre à l'aide d'une capsule, et ce, à une vitesse de 8 à 20 millimètres par jour. En général, la progression de ce « voyage » est lente et variable d'un individu à l'autre, soit de « quelques semaines, voire quelques années », comme l'indique le Docteur André Ravel, professeur à la Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal.



Donc, même si les symptômes n'apparaissent que plusieurs jours à la suite de la transmission du virus, l'hôte, ici le petit garçon, est malheureusement déjà infecté bien avant que les symptômes apparaissent, donc avant même d'être revenu chez lui en France.

Une fois les particules virales arrivées au cerveau, elles s'y sont multipliées. Par conséquent, les cellules infectées ont été détruites, provoquant ainsi une inflammation du cerveau, communément appelée encéphalite. C'est à ce moment que la santé du garçon a commencé à se détériorer et qu'il est allé à l'hôpital. Il est important de comprendre que le virus se multiplie aussi dans les glandes salivaires, expliquant sa présence dans la salive du vecteur de transmission, ici le chiot.



Selon le ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec, la manifestation clinique de la rage chez l'homme peut se présenter sous deux formes : la forme furieuse (classique, plus « clichée »), représentant 80 % des infections, et la forme engourdie (non classique ou dite « paralytique »), représentant 20 % des infections.

## 01 LA FORME FURIEUSE

**La forme furieuse de la rage se caractérise par une hydrophobie (peur de l'eau) et une excitation des muscles du larynx et du pharynx, causant ainsi des spasmes lorsque le patient souffrant veut boire. On note fréquemment des épisodes d'hallucinations et d'excitation.**

## 02 LA FORME ENGOURDIE

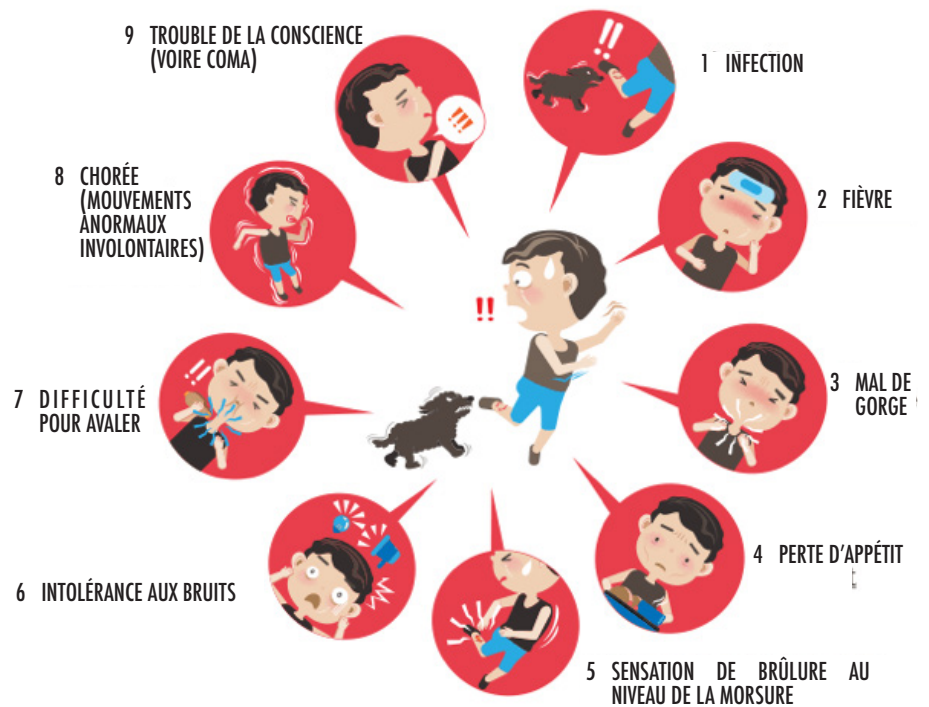
**La forme engourdie de la rage se caractérise par une faiblesse et une paralysie flasque, entraînant parfois une erreur de diagnostic au début de la maladie.**

L'historique médical du petit garçon étant confidentiel, il nous est impossible de connaître exactement comment son état s'est détérioré. Par contre, puisque les symptômes sont similaires entre les individus infectés, nous pouvons émettre une hypothèse sur ce qu'il lui est arrivé.



En général, les premiers symptômes d'une infection sont légers et variés, soit les céphalées (douleur à la tête, au crâne, cou et/ou au visage), la fièvre et les vomissements. De plus, une alternance de périodes d'agitation et de calme est habituellement remarquée. Par la suite, il est possible d'observer des spasmes musculaires de la bouche et du pharynx, et ce, accompagné d'anxiété, de confusion, d'insomnie, d'hallucinations, de sensibilité à la lumière et au bruit ainsi qu'une hyperactivité. En addition, on remarque dans la plupart des cas une hypersalivation, un signe classique de la rage. Lorsque la paralysie apparaît, le réflexe de déglutition est difficile en raison d'un spasme laryngopharyngé, augmentant ainsi le flux salivaire. Une fois cette étape franchie, le pronostic est rarement supérieur à sept jours.

## LES SYMPTÔMES DE LA RAGE



## COMMENT ÉVITER D'ATTRAPER LA RAGE?



CHARLINE D. / SANTÉ SUR LE NET

Malgré de nombreuses recherches sur le virus de la rage, le mécanisme par lequel l'infection provoque une maladie mortelle n'est pas complètement élucidé. Les patients meurent avec seulement de légères lésions dans le cerveau et sans perte significative de neurones. En revanche, les changements comportementaux survenant à la suite de l'infection semblent indiquer que le virus affecte majoritairement les structures associées au système limbique, responsable des émotions et de la motivation.

**Selon l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), les voyageurs dans les pays et les régions exposés à la rage doivent éviter tout contact avec les animaux errants, par exemple les chiens, les chats et les singes. Si un contact a lieu, la personne concernée devrait prendre les précautions suivantes :**

**Se laver la plaie, à la suite d'un contact avec un animal errant ou sauvage, avec de l'eau et du savon pendant 15 minutes, ainsi qu'avec un antiseptique;**

**Contactez dans les plus brefs délais un centre antirabique pour une évaluation rapide du risque d'infection de l'animal avec lequel il y a eu un contact et du degré d'exposition relativement à celui-ci. Selon la situation, un traitement de prophylaxie post-exposition est nécessaire pour prévenir la maladie.**

Si le jeune garçon avait suivi ces étapes, il serait probablement encore parmi nous pour en parler.

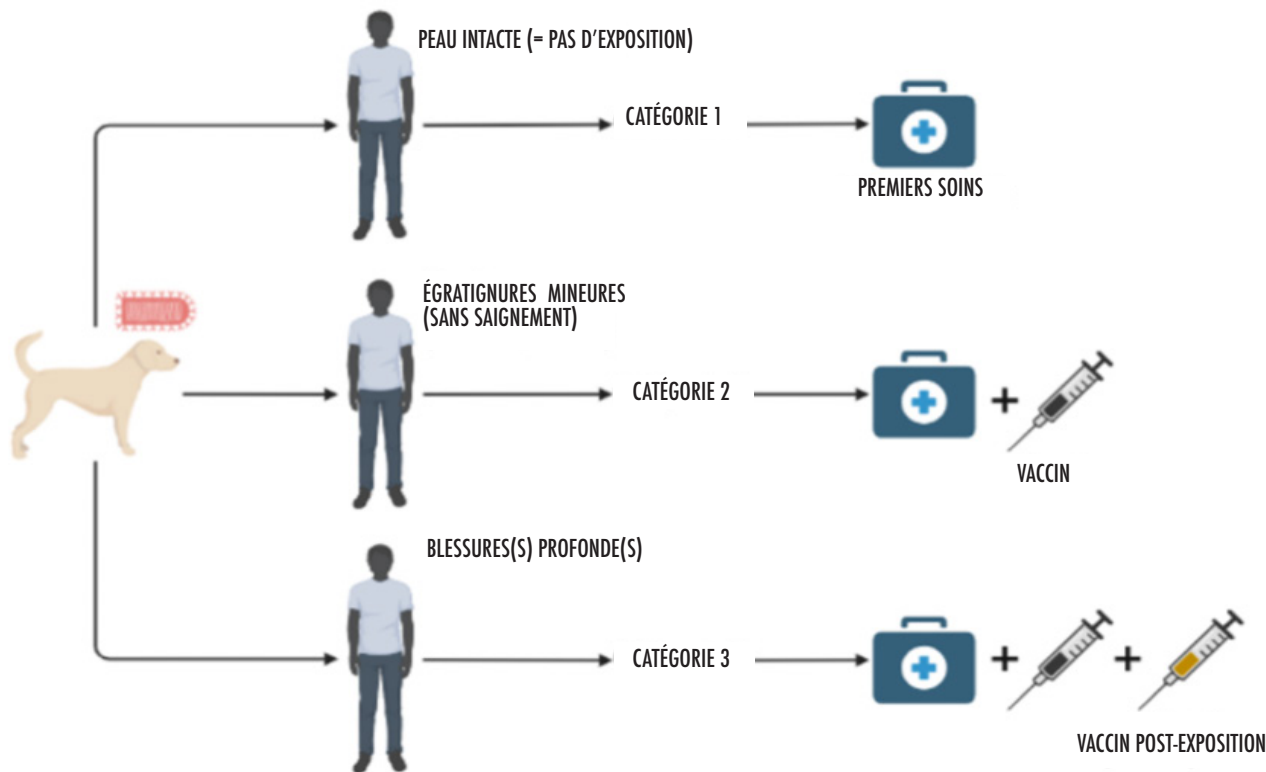
Un traitement de prophylaxie comprend toutes les méthodes pouvant être utilisées pour empêcher l'apparition, l'aggravation ou l'extension des maladies. Un exemple concret est la vaccination. Dans le cas de la rage, la prophylaxie post-exposition comprend tous les moyens qui peuvent être mis de l'avant pour limiter ou empêcher les effets du virus de la rage à la suite de sa transmission. Il existe trois scénarios principaux de prophylaxie post-exposition. L'état de vaccination préexposition contre la rage chez la personne contaminée permettra d'identifier quel scénario sera choisi.



Dans le cas du petit garçon, un cas de catégorie III puisqu'il n'avait pas reçu le vaccin contre la rage avant son voyage au Sri Lanka, la prophylaxie post-exposition de celui-ci aurait comporté une administration d'immunoglobulines antirabiques sur la plaie et quatre doses, à quelques jours d'intervalle, de vaccins antirabiques sous forme d'injection près de la plaie. Si le petit garçon avait été adéquatement vacciné contre la rage avant son voyage, c'est-à-dire un cas de catégorie II, seulement deux doses à quelques jours d'intervalle de vaccins antirabiques sous forme d'injection près de la plaie auraient représenté la prophylaxie post-exposition.

Finalement, dans un cas de catégorie I, où le garçon aurait été vacciné avant son voyage et que le contact avec l'animal n'aurait pas représenté un grand risque d'exposition, le simple lavage de la zone de la plaie, de la manière présentée plus haut, aurait été suffisant.

## PROPHYLAXIE POST-EXPOSITION



Donc, malgré le fait que la situation de la rage au Canada soit maîtrisée, ce n'est pas une situation universelle, surtout dans les pays d'Asie et d'Afrique où cette maladie est encore un problème de taille. Si vous êtes voyageur, n'hésitez surtout pas à consulter une clinique de santé-voyage lorsque vous pensez aller à l'extérieur du pays pour déterminer les risques liés à la rage.

# LACS EMPOISONNÉS FAUTE?

Il y a quelques milliards d'années, l'atmosphère de la planète était presque entièrement dépourvue d'oxygène. C'est un organisme microscopique appelé cyanobactérie, capable de relâcher de l'oxygène dans l'air, qui a permis l'oxygénation de l'atmosphère et par conséquent la vie sur terre. Cependant, bien que nous leur soyons redevables, les cyanobactéries sont maintenant la source de plusieurs problèmes. En effet, la prolifération des cyanobactéries, accélérée par les conséquences de l'activité humaine, inquiète les scientifiques et la santé publique depuis plusieurs années. Les répercussions de ce phénomène sont nombreuses, comme l'altération de la santé des plans d'eau douce, l'augmentation de la production de toxines constituant un risque sanitaire pour les humains aussi bien que pour les animaux, en plus d'une potentielle contamination des eaux potables.

# INÉS, À QUI LA

## QU'EST-CE QU'UNE CYANOBACTÉRIE?

Les cyanobactéries, couramment appelées algues bleu-vert, sont des bactéries qui contiennent de la chlorophylle, un pigment vert, et sont une des rares bactéries capables de faire de la photosynthèse, processus par lequel l'énergie lumineuse est transformée en énergie chimique utilisable par celles-ci. Elles font donc partie des phytoplanctons, organismes végétaux microscopiques et photosynthétiques, situés à la base de la chaîne alimentaire des milieux aquatiques.

En raison de leurs capacités d'adaptation, les cyanobactéries sont capables de coloniser un grand nombre de milieux terrestres et aquatiques. Certaines espèces sont extrêmement résistantes, puisqu'elles peuvent supporter des températures extrêmes, des pH faibles ou des endroits à luminosité variable.



SILVIAPVADI

- 01 **SONT ÉGALEMENT DES BACTÉRIES**
- 02 **POSSÈDENT DE LA CHLOROPHYLLE ET DONC, PEUVENT FAIRE DE LA PHOTOSYNTHÈSE**
- 03 **ONT PERMIS LA VIE SUR LA TERRE**
- 04 **PEUVENT VIVRE DANS DES MILIEU TRÈS ACIDES ET SANS LUMIÈRE**
- 05 **SONT RÉSISTANTES À DES TEMPÉRATURES EXTRÊMES ET DONC, PEUVENT SE RETROUVER SUR DES VOLCANS OU SUR DES GLACIERS**
- 06 **PEUVENT SE NOURRIR D'AZOTE**

# POURQUOI ENTEND-ON AUTANT PARLER DES CYANOBACTÉRIES AUJOURD'HUI?

Lorsque les conditions environnementales sont réunies, les cyanobactéries peuvent connaître des phases de multiplication importantes et visibles à l'œil nu appelées blooms. Ces proliférations sont favorisées par les activités humaines et leurs conséquences. Le phosphore, venant majoritairement des eaux de pluie issues des terres agricoles fertilisées, est une des causes principales. Aliment essentiel aux cyanobactéries, le phosphore n'est présent qu'en petite quantité dans la nature, ce qui limite leur croissance. Son apport dans l'eau augmente les populations de cyanobactéries et cette prolifération accélère l'épuisement de l'oxygène d'un lac et donc son vieillissement : c'est le phénomène de l'eutrophisation. L'augmentation du CO<sub>2</sub> atmosphérique aide également les cyanobactéries, puisqu'elles dépendent du CO<sub>2</sub> pour produire de l'énergie.

## POURQUOI LES CYANOBACTÉRIES SE NOURISSENT-ELLES ESSENTIELLEMENT DE CO<sub>2</sub>?

Le carbone dont elles ont besoin est présent au sein du CO<sub>2</sub>, mais aussi au sein d'autres éléments tels que le bicarbonate (HCO<sub>3</sub>). Cependant, la digestibilité du bicarbonate est très faible. Si nous faisons une comparaison par rapport à la digestion humaine, le CO<sub>2</sub> représenterait une banane, facile à digérer, alors que le bicarbonate équivaldrait à un caillou, indigeste.

Les cyanobactéries sont aussi éprises d'azote. L'atmosphère est constituée à 78 % d'azote, ce qui en fait une ressource abondante lorsque son utilisation est possible. Seuls certains organismes, dont font partie les cyanobactéries, sont capables de le transformer de sa forme brute à une forme assimilable. Ce processus est la fixation d'azote. Lorsque de grandes quantités d'oxygène (O<sub>2</sub>) sont présentes, la fixation de cet élément est inhibée, ce qui rend sa consommation difficile. Puisque l'eutrophisation est liée à une diminution de concentration d'O<sub>2</sub> dans l'eau, les cyanobactéries peuvent plus facilement fixer l'azote, ce qui accroît leur prolifération. Dans ces conditions, le seul élément pouvant limiter leur croissance est le phosphore.



LAMIOT, CC BY SA 3.0

Lorsqu'il est en grande concentration, il stimule la croissance des cyanobactéries ce qui les rend ainsi très compétitifs par rapport aux autres organismes. La majorité de ces organismes ne peuvent pas fixer l'azote, ils dépendent donc de la quantité d'azote présente dans l'eau. C'est d'ailleurs le cas d'autres phytoplanctons, comme les algues microscopiques, qui se retrouvent donc désavantagées face aux cyanobactéries.

**Marie-Eve Monchamp, chercheuse postdoctorale au département de biologie de l'Université McGill, avance que, en plus de l'enrichissement par les nutriments, l'augmentation de la température de l'eau favorise également la prolifération des cyanobactéries.**



## **UNE EAU PLUS CHAUDE NE PERMETTRAIT-ELLE PAS AUSSI AUX AUTRES ORGANISMES DE MIEUX PROSPÉRER?**

Ce n'est pas nécessairement le cas. En effet, chaque organisme possède un intervalle de température idéal pour lequel l'exécution de ses fonctions vitales, telle la reproduction, est maximisée. Par exemple, la température optimale de la plupart des phytoplanctons varie entre 20 et 25°C. Les cyanobactéries possèdent un intervalle de température optimale plus large que les autres organismes du même genre, ce qui leur permet une meilleure adaptation quand la température des eaux augmente.

## **POURQUOI LES CYANOBACTÉRIES SONT-ELLES PLUS À L'AISE QUE LES AUTRES DANS UNE EAU PLUS CHAUDE?**

Tous les organismes photosynthétiques se livrent une guerre pour obtenir une place vers la surface, c'est-à-dire le plus près possible de la lumière, afin d'effectuer la photosynthèse. La plupart d'entre eux se maintiennent à la surface grâce à la viscosité de l'eau. En revanche, les cyanobactéries sont capables de flotter par elles-mêmes. Cette capacité de flottaison demande de l'énergie et semble inutile, car les autres organismes le font sans effort. Cependant, la viscosité de l'eau diminue lorsque sa température augmente. Une viscosité trop faible, ne soutenant plus les autres organismes photosynthétiques, donne l'avantage aux cyanobactéries dans la compétition pour la surface.

## **CAPACITÉ DE FLOTAISON DES CYANOBACTÉRIES**



PAULETTE VANIER

## **LES LACS, MERS OU LES OCÉANS SONT TOUS CONSTITUÉS DE PLUSIEURS COUCHES D'EAU SÉPARÉES EN FONCTION DE LEUR TEMPÉRATURE. POURQUOI DIFFÉRENTES COUCHES SE FORMENT-ELLES?**

Tout est une question de densité. Un caillou jeté dans l'eau coule, car il est plus dense que l'eau. De la même manière, plus dense que l'eau chaude, l'eau froide se retrouve dans les profondeurs. Ainsi, plus la température de la surface augmente, plus la différence de densité entre les eaux de surface et les eaux des profondeurs augmente et plus le mélange entre les deux est rare.



Cette séparation thermique dépend donc principalement de la température des couches de surface, car la température de l'air est en général supérieure à celle de l'eau et réchauffe les eaux de surface. Alors, si la température atmosphérique augmente, comme avec les changements climatiques, la stratification thermique s'intensifie. Les mouvements d'eau entre les couches sont alors réduits, et ce qui est à la surface y reste plus facilement. Cette propriété des eaux plus chaudes est donc avantageuse pour les cyanobactéries, qui doivent rester à la surface.

Ainsi, les augmentations de la température, des concentrations en CO<sub>2</sub> et en phosphore, en plus de leur capacité à fixer l'azote, avantagent les cyanobactéries face aux autres phytoplanctons. Ces conditions optimales leur permettent de croître rapidement, augmentant ainsi les risques de blooms de cyanobactéries, épisodes durant lesquels elles peuvent libérer de grandes quantités de toxines appelées cyanotoxines.

## QU'EST-CE QUE LES CYANOTOXINES?

Lors de leur croissance, les cyanobactéries peuvent synthétiser des cyanotoxines pouvant être directement libérées dans l'eau, ou libérées de manière différée lors de leur mort. Différents types de cyanobactéries peuvent produire les mêmes toxines, de la même manière qu'une même cyanobactérie peut produire différentes cyanotoxines. La quantité de toxine produite dépend de l'espèce et des conditions environnementales.

Leur production pourrait les favoriser face aux autres organismes d'un lac, notamment en privant les compétiteurs et certains prédateurs de leurs ressources. Les toxines réguleraient également le métabolisme et la croissance cellulaire des cyanobactéries.

## LIBÉRATION DES CYANOTOXINES

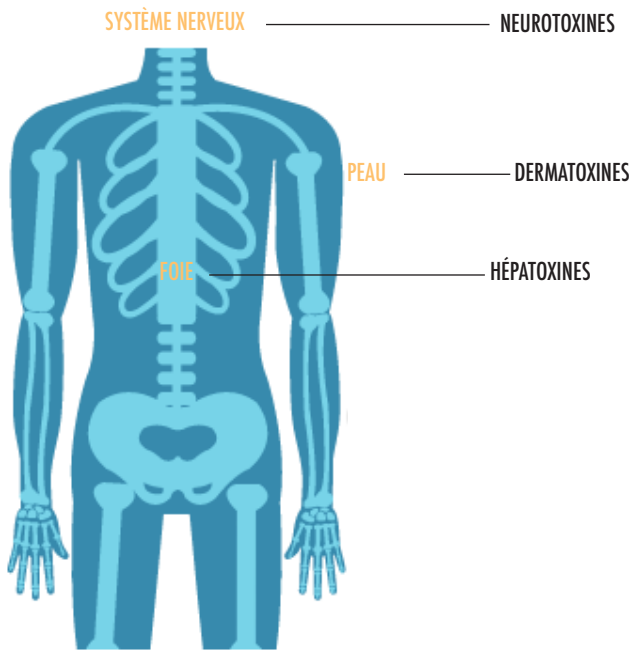


MARY COUSIN MMELUGIN

Dolores Planas, professeure émérite à l'UQAM et spécialiste des cyanobactéries, nous éclaire sur les diverses toxines synthétisées :

« Les cyanotoxines peuvent être classées en trois groupes, selon l'effet qu'elles ont sur les humains et les animaux. Les hépatotoxines, très abondantes dans les pays tempérés, forment le groupe le mieux connu et étudié. Ce dernier engendre des effets principalement sur le foie et le système digestif. Les neurotoxines, retrouvées principalement dans les pays tropicaux, ont des effets foudroyants, car elles affectent le système nerveux, le cœur ainsi que les voies respiratoires. Enfin, les dermatotoxines sont des toxines qui agissent au contact de la peau. Elles deviennent urticaires lorsqu'elles sont abondantes, et provoquent des dermatites. Ce sont les toxines affectant le plus les humains. »

# ACTION DES CYANOTOXINES SUR LE CORPS



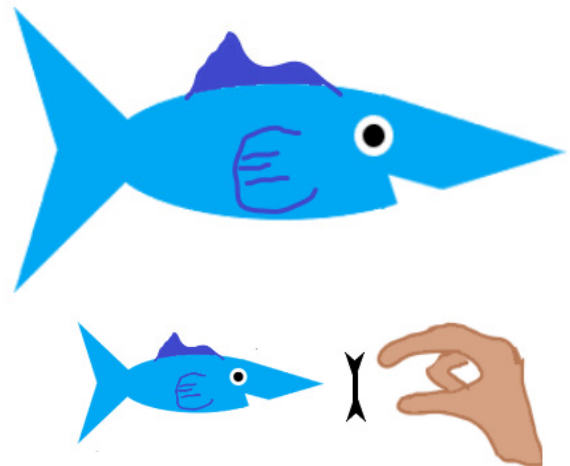
Puis, la concentration ainsi que le type de cyanotoxine produite peuvent engendrer des effets très néfastes sur les différents écosystèmes et les organismes aquatiques. Par exemple, les cyanotoxines peuvent entraîner la paralysie chez certains organismes, les rendant ainsi vulnérables aux prédateurs. Ces toxines, lorsqu'ingérées, pourraient également être néfastes pour ce prédateur.

Des études sur les effets des cyanotoxines sur les zooplanctons, plancton animal qui se nourrit majoritairement de végétaux minuscules, montrent des réactions négatives de ces organismes en réponse à une augmentation de la concentration en cyanotoxines dans leur environnement. Le *Daphnia pulex*, espèce de zooplancton, est ainsi affectée en ce qui concerne son efficacité de filtration, ce qui limite ses chances de survie et celles de sa progéniture. Son cousin, le *Daphnia magna*, subit pour sa part un sort fatal lorsqu'il est exposé trop longtemps à une forte concentration d'hépatotoxines.

Les effets des cyanotoxines ne se limitent pas aux zooplanctons, puisque les plantes et les plus gros animaux peuvent aussi être affectés. Une étude démontre par exemple que la production d'œufs de certains gastéropodes, mollusques à carapace tels que les escargots ou les limaces, est fortement réduite en présence de cyanotoxines.

De plus, certains poissons comme le Danio rerio, ou poisson zèbre, ont des tailles réduites d'environ 25 % ainsi qu'un taux de survie réduit d'environ 40 % suite à leur exposition à différents types« de cyanotoxines hépatotoxiques». Enfin, la décomposition d'une grande quantité de cyanobactéries peut fortement diminuer la concentration en oxygène dans l'eau, rendant indirectement le milieu défavorable à la santé des organismes qui ont besoin d'oxygène, comme les poissons ou autres animaux.

## LA TAILLE DE CERTAINS POISSONS EST AFFECTÉE PAR LES CYANOTOXINES



MALEAUME VOIRNESSON

# ALORS, SI LES CYANOTOXINES AFFECTENT LES ÉCOSYSTÈMES AQUATIQUES, COMMENT CES TOXINES PEUVENT-ELLES AFFECTER NOTRE SANTÉ ET CELLE DE NOS PROCHES?

La communauté scientifique n'a pour l'instant pas toutes les réponses, mais les recherches sur les mécanismes entourant la libération des cyanotoxines et les façons d'y remédier continuent. Pour l'instant, nous savons que les risques et le type d'intoxication dépendent de plusieurs facteurs.

En premier lieu, le danger d'intoxication potentielle peut être visuellement apparent. En effet, un bloom de cyanobactéries peut donner une couleur verte très prononcée à l'eau, ce qui ne donne pas envie de se baigner. Par conte, les cyanobactéries ne sont pas nécessairement toutes toxiques.



ESPACE VILLEGIATURE

## QU'EN EST-IL POUR LES AUTRES TYPES DE TOXINES?

Bien que la prolifération de cyanobactéries potentiellement dangereuses soit visible à l'œil nu, il est possible que leurs toxines se libèrent lors de leur décomposition, lorsqu'elles ne sont plus visibles. Il est donc prudent d'attendre quelques jours, voire quelques semaines après un épisode avant d'entreprendre à nouveau des activités récréatives. Cependant, certains symptômes pourraient apparaître à la suite d'un contact direct avec la peau et les yeux, par inhalation ou bien par ingestion de l'eau contaminée. La plupart de ces symptômes, bien que désagréables, ne sont pas dangereux pour la vie et peuvent varier selon le type de toxine. Ils peuvent se présenter sous forme d'irritation de la peau ou des yeux, de malaises gastriques et vomissements, de maux de gorge ou de tête et dans les cas les plus sévères, de problèmes respiratoires, hépatiques et cognitifs. Heureusement, notre système de santé est bien équipé pour traiter ces symptômes.

Ensuite, les risques de contamination causés par les cyanotoxines ne se limitent pas aux plans d'eau douce. Des toxines pourraient se retrouver dans l'eau potable de certaines municipalités qui se servent de l'eau douce des lacs avoisinants.

Puis, s'il y a libération de toxines, leur niveau de toxicité dépend de leur concentration et de leur mode d'action. Par exemple, si quelqu'un se baigne en présence d'hépatotoxines, cette personne ne sera contaminée que si elle avale de l'eau et que les toxines sont en quantité suffisante pour entraîner des symptômes.

## SI JE MANGE UN POISSON VENANT D'UN LAC CONTAMINÉ, EST-CE DANGEREUX?

À la suite d'une étude du lac Boivin, au parc de la Yamaska, le Dr Philippe Juneau, professeur en biologie à l'UQAM et spécialiste en toxicologie aquatique, a trouvé des cyanotoxines, mais seulement dans le foie de certains poissons qui sont en contact avec ces toxines. Donc, à moins de manger le foie des poissons contaminés, il n'y aurait pas de risques connus associés à leur consommation.

# Y A -T-IL MOYEN DE PRÉVENIR OU DE TRAITER LES BLOOMS TOXIQUES, OU DEVONS-NOUS ANTICIPER QUE TOUT LE MONDE RISQUE D'ÊTRE INTOXIQUÉ UN JOUR OU L'AUTRE?

Heureusement, la plupart des systèmes de traitement des eaux québécois sont assez avancés pour traiter les cyanotoxines. Une des premières étapes du traitement des eaux est la floculation, qui permet de regrouper toutes les matières non désirées, comme des cyanobactéries, afin de les filtrer.

Ensuite, des traitements comme l'ozonation, le charbon activé et le chlore permettent d'éliminer les toxines de l'eau avant d'atteindre nos robinets. Même notre flore intestinale est capable de les dégrader, jusqu'à un certain niveau.

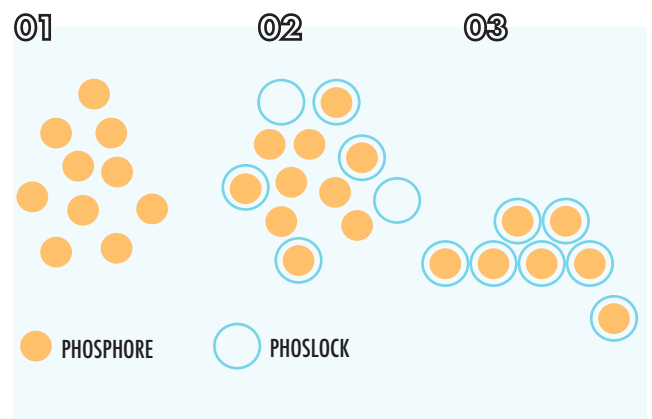
## EXISTE-T-IL DES MÉTHODES POUR PRÉVENIR OU LIMITER LES PROLIFÉRATIONS DE CYANOBACTÉRIES?

Plutôt que de traiter les symptômes ou les toxines dans notre eau, il existe aussi des méthodes permettant de prévenir de grandes concentrations de cyanotoxines dans nos plans d'eau douce. Le réseau de surveillance volontaire a pour mission la surveillance de l'état de santé de nos lacs québécois, ainsi que le partage de l'information aux municipalités. Par exemple, un lac ayant eu une prolifération majeure de cyanobactéries sera analysé par des membres du réseau, puis ces informations seront mises entre les mains de la municipalité concernée, qui restera vigilante pour assurer la santé de sa population.

Puis, le Phoslock, bien que coûteux, est un produit à base d'argile permettant d'éliminer une partie du phosphore de la colonne d'eau et ainsi réduire une partie des nutriments essentiels aux cyanobactéries. D'autres techniques, comme la bioremédiation, une méthode d'assainissement, peuvent dégrader les toxines à l'aide de la flore bactérienne du lac. Le meilleur moyen pour éviter toute complication est évidemment la prévention. La réduction des niveaux de phosphore parvenant au lac semble la solution la moins coûteuse et la plus efficace. Limiter la surface de terres agricoles près des cours d'eau, limiter les déversements d'eaux usées par les municipalités et établir des bandes riveraines qui peuvent filtrer une partie des nutriments allant dans les lacs diminuerait les risques de blooms de cyanobactéries et les effets néfastes potentiels sur la santé de la population.

Somme toute, la prolifération accrue des cyanobactéries et de leurs toxines est une autre conséquence des activités humaines, qui ne sont pas près de ralentir. Les effets sur la santé humaine, des plans d'eau douce et des organismes y vivant ne font qu'augmenter. Il est donc impératif d'adopter des mesures préventives comme une gestion des matières résiduelles ainsi que des techniques agricoles écoresponsables. À l'échelle mondiale, limiter les émissions de CO<sub>2</sub> et réduire l'ampleur des changements climatiques permettrait également de réduire l'occurrence des blooms de cyanobactéries et leurs effets néfastes, en plus de tous les autres problèmes liés à la crise climatique.

## LE FONCTIONNEMENT DU PHOSLOCK



# L'ANTIBIORÉSISTANCE MODERNE, REMÈDE

C'est lors d'une tranquille escapade au pays des pyramides que les tribulations ont débuté pour un couple de voyageurs américains. Thomas Patterson, professeur de psychiatrie à l'université de Californie à San Diego, accompagné de sa conjointe Steffanie Strathdee, professeure de médecine du même établissement scolaire, contracta l'infâme *Acinetobacter baumannii* en novembre 2015. Malgré son nom étrange, il ne s'agit pas de la mythique malédiction du pharaon. En fait, il s'agit d'un être microscopique, une bactérie, récemment débarquée sur les rives du Nil. Il serait même possible de dire qu'elle est le fruit de la médecine moderne, car il s'agit d'une souche multirésistante opportuniste qui réserve d'ailleurs bien des surprises à nos voyageurs.

**Mais résistante à quoi? Explorons ensemble ce qui rend la condition de Tom si délicate.**



# ANCE : PROBLÈME DE ANCIEN

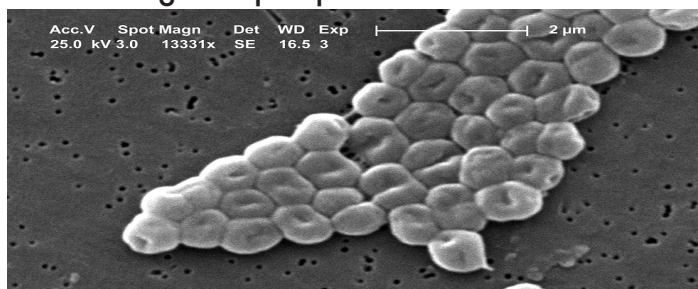
LE CAS DE THOMAS PATTERSON

## LA GUÉRISON « MIRACULEUSE » DE THOMAS PATTERSON

Il s'agit ici d'une bactérie qui résiste aux antibiotiques. Or, les antibiotiques sont une composante essentielle de la médecine moderne, notamment pour le bon rétablissement postopératoire ou pour le traitement de patients au système immunitaire affaibli. Comme il est bien commun en science, leur développement a été le cumul d'une série de découvertes associée à un soupçon de chance. Leurs propriétés antibactériennes ont été utilisées intuitivement par les communautés humaines depuis des lustres. Mais ce n'est que récemment, avec les travaux de Charles Darwin, père barbu de la théorie de l'évolution, que les bases du principe d'antibiose ont été mises en lumière. Ce mécanisme repose sur la compétition entre les microorganismes. Dans ce contexte, ces microorganismes vont parfois sécréter des substances inhibant la croissance des autres. Les mycètes en sont un bon exemple avec, entre autres, l'espèce de champignon *Penicillium chrysogenum*, découverte par Alexander Fleming en 1928, qui sécrète un antibiotique bien connu, la pénicilline.

En dépit de cette heureuse découverte, ce ne fut pas immédiatement la révolution thérapeutique. Au départ, Fleming ne se doutait pas encore de la portée que prendrait éventuellement sa découverte, car il menait en fait des expériences sur des bactéries, et ce n'est qu'à titre de contamination de ses boîtes de Petri que *P. chrysogenum* fit son entrée, probablement à cause d'un environnement de travail mal contrôlé. Malgré plus de recherches sur les propriétés bactéricides de ce champignon, il manquait un ingrédient crucial au cocktail de Fleming, soit la pureté. En effet, les techniques de l'époque permettaient difficilement de purifier des substances aussi instables que la pénicilline. Ce n'est qu'après l'effort combiné d'un groupe de chercheurs de l'université d'Oxford, dirigé par le docteur Harold Raistrick, que la pénicilline fit son entrée sur les étals, et cela en plein cœur de la Seconde Guerre mondiale, pendant laquelle elle a contribué à sauver de nombreuses vies. C'était un grand pas pour la médecine.

**ACINETOBACTER  
BAUMANII**

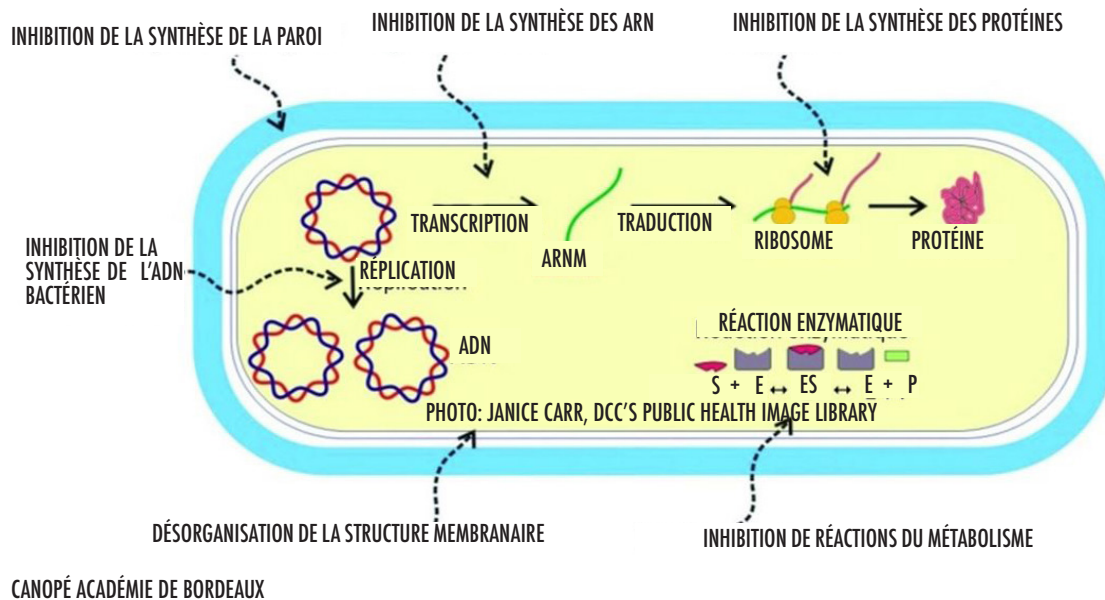


JANICE CARR / PUBLIC HEALTH IMAGE LIBRARY

Dans le cas de Thomas Patterson, lorsqu'il retourne en Californie et qu'il est hospitalisé pour son infection par *A. baumannii*, c'est justement avec un traitement par antibiotiques que son médecin tente d'abord de le guérir. Par contre, ces traitements s'avèrent inefficaces et l'état de Thomas se détériore rapidement, au grand désarroi de sa famille et lui-même. Son médecin utilise l'un après l'autre tous les antibiotiques à sa disposition, mais sans effet: la souche bactérienne en question a une parade à toutes les attaques et Thomas sombre dans un long coma. Comment notre médecine ne peut-elle pas venir à bout d'un si petit être? Pourquoi cette bactérie résiste-t-elle à tous les traitements conventionnels?

En effet, l'efficacité révolutionnaire des antibiotiques possède tout de même des limites. Par exemple, la pénicilline, de par son mode d'action, ne s'attaque qu'à l'enveloppe cellulaire de certaines bactéries. Par contre, il existe d'autres types d'antibiotiques affectant d'autres processus vitaux de ces petits êtres, et beaucoup de recherches sont effectuées, notamment dans les sols, pour trouver de nouveaux organismes avec un potentiel d'antibiose.

## PROCESSUS VITAUX DES BACTÉRIES CIBLÉS PAR LES ANTIBIOTIQUES



En parallèle, les bactéries, telle la souche résistante *A. baumannii*, n'ont pas dit leur dernier mot, car elles possèdent des mécanismes d'adaptation très efficaces qui réussissent à neutraliser l'effet de certains antibiotiques à force d'y être exposées. C'est ce qui, dans le cas de Tom, va provoquer d'importantes complications pour son traitement. Ajoutons qu'en plus de résister, ces organismes peuvent aussi transmettre et accumuler ces mécanismes adaptatifs. Pour qu'un traitement antibiotique soit efficace, il faudrait qu'il parvienne à exterminer la totalité des bactéries pathogènes qu'il vise. Or, si une seule d'entre elles détient la mutation lui permettant de résister au traitement, il suffirait de quelques jours, voire quelques heures seulement, pour que des générations entières de milliers d'individus résistants voient le jour.

En effet, ces êtres sont capables de se cloner, ce qui permet de transmettre efficacement les résistances acquises d'une bactérie à sa prolifique descendance. Mais là où les bactéries révèlent leur véritable pouvoir d'adaptation est dans leur capacité à transmettre des résistances à leurs consœurs sous forme de *plasmides*, de petits segments d'ADN en forme d'anneau dans lequel peut se trouver le gène de résistance. Bien que ces sections d'ADN ne contiennent pas systématiquement de gène bénéfique pour la bactérie, elles peuvent s'accumuler dans un individu: c'est de cette manière que l'on voit apparaître le phénomène de multirésistance. Les bactéries multirésistantes, ou *superbactéries*, possèdent ainsi plusieurs de ces mécanismes les rendant capables de neutraliser une grande variété de traitements par antibiotiques.

**Ironiquement, c'est que d'une certaine façon, et au grand désespoir de Patterson et de son épouse, nous sommes indirectement responsables du développement de ces souches résistantes en raison de nos pratiques liées à l'utilisation des antibiotiques.**

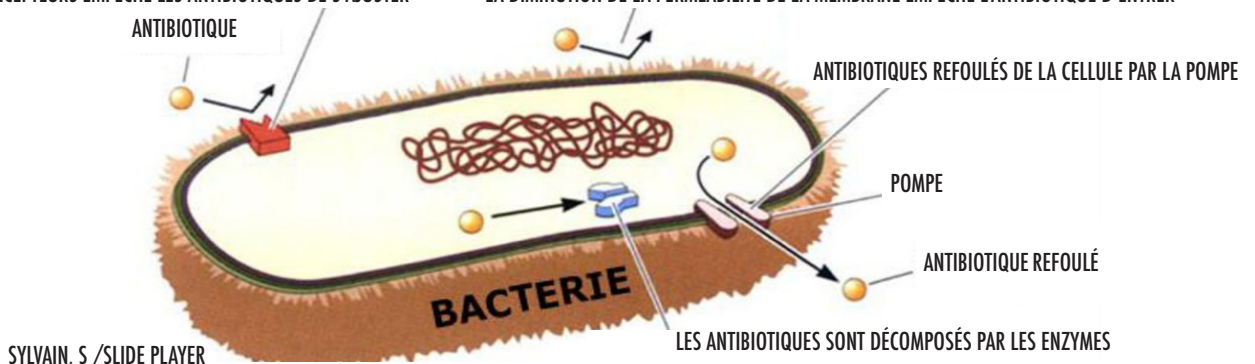
## MÉCANISMES DE RÉSISTANCE AUX ANTIBIOTIQUES

Premièrement, il faut comprendre que cette résistance est principalement due à la surconsommation et à l'utilisation inappropriée des antibiotiques dans la prévention ou dans le traitement des infections. De plus, ce genre d'utilisation fait que l'Égypte, comme le reste de l'Afrique du Nord et du Moyen-Orient ainsi que plusieurs autres régions du monde, est particulièrement susceptible de voir émerger en leur sein des *superbactéries*. Des rapports de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) ont indiqué que les pays en voie de développement sont plus vulnérables à cause de la surutilisation d'antibiotiques. Dans ces régions, les praticiens de la santé ne font pas de tests préliminaires pour identifier le type d'infection.

En effet, dans le cas où elle est d'origine bactérienne, il est rarement question de la souche spécifique à l'origine de la maladie, augmentant ainsi les chances que le traitement prescrit s'avère inefficace ou favorise le développement d'une résistance. Aussi, les malades vont souvent acheter des antibiotiques disponibles en vente libre sans consulter un médecin, ce qui revient à une forme d'automédication. En outre, de nombreux patients ignorent la nécessité de suivre et de respecter la posologie du traitement prescrit par le médecin. De plus, les antibiorésistances favorisées par l'urbanisation rapide des pays en voie de développement se propagent facilement. Ajoutons que dans ces pays, les conditions d'hygiène sont souvent déplorables, surtout à cause du manque d'infrastructures sanitaires.

L'ALTÉRATION DES RÉCEPTEURS EMPÊCHE LES ANTIBIOTIQUES DE S'AJUSTER

LA DIMINUTION DE LA PERMÉABILITÉ DE LA MEMBRANE EMPÊCHE L'ANTIBIOTIQUE D'ENTRER



SYLVAIN, S /SLIDE PLAYER

Deuxièmement, la demande accrue en protéines animales par la population mondiale va encourager diverses pratiques chez les éleveurs afin d'accroître la croissance rapide de leurs troupeaux. Ceci favorise l'utilisation systématique d'antibiotiques à titre préventif, mais aussi comme promoteurs de croissance dans de nombreux élevages à travers le monde. De plus, ces pratiques entraînent une augmentation de la présence de microorganismes résistants, telles certaines souches de Salmonella, qui peuvent être transmises de l'animal à l'humain, ou de l'environnement à l'humain, par exemple en se baignant dans des eaux contaminées.



MARTIN CHOINIÈRE DMV

Heureusement, différentes mesures sont mises en place pour limiter les risques chez certains producteurs. Par exemple, comme nous l'a expliqué lors d'une entrevue Martin Choinière, docteur en médecine vétérinaire, la situation est bien différente au Québec. Ici, l'utilisation d'antibiotiques est loin d'être systématique: elle est un traitement de dernier recours et nécessite la prescription d'un vétérinaire. M. Choinière insiste aussi sur le fait que dans notre province, il est maintenant extrêmement rare qu'une bactérie résistante aux antibiotiques retrouvée chez l'humain ait pour origine la production animale. Ce serait aussi dû en partie à la limitation de l'utilisation de certaines familles d'antibiotiques, réservées uniquement aux humains, les préservant ainsi du risque d'une perte d'efficacité causée par des résistances développées dans des hôtes d'origine animale.

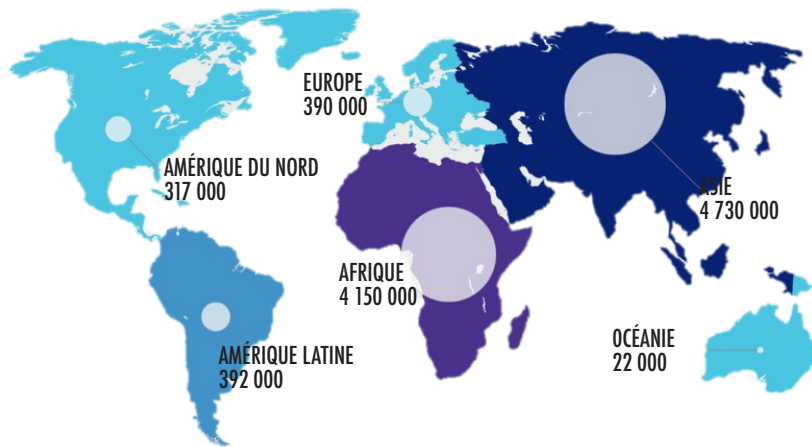
## Prolifération des bactéries résistantes suite à un traitement aux antibiotiques



**Malgré tout, la tendance globale est en voie de faire de l'antibiorésistance l'une des principales causes de mortalité dans le monde.**

Selon une étude publiée par Eili Klein et son équipe dans le PNAS, journal de l'Académie nationale des sciences, la consommation mondiale d'antibiotiques dans 76 pays a augmenté de 21,1 milliards de doses quotidiennes moyennes en 2000 à 34,8 milliards en 2015, soit une augmentation de 65 %. En 2015, la Turquie, la Tunisie, l'Algérie et la Roumanie faisaient ainsi partie des six pays au taux de consommation d'antibiotiques les plus élevés. Aussi, une étude du Centre européen de prévention et de contrôle des maladies a estimé que le nombre mondial de décès dus à la résistance aux antibiotiques en 2019 était proche de 1,3 million par an. C'est dans ce contexte que, le 30 avril 2014, l'OMS lance l'alerte en publiant son premier rapport mondial confirmant la gravité de la menace liée à l'antibiorésistance. En 2017, elle renchérit avec une liste qui énumère les bactéries qui ont désespérément besoin de nouveaux antibiotiques.

# Estimation du nombre de décès annuels causé par la résistance aux antibiotiques en 2050.



THE REVIEW ON ANTIMICROBIAL RESISTANCE

Des prévisions alarmistes telles que le rapport britannique O'Neill publié en mai 2016 projettent que la consommation globale d'antibiotiques en 2030 sera jusqu'à 200 % supérieure aux 42 milliards de doses quotidiennes répertoriées en 2015. Selon la docteure Thérèse Tam, administratrice en chef de l'Agence de la santé publique du Canada, la résistance aux antibiotiques pourrait causer jusqu'à 10 millions de décès par an à l'échelle planétaire d'ici 2050. C'est plus que le nombre de décès dus au cancer dans le monde à l'heure actuelle.

## Inquiétant, n'est-ce pas? Attendez de voir ce que l'avenir réserve à notre cher Tom Patterson!

Après plus d'un mois dans le coma, Thomas Patterson s'agrippe désespérément à la vie. Il continue son combat acharné contre *Acinetobacter baumannii*, un ennemi qui s'est révélé redoutable et sournois. Malheureusement, son état s'est encore aggravé. Les uns après les autres, ses organes cessent de fonctionner et doivent être remplacés par des supports médicaux. De jour en jour, l'espoir d'une fin heureuse pour Tom et sa famille s'essouffle alors que la vie semble quitter son corps. C'est après quatre longs mois de cette lutte acharnée que son médecin, ayant épuisé tout son arsenal d'antibiotiques, décide en mars 2016 d'expérimenter avec une solution inusitée proposée par Steffanie, la conjointe de Tom. Ensemble, ils vont tenter l'impossible: injecter des virus bactériophages directement dans le sang du patient. La tension est à son comble.

**Cette approche peut sembler douteuse. Après tout, comment injecter un virus dans un patient souffrant d'une infection pourrait-il avoir une quelconque chance de l'aider? Et qu'est-ce qu'un bactériophage?**



# LES BACTÉRIOPHAGES ET LA PHAGOTHÉRAPIE

Voyez-vous, les bactériophages, comme tous les autres virus, sont des parasites intracellulaires obligatoires. En d'autres termes, les phages ne peuvent pas se répliquer par eux-mêmes. Ils doivent pénétrer dans une cellule hôte et s'approprier sa machinerie intracellulaire pour synthétiser de nouveaux virions, soit des particules virales. Il existe deux types de phages: les phages lysogéniques et les lytiques. Ce sont les phages lytiques qui nous intéressent ici, car ils sont nettement plus virulents et vont provoquer la lyse de la cellule bactérienne infectée, c'est-à-dire la faire éclater. Les bactériophages deviennent ainsi de véritables machines à tuer des bactéries, qui vont se reproduire tant qu'il reste des hôtes disponibles.

De plus, les bactériophages ont plusieurs avantages d'un point de vue thérapeutique comparativement aux antibiotiques, ce qui est parfait dans le cas de notre ami Tom. Voyez-vous, les phages sont spécifiques à des espèces bactériennes. Cette spécificité fait en sorte que les phages ne constituent aucun risque pour les cellules de l'organisme infecté par la bactérie.

Par rapport à cela, il est même possible de les modifier en laboratoire pour étendre leur spectre d'action à plusieurs bactéries. Les phages se distinguent aussi des antibiotiques classiques par leurs moyens diversifiés pour pénétrer et tuer les bactéries. Cette diversité de tactiques limite significativement le risque que leurs hôtes développent une résistance.

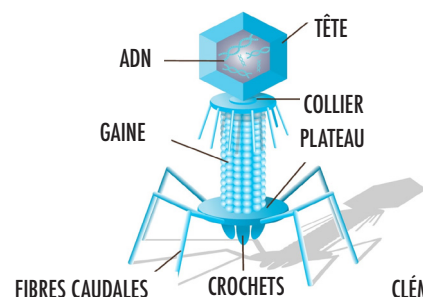
D'ailleurs, nous nous sommes entretenues avec le Dr Grégory Resch, directeur du laboratoire d'étude sur les bactériophages du Centre hospitalier universitaire vaudois (CHUV) et grand spécialiste du sujet. Selon lui, en plus de contourner les multiples résistances aux antibiotiques de certaines bactéries, les phages peuvent être une bouée de sauvetage pour les personnes allergiques aux antibiotiques.

## FÉLIX D'HÉRELLE



Né en 1873 en France sous le nom de Hubert Augustin Félix Haerens, il quitte le pays et prend le nom Félix d'Hérelle pour fuir le service militaire. Il s'installe à Montréal et monte son premier laboratoire à même son appartement pour commencer ses propres recherches sur les criquets. C'est le début d'une longue épopée qui l'amènera à faire la première publication officielle en 1917 sur les bactériophages « Sur un microbe invisible antagoniste des bacilles dysentériques ». Tout de suite, il met en application le potentiel thérapeutique de la phagothérapie en Afrique du Nord, en Inde et à bien d'autres endroits. Ses travaux s'avèrent cruciaux, notamment dans la lutte contre le choléra. Il participe à la fondation de nombreux laboratoires dédiés aux bactériophages, comme à Paris, à Kiev et à Tbilissi. Autre fait intéressant: il a été mis en nomination à 30 reprises pour le prix Nobel, mais ne l'a pourtant jamais gagné.

## STRUCTURE D'UN BACTÉRIOPHAGE



CLÉMENT CAFFARATTI

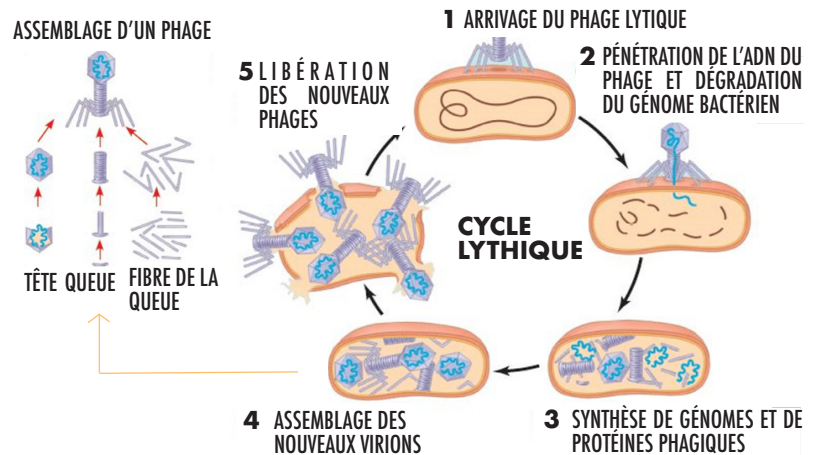
Il est aussi enthousiaste quant à la possibilité de faire des traitements hybrides utilisant à la fois des antibiotiques classiques et des bactériophages, car il est très compliqué, voire impossible, pour une bactérie de développer une résistance à l'utilisation simultanée de ces deux types de traitement. En revanche, le Dr Resch se garde une réserve quant à la possibilité de n'utiliser qu'exclusivement les phages pour contourner le problème de la multirésistance. Ce serait parce que, jusqu'à ce jour, nous ne possédons pas un bactériophage pour chacune des souches de bactéries pathogènes. L'exemple le plus frappant est certainement l'absence de phage spécifique à la bactérie *C. difficile*. Notre correspondant conclut tout de même en nous confirmant qu'il existe des traitements antibiotiques à base de lysines de bactériophage purifiées (enzymes dégradant la paroi des bactéries) en phase d'essai clinique aux États-Unis d'Amérique, une autre avenue inusitée!

**«Les lysines de bactériophages peuvent être purifiées et servir d'antibiotiques. Les essais cliniques sont actuellement en cours et d'ailleurs aux USA, la compagnie ContraFect en est déjà à la phase 3.»**

-Dr. Gregory Resch (PhD)

En tout cas, nous en connaissons qui seront ravis de lire ça. En effet, dans le cas de Tom, et au grand soulagement de tous et toutes, la phagothérapie a les résultats escomptés et il se réveille de son long coma. Un miracle, comme certains diront. Il finit même par n'avoir aucune séquelle importante de sa mésaventure, après bien évidemment plusieurs traitements de réhabilitation à cause des mois d'alitement. Une fois la poussière retombée, ce dénouement n'a pas que ravi Patterson et sa femme: il a aussi ouvert une nouvelle voie pour une panoplie de chercheurs et cliniciens qui cherchaient désespérément des approches innovantes et solides au grave problème que représentent les superbactéries. Cela dit, beaucoup de chemin reste encore à faire pour oublier cette menace hors du commun, mais le jour viendra où les historiens évoqueront l'épopée de Tom Patterson comme le début d'une nouvelle grande révolution médicale.

## MÉCANISME DE REPRODUCTION DES PHAGES LYTiques



## BACTÉRIOPHAGES OU ANTIBIOTIQUES: UN PEU D'HISTOIRE

Malgré sa popularité au début du 20<sup>e</sup> siècle, l'intérêt pour cette thérapie inusitée chuta drastiquement en occident avec l'arrivée d'une nouvelle étoile montante que l'on connaît bien à présent : la pénicilline. Plus faciles à produire en grande quantité et efficaces contre une plus grande variété de bactéries que les phages, les antibiotiques ont rapidement gagné les marchés de l'Occident à la suite de la Deuxième Guerre mondiale. Cela dit, divers pays d'Europe de l'Est ont continué à l'utiliser. Ce n'est qu'avec l'émergence des bactéries résistantes aux antibiotiques et le cas de Tom que la phagothérapie est revenue dans la ligne de mire des chercheurs occidentaux. Toutefois, les grandes compagnies pharmaceutiques hésitent encore à investir dans ce domaine et le cadre régulateur de leur utilisation n'est pas encore bien défini.

---

## Voici les partenaires qui ont permis la publication du volume 16 de la revue Le Point Biologique

**UQÀM** | **Faculté des sciences**  
Université du Québec à Montréal



**SBM**

**UQÀM** | **Département des sciences biologiques**



Nous aimerions également remercier les membres du jury, Mathilde Hébert et Béatrice Dion-Desroches ainsi que tous les étudiants dont l'implication et les efforts ont permis la publication, pour une année encore, d'un volume du Point Biologique.

### Crédits des images

Première de couverture  
Charles Montpetit

Quatrième de couverture  
Maude Keyser

« **La reconnaissance est la mémoire du cœur** »

-Hans Christian Andersen

# LE POINT BIOLOGIQUE





## LE POINT BIOLOGIQUE

*Le baccalauréat en biologie en apprentissage par problèmes c'est :*

*Un type de pédagogie innovant qui vise à rendre l'étudiant actif dans ses apprentissages. De nombreuses compétences sont développées tout au long de ce programme dont l'analyse de problèmes situationnels (PROSIT), la recherche d'informations avec un regard critique, la capacité de synthèse et le travail d'équipe.*

*Points forts du programme Bio APP de l'UQAM :*

- Programme axé sur la pédagogie active et l'autonomie;*
- Beaucoup d'heures en laboratoire;*
- Proximité inégalée avec le corps professoral;*
- Opportunités de stages en recherche, en milieu professionnel et même en enseignement;*
- Propositions fréquentes pour des stages et pour la poursuite au cycle supérieur;*

*-Trois options de spécialisation :  
Biologie moléculaire et biotechnologie;  
Toxicologie et santé environnementale;  
Écologie.*

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

*2080, rue Saint-Urbain, Montréal, Québec, H2Z, 3X8, local SB-R810  
Téléphone : 514-987-3654  
Courriel : [moduledebiologie@uqam.ca](mailto:moduledebiologie@uqam.ca)*