

LE POINT BIOLOGIQUE

volume 5 | avril 2011

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

GAZ aux vaches

Hasta la vista, **BANANA!**

REQUINS... à la soupe!

Contr«**EAU**»verse

La soupe de plastique



UQAM

Accueil et soutien aux projets étudiants
Service à la vie étudiante
Université du Québec à Montréal

Le Point Biologique

Édité par le regroupement des étudiants-es en biologie
de l'Université du Québec à Montréal (RÉÉBUQAM)
141 Président-Kennedy, local SB-R231
Téléphone 514-987-3000 poste 4159
Courriel : reebuqam@gmail.com

Éditrice et rédactrice en chef :

Geneviève Turgeon

Rédactrices en chef adjointes :

Émilie De Champlain et Anik Pannetier Lebeuf

Coordonatrice :

Cynthia D. Franci

Rédacteurs :

Chelsea Archambault, Sarah Beaudry, Aïcha Sandrine Bessin, Maria Cristina Borja, Thomas Burthe-Mique, Lila Lucero Celis Mercier, Marie-Christine Deguire-Morin, Magdalena de Regules, Jean-Philippe Désindes, Josée Dumas-Campagna, Cynthia D. Franci, Véronique Gaudreault St-Laurent, Virgine Journeau, Catherine Lavoie, Étienne Normandin-Leclerc, Vincent Ouellet Jobin, Anik Pannetier Lebeuf, Élise Smedbol, Geneviève Turgeon

Encadrement professoral :

Benoît Barbeau et Pedro Peres-Neto

Comité de sélection des articles :

Benoît Barbeau, Sheena-Émilie Boucher, Karina Charest Castro, Nicolas Flores, Mirianne Lemire, Catherine Lévesque, Robert Moreau, Pedro Peres-Neto, Catherine Pilotte, Julie Reinling, William Vickery

Réviseurs et correcteurs :

Émilie De Champlain, Josée Dumas-Campagna, Cynthia D. Franci, Viviane Journeau, Vincent Ouellet Jobin, Manon Ouellette, Anik Pannetier Lebeuf, Céline Signor, Geneviève Turgeon

Crédit image couverture :

Josée Dumas-Campagna

Crédit photos de couverture :

Étudiants-es de troisième année du baccalauréat
en biologie de l'UQÀM 2008-2011

Mosaïque de la couverture :

Anik Pannetier Lebeuf et Émilie De Champlain
Mosaïque créée avec le logiciel AndreaMosaic

Mise en page de la couverture :

Vincent Ouellet Jobin et Geneviève Turgeon

Responsable du lancement :

Josée Dumas-Campagna

Impression : Repro-UQÀM

L'équipe tient à remercier pour sa collaboration au projet : Diane Careau

ISSN : 1913-2697.

Les textes publiés dans cette revue peuvent être reproduits, copiés, distribués ou modifiés en autant que l'on fasse mention de la source. Par contre, les images ne peuvent être reproduites ou redistribuées. Copyleft Avril 2011

Pour rejoindre l'équipe de la revue, prière d'écrire à la rédactrice en chef de l'année en cours :
turgeon.genevieve.3@courrier.uqam.ca

La revue est également disponible en version électronique :
<http://www.aroy.net/pointbiologique/2011>

Sommaire

1- Gaz aux vaches.....p.3

«De l'Abitibi à la Gaspésie, le Québec ne laisse pas sa place dans l'industrie laitière. En effet, avec ses 365 000 têtes, notre province compte le plus grand nombre de vaches laitières au pays. Mais saviez-vous qu'une seule de ces vaches produit autant de gaz à effet de serre que 22 voitures de type économique?»

2- Contr «eau» verse.....p.9

«D'un côté, les groupes environnementaux s'inquiètent de l'impact de cette industrie sur les écosystèmes et sur la santé humaine; de l'autre, les industries affirment qu'ils n'utilisent qu'une infime partie des réserves d'eau et que leurs produits sont de meilleure qualité pour la consommation humaine. La commercialisation de l'eau embouteillée est une source de revenus non négligeable pour l'industrie et les pays producteurs. Cependant, il est aussi important de se questionner sur les coûts environnementaux et sociaux de cette industrie.»

Capsule - La soupe de plastique.....p.15

3- Requins... à la soupe! Quand commerce rime avec destruction..p.16

«Massacrés par millions pour leur qualité culinaire et leur valeur pharmacologique, les requins, apparus il y a 400 millions d'années, ne sillonneront plus les eaux d'ici peu si l'actuel phénomène d'extermination n'est pas rapidement enrayeré.»

4- Hasta la vista banana! La disparition de la banane.....p. 22

«La banane telle que nous la connaissons livre en ce moment même un combat sans merci contre son ennemi juré, la fusariose. Cette maladie gagne constamment du terrain. Nous tentons de prêter main-forte à la banane, mais est-ce possible?»

Gaz aux vaches!



Rédigé par:
Sarah Beaudry,
Véronique Gaudreault St-Laurent,
Virginie Journeau,
Catherine Lavoie

Gré des champs, Fleurs d'ail, Fou du roy, le Riopelle de l'Isle, voilà quelques-uns des noms enchanteurs d'une vaste variété de fromages québécois fabriqués à partir de lait de vache. De l'Abitibi à la Gaspésie, le Québec ne laisse pas sa place dans l'industrie laitière. En effet, avec ses 365 000 têtes, notre province compte le plus grand nombre de vaches laitières au pays. Mais saviez-vous qu'une seule de ces vaches produit autant de gaz à effet de serre que 22 voitures de type économique?



Ferme Brochu & Lavoie © Catherine Lavoie

En sillonnant les routes du Québec, il est possible de voir une multitude de vaches différentes. Ces vaches d'élevage sont destinées à la production de bœuf ou de lait. Ces deux industries occupent respectivement le 1er et le 3e rang dans le secteur agricole au Canada. Chaque vache peut créer entre 400 et 700 litres de méthane (CH_4) chaque jour. Si on considère les 365 000 vaches laitières et les 225 000 vaches de boucherie, cela totalise une production de méthane journalière pouvant remplir l'équivalent de 78 piscines olympiques! Ces vaches, jouant un rôle important dans l'économie de notre

pays, ont également un impact considérable sur le réchauffement planétaire.

Le méthane, un puissant capteur de chaleur

En 2008, le méthane représentait 10,7 % des émissions totales de gaz à effet de serre (GES) provenant de l'activité humaine au Québec. Ce pourcentage peut paraître insignifiant en comparaison au dioxyde de carbone (CO_2) qui représentait, quant à lui, 79,8% des GES. Toutefois, le CH_4 est 21 fois plus efficace que le CO_2 pour retenir la chaleur dans l'atmosphère, ce qui en fait un gaz à effet de serre re-

doutable! En effet, malgré une quantité beaucoup moins importante que celle du CO_2 , son impact sur l'environnement est considérablement plus grand.

Selon l'Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre, la fermentation issue de la digestion des bovins contribue à 15 % des émissions de méthane dans le secteur agricole. Bien que présent de manière naturelle, tel que dans les marécages et les tourbières, le méthane est également produit en quantité importante par l'activité humaine. Les autres principales sources mondiales de méthane sont la culture du

riz, la combustion des combustibles fossiles, l'extraction du gaz naturel, l'enfouissement des déchets organiques et l'exploitation pétrolière.

De plus en plus chaud!

Le réchauffement planétaire se fait de plus en plus sentir. En effet, les températures les plus chaudes jamais enregistrées ont été observées entre 1995 et 2006. Les gaz à effet de serre sont pointés du doigt pour expliquer cette hausse de la température (voir encadré). Dans leur rapport sur les changements climatiques, le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) indique que pratiquement tous les gaz à effet

Gaz à effet de serre

Dioxyde de carbone (CO₂) Méthane (CH₄)
Vapeur d'eau (H₂O) Oxyde nitreux (N₂O)

La présence naturelle des gaz à effet de serre est essentielle à notre survie. En effet, une des fonctions des gaz à effet de serre consiste à absorber les rayons infrarouges du Soleil qui ont été réfléchis par la Terre et permettre ainsi de conserver une quantité importante de chaleur. Sans ces gaz, la température moyenne de notre planète serait de -18°C! Toutefois, une concentration trop élevée de ces gaz présente un risque de réchauffement pour la planète; la chaleur ne pouvant plus quitter l'atmosphère augmente la température globale à la surface de la Terre.

que celle du CO₂ est de plus de 100 ans. Si des mesures sont prises aujourd'hui pour réduire les émissions de CH₄, les effets sur l'environnement se feront sentir dès la prochaine décennie. Il est donc important de s'attaquer à ce gaz afin de freiner rapidement le réchauffement climatique. Mais, tout d'abord, comment les bovins parviennent-ils à produire autant de ce gaz à effet de serre?

de serre ont atteint des niveaux alarmants au cours des années 1990 et que ces niveaux ne cessent d'augmenter.

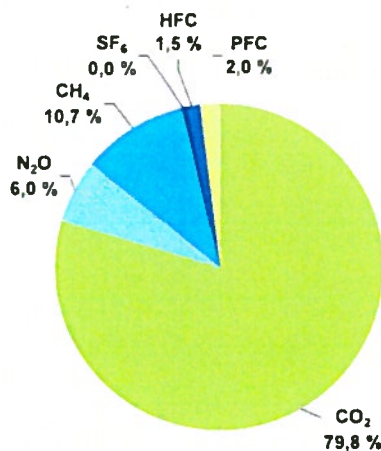
Le méthane ne laisse pas sa place. Les concentrations de méthane ont augmenté de 150% au cours des deux derniers siècles. Cette augmentation fulgurante s'explique par la croissance importante de la population mondiale qui requiert une imposante production agricole et une utilisation sans précédent de pétrole et de gaz naturel.

La persistance du méthane dans l'environnement est 10 fois moins grande que celle du CO₂. En effet, la durée de vie du méthane est de 12 ans alors

Le rumen : lieu de formation du méthane

Chez les vaches, et tous les autres ruminants, l'estomac est composé de quatre grandes poches ayant chacune leur rôle bien particulier. Lorsque la nourriture est avalée, elle descend le long de l'œsophage et entre dans la première partie de l'estomac: le rumen. Il s'agit de la plus grosse poche de l'estomac et elle peut contenir jusqu'à 90 kg de nourriture! La particularité des ruminants est leur capacité à assimiler la paroi des végétaux, indigeste pour les humains, grâce à la présence de bactéries spécialisées dans ce compartiment. En dégradant les parois végétales, les bactéries produisent une grande quantité de gaz, dont le méthane.

En plus du rumen, le processus complet de digestion implique les trois autres estomacs (réseau, feuillet et



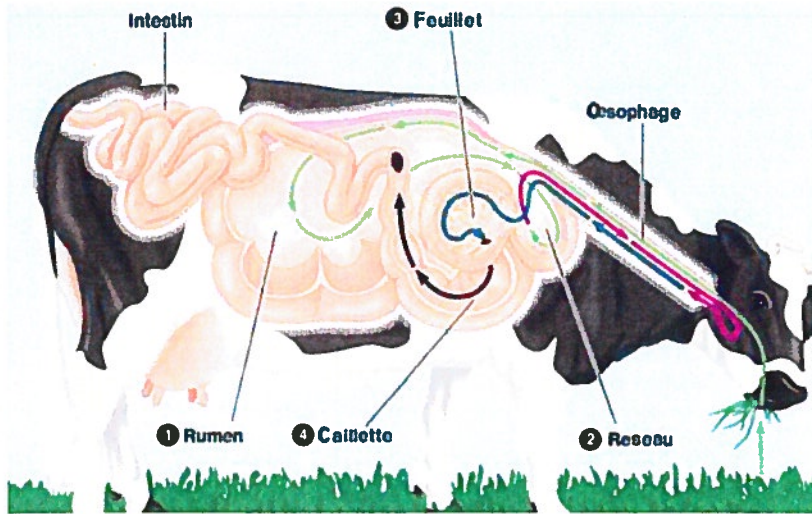
Répartition des émissions de GES au Québec en 2008 selon le type de gaz

Source : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2008

Concentrations atmosphériques et potentiel de réchauffement planétaire de certains GES

Gaz à effet de serre	Concentration en 1750	Concentration en 2005	Augmentation de la concentration	Potentiel de réchauffement planétaire ^(c)	Temps de séjour atmosphérique
CO ₂	environ 280 ppm ^(a)	379 ppm	99 ppm (35 %)	1	variable
CH ₄	environ 715 ppb ^(b)	1 774 ppb	1 059 ppb (148 %)	21	12 ans

Source : Ministère du Développement durable de l'Environnement et des Parcs, 2008



L'estomac d'un ruminant et le parcours de la nourriture ingérée.
(www.techniques-elevage.over-blog.com)

caillette) et les intestins. Le cycle digestif peut durer jusqu'à 48 heures et plus de 1000 litres de gaz (CO_2 et CH_4) sont produits et relâchés par les rots des vaches. Une vache émet en effet jusqu'à 700 litres de méthane en une seule journée par ses rots! C'est donc par les bactéries présentes dans le rumen qu'est produite la majeure partie du méthane rejeté dans l'atmosphère.

Comment est produit le méthane?

La production de méthane par les vaches est principalement due à la présence de bactéries méthanogènes (qui fabriquent du méthane) dans le rumen. Ces bactéries utilisent les produits créés par la fermentation des sucres et des fibres présents dans le foin, le fourrage, les grains et le maïs. Mais par quel processus ces bactéries produisent-elles du méthane?

Lors de la fermentation, les sucres sont transformés en hydrogène, un gaz très explosif. Cet hydrogène doit être modifié en acétate ou en propionate

avant que son accumulation fasse éclater la vache! Les bactéries, en fabriquant de l'acétate pour se nourrir, utilisent l'hydrogène gazeux et produisent du méthane. D'autres bactéries vont utiliser l'hydrogène pour se nourrir en fabriquant du propionate. Lorsque les bactéries fabriquent ce propionate, aussi à partir de l'hydrogène, il n'y a pas de méthane de produit. Dans le rumen, ces deux processus sont en compétition pour l'utilisation de l'hydrogène. Le propionate ne produisant pas de méthane, un ratio en faveur de ce dernier serait donc à favoriser (voir encadré). Par exemple, si le propionate est deux fois plus élevé que l'acétate, la production de méthane tombe à zéro. À l'inverse, lorsqu'il n'y a que de l'acétate de produit, la production de méthane augmente de 33 %.

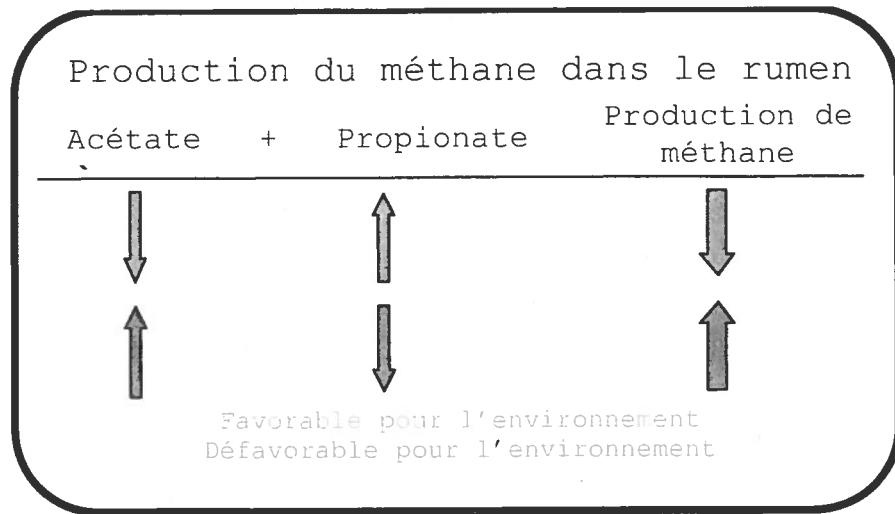
Le Dr. Daniel Massé, chercheur au Centre de recherche et de développement sur le bovin laitier et le porc, nous rappelle que « la vache dépense une partie de son énergie à produire le méthane. Donc, en diminuant

la quantité de méthane émise par la vache, cela augmente sa productivité, une caractéristique très intéressante pour les agriculteurs du pays ». Les études visant à diminuer la quantité de méthane produite par les vaches ont pour but de modifier le ratio acétate : propionate pour ne produire que du propionate.

Stratégie 1: Mettre les vaches à la diète

Dans cette foulée d'études, plusieurs stratégies ont été élaborées quant à la composition de la diète. Les chercheurs s'entendent pour dire qu'une alimentation riche en protéines favorise la production de propionate au détriment de celle de l'acétate, ce qui diminue les émissions de méthane. Cette source de protéine peut se retrouver dans un aliment aussi commun que le pois, une légumineuse.

De plus, il est reconnu qu'une fermentation plus rapide abaisse la production de CH_4 en diminuant l'efficacité des bactéries méthanogènes. Selon ce principe, une diète faible en fibres et riche en amidon entraîne une réduction des émissions de méthane chez les bovins. La mélasse, un sucre simple, ou la betterave fourragère, riche en amidon, sont des exemples d'ajouts sucrés pouvant être servis aux vaches. Contrairement aux aliments fibreux qui prennent plus de temps à être digérés dans le rumen, ces deux aliments y fermentent plus rapidement et y séjournent donc moins longtemps.



Une attention particulière a également été portée sur la composition en lipides de la ration de l'animal. Lors de la digestion, les lipides utilisent l'hydrogène qui n'est alors plus disponible pour la production de méthane. L'ajout dans l'alimentation d'environ 5 à 6 % de lipides, comme de l'huile de lin, entraîne une diminution du nombre de bactéries méthanogènes dans le rumen. Le résultat direct est une diminution de la production de méthane. Mais attention! Un ajout de gras supérieur à 7 % de la ration de base est toxique pour les bovins. Au-dessus de cette valeur critique, bien qu'une diminution du méthane soit observée, il y a aussi une baisse de la dégradation des fibres. Cet effet se produit non seulement dans le rumen, mais également dans le système digestif en entier. Comme les fibres sont essentielles au bon fonctionnement de la digestion, il va sans dire qu'une diminution de leur dégradation aura des conséquences néfastes sur la santé de la vache. À titre d'exemple, une carence en fibres peut affecter le contrôle de la glycémie en plus de défavoriser l'élimi-

nation intestinale, causant la constipation.

Ainsi, l'implantation de ces stratégies doit avant tout tenir compte d'un certain équilibre dans la composition de la diète avant de s'intéresser à la réduction subséquente de méthane.

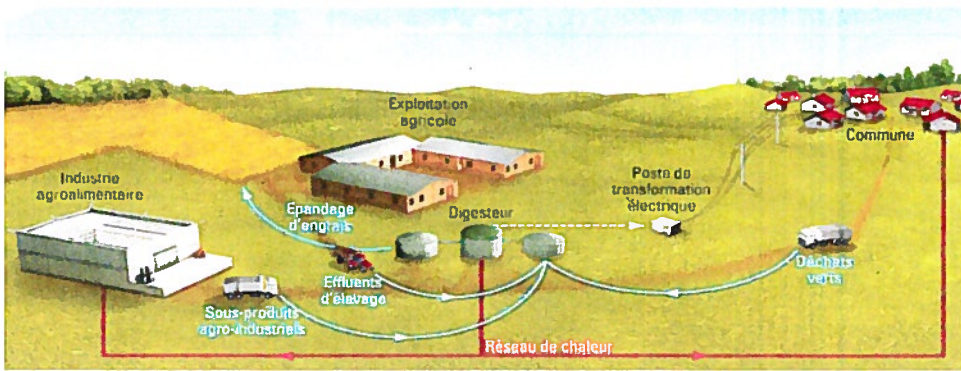
Stratégie 2 : Assaisonner les aliments des vaches

Il y a quelques années, des chercheurs ont découvert qu'en modifiant les types de bactéries présentes dans le rumen, ils pouvaient augmenter la production de lait et de viande. Ils ont alors été tentés d'utiliser des antibiotiques pour contrôler la présence de bactéries méthanogènes. Cependant, avec les connaissances sur les multiples résistances des bactéries aux antibiotiques et la mauvaise presse entourant l'usage de ces derniers en agriculture, les chercheurs ont dû se tourner vers des alternatives plus naturelles telles que les huiles essentielles. Celles-ci sont présentes dans les aliments que nous consommons régulièrement, comme l'origan et l'ail, et ont des propriétés antimicrobiennes. Elles pourraient donc

diminuer la quantité de bactéries méthanogènes présentes dans le rumen des vaches.

Tout d'abord, l'origan, que nous utilisons pour parfumer nos plats, contient du carvacrol, une substance antimicrobienne puissante. Lorsque les chercheurs ont ajouté cette herbe à la diète des vaches, ils ont observé une diminution du ratio acétate : propionate, ce qui se traduit par une diminution de la quantité de méthane produite. Ainsi, l'ajout d'origan pourrait être prometteur pour limiter la production de méthane par les bovins. Il y a cependant un revers à la médaille. Le carvacrol est tellement puissant qu'il agirait sur toutes les bactéries présentes dans le rumen. Il éliminerait même les bactéries non méthanogènes qui sont utiles à la digestion des protéines. Il faudrait donc trouver une substance pouvant agir spécifiquement sur les bactéries méthanogènes.

Un autre produit facilement accessible s'est alors révélé très prometteur pour réduire le méthane dans les rots des vaches : l'ail. Lorsqu'il est mangé par les vaches, l'ail, qui est aussi un antimicrobien, s'attaque aux bactéries méthanogènes pour les éliminer sans affecter les bactéries bénéfiques. L'hydrogène issu de la fermentation est alors disponible pour produire majoritairement du propionate. Toutefois, il demeure important de déterminer si l'utilisation de l'ail à long terme sera sans danger pour la vache et si elle sera toujours aussi efficace.



La méthanisation (www.neoen.fr)

Stratégie 3 : Petite taille, GRAND potentiel

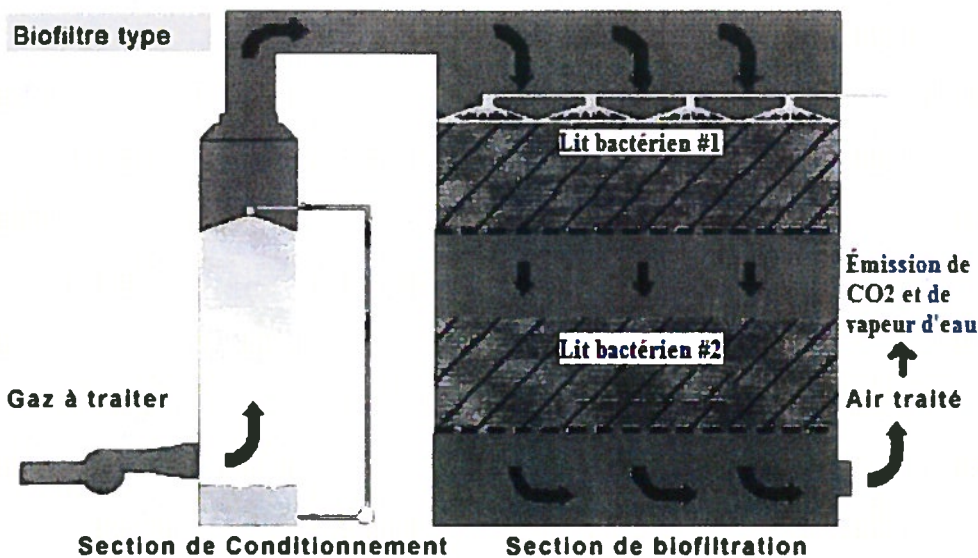
Suite aux aversions du public et des scientifiques envers les antibiotiques, d'autres chercheurs se sont tournés vers les probiotiques. Bien que largement publicisés, ceux-ci ne sont pas connus de tous. Les probiotiques sont en fait des micro-organismes vivants, tels que des levures et des bactéries. Ils sont ajoutés au régime alimentaire dans l'optique d'augmenter la flore naturelle de bonnes bactéries du système digestif. Prenons par exemple les différents yogourts mis sur le marché additionnés, entre

autres, de bactéries *B. lactis* ou *L. casei*. Ils aident à la digestion des fibres alimentaires et assurent une forme d'immunité en compétitionnant avec les micro-organismes indésirables. Mais comment ces organismes peuvent-ils aider à limiter la production de méthane chez les bovins tout en augmentant la production de lait et de viande? Les résultats des études réalisées sur ce sujet divergent beaucoup en fonction de la souche de micro-organismes choisie, de la dose administrée et du régime alimentaire de base de l'animal. Chez les ruminants, le fonctionnement précis des probiotiques est en-

core peu connu. L'idée de base est que les principales souches de levures et de bactéries utilisées comme probiotiques chez les bovins permettraient d'augmenter la production de propionate. De plus, l'ajout de probiotiques à l'alimentation bovine aurait pour conséquence de diminuer le nombre de protozoaires du rumen. Ceux-ci sont de petits organismes vivants dans le rumen qui s'associent de manière symbiotique aux bactéries méthanogènes. On qualifie cette relation de symbiose puisque les bactéries profitent de la production d'hydrogène par les protozoaires sans toutefois nuire à la survie de ces derniers. En diminuant la population de protozoaires par l'utilisation de probiotiques, celle des bactéries méthanogènes est conséquemment réduite.

En plus de réduire la quantité de méthane produite, les probiotiques stimuleraient la croissance des bactéries qui modifient l'acidité du rumen.

Ceci favoriserait la croissance des bonnes bactéries ayant pour fonction de digérer les fibres. Cette meilleure digestion augmenterait ainsi l'apport alimentaire et la productivité des bovins. Par contre, ces différentes études ont été faites principalement sur des bactéries en laboratoire et ont rapporté des résultats très divergents d'une étude à l'autre. Certaines études avançaient une diminution allant jusqu'à 50 % de la production de méthane par les bovins. Il est donc considéré par certains chercheurs que les effets potentiels des



Dans la biofiltration, le CH_4 émis par le fumier est dirigé par des conduits vers un biofiltre qui consiste en plusieurs membranes recouvertes de micro-organismes ayant la capacité de transformer le méthane en CO_2 et vapeur d'eau.

© 2009 Enviro-accès

probiotiques sont suffisamment prometteurs pour tenter l'expérience directement sur les vaches.

Stratégie 4 : Solutions d'avenir

Il est important de souligner que le CH_4 émis par les vaches ne provient pas uniquement des rots, mais qu'un grand pourcentage est attribué aux émanations provenant du fumier des bovins. Les espoirs de réduction des émissions de méthane de provenance agricole sont présentement basés sur l'efficacité de deux processus qui s'appuient sur le recyclage et la transformation du fumier.

La première technique mise au point est nommée la méthanisation. Il s'agit en fait d'un processus naturel qui permet la dégradation, en absence d'oxygène, de la matière organique issue des déjections des bovins et des déchets de cultures. Ces résidus agricoles sont introduits dans un digesteur, un appareil similaire au rumen de la vache en ce qui a trait aux conditions environnementales qu'on y retrouve. De plus, des micro-organismes compétents y sont ajoutés afin de permettre la production d'un biogaz composé principalement de méthane et de CO_2 . Ce biogaz peut ensuite être utilisé à d'autres fins comme la production d'électricité et de chaleur dans les bâtiments agricoles. Il s'agit donc de traiter les polluants agricoles en créant une source d'énergie renouvelable. De plus, la matière solide récoltée après la méthanisation est un bon substitut à la fertilisa-

tion minérale. Elle peut donc être utilisée comme engrais pour la culture végétale, sans les désagréments malodorants habituels des épandages de fumier.

La deuxième technique à l'étude est celle de la biofiltration. Le Dr. Massé concentre actuellement ses efforts sur la mise au point d'un biofiltre permettant la transformation du méthane en dioxyde de carbone par des bactéries spécialisées. Les émissions de CO_2 sont elles aussi très néfastes, mais ont une efficacité moins importante que celle du CH_4 . La biofiltration peut être appliquée en recouvrant le fumier avec une membrane hermétique pour permettre d'acheminer le méthane vers un biofiltre. Par ailleurs, l'ajout d'un biofiltre dans les conduits d'aération permettrait de réduire la quantité de méthane dans les bâtiments d'élevage. Ce procédé «vachement» écologique permet le recyclage complet du CO_2 et donne un bilan neutre de ce gaz,

explique le Dr. Massé. En effet, les végétaux absorbent le CO_2 et sont par la suite consommés par les ruminants. En digérant les plantes, ces animaux émettent du méthane qui est transformé par biofiltration en CO_2 . Ainsi, chacune de ces molécules est complètement recyclée.

« L'agriculture fait partie de la solution »

Voilà comment le Dr. Massé perçoit la situation. Il explique que « même si certaines diètes diminuent la quantité de méthane produite par la vache, il faut s'assurer que le méthane retrouvé dans le fumier, et que la culture associée à cette nouvelle alimentation, ne viennent pas contrebalancer l'impact environnemental ». Il s'agit donc de combiner les solutions liées à la diète et à la gestion des déchets afin de s'assurer que le Canada demeure un important producteur de bœufs et de produits laitiers tout en diminuant ses émissions de gaz à effet de serre.



Ferme Brochu & Lavoie © Catherine Lavoie



<http://office.microsoft.com/fr-ca/images/>

Rédigé par:
Cristina Borja,
Lila Lucero Celis Mercier,
Magdalena de Regules,
Geneviève Turgeon

Par une belle journée, chaude et ensoleillée, Maman et Gamine jouent au parc. Après un certain temps, Gamine se plaint qu'elle a soif; Maman se rend donc au dépanneur. Elle opte pour le choix santé en achetant une bouteille d'eau plutôt qu'une boisson. Est-ce que Maman a vraiment fait le meilleur choix en achetant une bouteille d'eau? La question se pose puisque l'eau embouteillée est au centre d'une controverse qui touche plusieurs domaines de la biologie. D'un côté, les groupes environnementaux s'inquiètent de l'impact de cette industrie sur les écosystèmes et sur la santé humaine; de l'autre, les industries affirment qu'ils n'utilisent qu'une infime partie des réserves d'eau et que leurs produits sont de meilleure qualité pour la consommation humaine. La commercialisation de l'eau embouteillée est une source de revenus non négligeable pour l'industrie et les pays producteurs. Cependant, il est aussi important de se questionner sur les coûts environnementaux et sociaux de cette industrie.

La production du plastique

Le cycle de vie d'une bouteille d'eau débute à l'usine de production du plastique. La plupart des plastiques sont fabriqués en faisant réagir des composés chimiques, dont certains sont extraits du pétrole et des gaz naturels, pour former une résine de plastique. Cette dernière peut aussi provenir du recyclage, cependant, la résine recyclée ne peut composer plus de 10 % de la résine totale utilisée pour la fabrication des bouteilles. La résine, sous forme de billes, est chauffée. Le liquide est injecté dans des moules pour obtenir les préformes, de petits formats génériques qui seront envoyés à l'usine d'embouteillage. De là, les préformes sont soufflées pour façonner les bouteilles.

Dans le monde, 90 % des bouteilles à usage unique, d'un volume de 300 ml à 1,5 litre, sont composées de polyéthylène téréphtalate (PET). Ce dernier est un type de plastique fabriqué en faisant réagir de l'éthylène glycol avec de l'acide téréphtalique. La réaction est accélérée par la présence d'une substance appelée catalyseur. D'autre part, les gros contenants de 18 litres pour l'entreposage d'eau sont en polycarbonate, un plastique fabriqué en utilisant du bisphénol-A (BPA) et du carbonate. Le processus de fabrication utilise plusieurs substances chimiques potentiellement dangereuses pour les travailleurs dans l'usine, incluant le trioxyde d'antimoine, utilisé comme catalyseur dans la fabrication du PET, et l'éthylène glycol. Or, le trioxyde d'an-

timoine est considéré comme un cancérigène potentiel par l'Agence Internationale pour la Recherche sur le Cancer. En effet, les employés pourraient développer un cancer à la suite de l'exposition au trioxyde d'antimoine. De plus l'éthylène glycol est toxique pour le foie.

L'eau : source de controverse?

Parallèlement à la fabrication de la bouteille, l'eau doit être acheminée vers l'usine à partir de la source : aqueduc, nappe phréatique, source naturelle, etc. L'importance de l'eau comme élément essentiel à la vie est assez connue; il suffit de se rappeler que sa présence sur Terre a été un des facteurs déterminants pour le développement de la vie. Quoique la

majorité des personnes soient conscientes de l'existence du cycle de l'eau, peu d'attention est portée sur le rôle du compartiment souterrain impliqué dans ce cycle. Depuis les années 90, plusieurs études ont vu le jour afin de comprendre les effets de l'exploitation et de la pollution des eaux souterraines. L'eau souterraine exploitable, ou aquifère, n'est pas une ressource omniprésente dans le sous-sol. Sa répartition est limitée par l'histoire géologique de la région. Les aquifères se retrouvent en effet dans des sols sablonneux, de grès poreux ou de roches fracturées. Ces matériaux permettent l'infiltration, l'emmagasinage et la circulation des eaux, contrairement à d'autres types de sol comme l'argile. Selon le type d'aquifère, l'eau « de source » extraite pour le marché réside depuis plusieurs dizaines, voire plusieurs centaines d'années dans les réservoirs naturels appelés nappes phréatiques.

La surexploitation des eaux souterraines se produit lorsque le taux d'extraction excède le

taux de réapprovisionnement en eau de la nappe, ou taux de recharge. Le réapprovisionnement en eau peut se faire de manière naturelle ou artificielle. La surexploitation se traduit donc par un abaissement de la nappe phréatique parfois jusqu'à son assèchement. Les conséquences peuvent être tragiques. D'abord, les probabilités que le sol s'effondre au-dessus d'une nappe sont plus grandes lorsqu'elle est asséchée. De plus, les nappes phréatiques alimentent en partie les eaux de surface et les tourbières. Un abaissement de la nappe phréatique mène donc à une diminution du niveau de l'eau de ces dernières. Enfin, les nappes phréatiques peuvent être envahies par l'eau saline dans les zones côtières, un phénomène rencontré aux Îles-de-la-Madeleine. L'eau des nappes phréatiques ne peut plus être utilisée pour la consommation puisque l'eau salée n'est pas potable.

À l'heure actuelle, les connaissances approfondies sur le sujet permettent d'établir des normes gouvernementales

pour la gestion des eaux souterraines. Ces normes régissent notamment le taux d'exploitation acceptable et les impacts de l'extraction sur l'environnement et la santé humaine.

Un contenu contaminé ou un contenant contaminant

Une fois les bouteilles remplies d'eau, elles sont emballées et les emballages sont souvent entreposés avant d'être envoyés aux commerçants. L'eau embouteillée entreposée peut être contaminée par différentes substances chimiques utilisées lors de la fabrication du plastique, car elles ne sont pas nécessairement stables. Plusieurs études ont démontré la présence d'une plus grande quantité d'antimoine dans l'eau des bouteilles en PET que dans l'eau du robinet. La contamination est due à la libération de l'antimoine à partir du plastique, notamment influencée par la durée et les conditions d'entreposage des bouteilles d'eau. Ainsi, plus la période d'entreposage est longue, plus la quantité d'antimoine libérée dans l'eau est élevée. De même,

Les eaux souterraines : sources de biodiversité

Aujourd'hui, les eaux souterraines ne sont plus considérées comme de simples réservoirs inertes, elles sont plutôt reconnues pour leur soutien aux écosystèmes terrestres. Par exemple, une partie de l'eau de certaines tourbières provient des eaux souterraines. Certaines eaux souterraines sont habitées par de petits organismes qui contribuent au maintien de leur qualité. Ils occupent une zone transitoire entre les eaux de surface et les eaux souterraines. La diversité qui a pu se développer dans ces conditions environnementales (faibles concentrations de nutriments et de carbone, dioxygène dissous limité, absence de lumière et des limites d'espace) est une preuve de la richesse de ces écosystèmes et la façon dont les organismes qui y habitent se sont adaptés est surprenante: manque de pigmentation, yeux réduits ou absents, renforcement d'organes sensitifs non-optiques et métabolisme lent n'en sont que quelques exemples.

Les types d'eau embouteillée les plus populaires

Eau de source	Elle provient d'une source souterraine et non pas de l'aqueduc. Elle contient de faibles concentrations en matières organiques dissoutes. Elle est traitée pour éliminer des produits chimiques et des microbes.
Eau de source naturelle	C'est une eau de source qui n'a suivi aucun traitement pour éliminer les éléments bactériologiques. Elle ne doit donc pas en contenir
Eau minérale	Elle provient d'une source souterraine, et possède des minéraux dissouts.
Eau distillée	Elle est obtenue par la distillation de l'eau de n'importe quelle source et ne contient pas les éléments qui se trouvent naturellement dans l'eau.
Eau déminéralisée	Elle est libre des minéraux et des sels qu'elle contenait à l'origine.
Eau glaciaire	Elle provient directement d'un glacier.
Eau gazéifiée	Elle est pétillante à cause de l'ajout d'un gaz (le dioxyde de carbone étant le plus commun). Il existe des eaux qui sont gazéifiées naturellement.

des températures élevées, dépassant les 40 °C, entraînent une libération d'antimoine plus importante. Les effets de la consommation d'eau contaminée par l'antimoine diffèrent selon la concentration de cet élément dans l'eau et la fréquence de consommation. Lorsque la quantité d'antimoine dans l'eau dépasse le niveau maximal de contaminant accepté par Santé Canada (6 ppb), les effets à court terme sont des nausées, des vomissements et de la diarrhée, et ceux à long terme sont une augmentation du cholestérol et une diminution du sucre dans le sang. L'antimoine, contrairement au trioxyde d'antimoine, n'est pas considéré comme un cancérigène chez l'humain par manque d'études. Cependant, les recherches démontrent que l'antimoine et l'arsenic se ressemblent beaucoup dans leur

manière d'agir: ils ont une toxicité similaire. Comme l'arsenic est reconnu pour être un cancérigène, il est fort possible que l'antimoine le soit aussi.

Les phtalates et le BPA peuvent également être libérés dans l'eau des bouteilles en PET et en polycarbonate, respectivement. La contamination de l'eau par ces composés chimiques est favorisée par l'exposition au soleil, des longues périodes d'entreposage, des températures élevées, le réchauffement aux microondes et la congélation. Ce phénomène est inquiétant parce que les phtalates et le BPA sont des substances nocives, appelées perturbateurs endocriniens. Ils mimet l'action de certaines hormones de notre corps et dérèglent les différents processus biologiques qu'elles régulent. Les BPA ont une action iden-

tique à l'œstrogène, hormone sexuelle féminine intervenant dans la reproduction et dans le développement d'organes, dont le cerveau et le système cardio-vasculaire. Les phtalates, quant à eux, bloquent l'effet de la testostérone, imitent les œstrogènes et modifient la production de certaines hormones. Les perturbateurs endocriniens semblent d'ailleurs responsables en grande partie de l'infertilité, des malformations, des problèmes musculo-squelettiques, cardiovasculaires et neurologiques, ainsi que de l'augmentation de l'incidence des cancers, surtout du cancer du sein chez les jeunes femmes. Les effets de l'ingestion d'eau embouteillée ne sont pas encore élucidés, puisque les concentrations des perturbateurs endocriniens auxquelles nous sommes exposés dépendent de la quantité d'eau en bouteille consommée ainsi que de la fréquence de la consommation. En outre, la quantité de perturbateurs endocriniens consommés est bien plus faible que ce qui est nécessaire pour provoquer des effets toxiques aigus, visibles à court terme. Toutefois, Lise Parent, professeure à la TELUQ, spécialisée en écotoxicologie et en gestion de l'environnement, affirme que les perturbateurs endocriniens agissent aussi à long terme pour des doses extrêmement faibles. Leurs effets sur la santé peuvent apparaître plusieurs années après l'exposition initiale et s'étaler sur plusieurs générations. De plus, le système hormonal fonctionne différemment tout au long de notre vie; l'action des perturbateurs endocriniens ne sera donc

pas la même chez un embryon, un enfant, un homme ou une femme.

Les éléments essentiels à la vie

Pour l'être humain, l'eau est une source importante d'éléments essentiels comme le calcium, le magnésium et le fluor. En effet, certaines études démontrent que le calcium et le magnésium qui se trouvent dans l'eau seraient plus facilement assimilés par l'organisme que lorsqu'ils sont mélangés à d'autres molécules dans les aliments.

La consommation d'eaux déminéralisées ou ayant une faible teneur en minéraux a été associée à des problèmes de santé. Ces eaux contiennent effectivement très peu d'ions calcium et magnésium, ce qui produit un déséquilibre dans l'organisme menant à une perte de minéraux par les urines. De plus, un déficit de certains éléments pourrait entraîner de graves maladies. Il y a notamment l'ostéoporose où la dégradation des os est causée par un manque de calcium, et certains problèmes cardiovasculaires, causés par un déficit en magnésium. En outre, l'eau du robinet est le principal apport de fluor. Lorsque l'eau embouteillée en contient moins de 0,5 mg/l, le déficit en fluor peut produire

des caries dentaires et une décalcification des os.

Pas toujours bon, ces ions!

Quant aux eaux minérales, les concentrations en fluorures et en magnésium peuvent dépasser les normes relatives à la

ions des eaux minérales avant de les acheter, elles ne doivent pas excéder les normes.

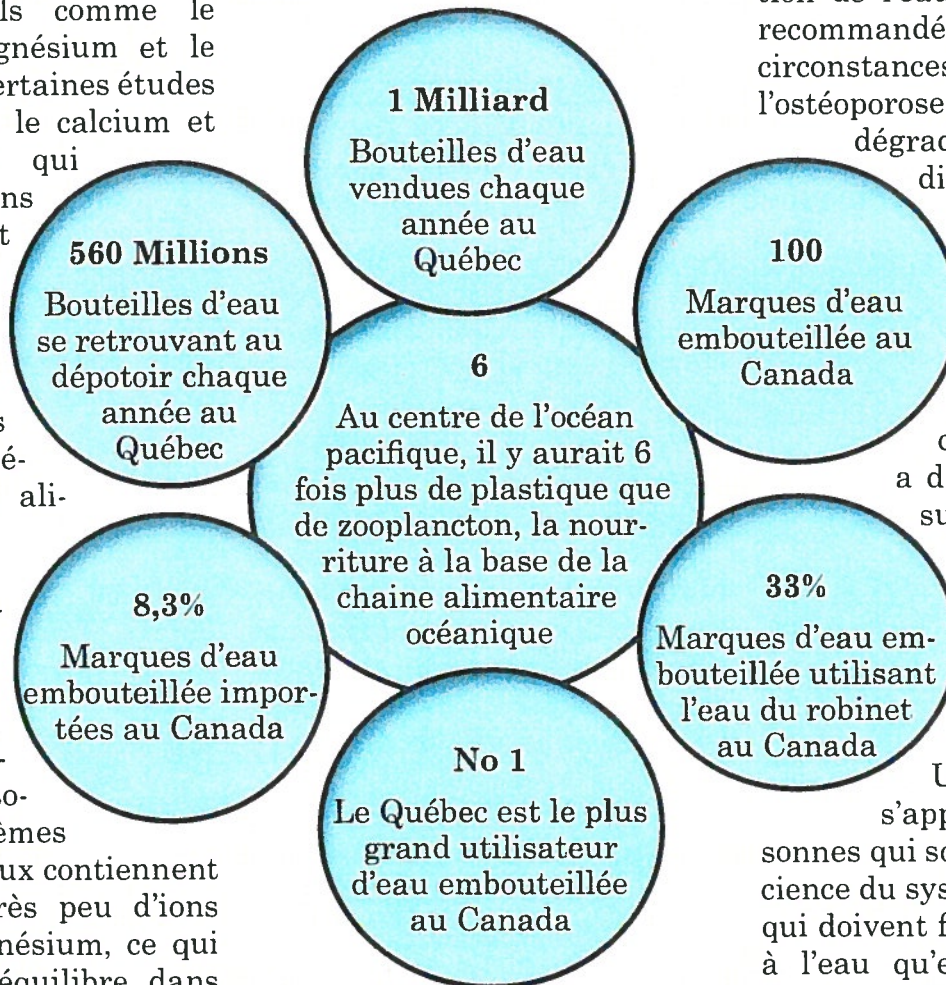
Quand l'eau embouteillée est recommandée

Cependant, la consommation de l'eau embouteillée est recommandée dans certaines circonstances. Dans le cas de l'ostéoporose, par exemple, la dégradation des os est diminuée par les diphosphonates qui favorisent la production de masse osseuse. Cependant, la présence d'ions calcium dans l'eau a des effets néfastes sur l'absorption et l'efficacité de ces médicaments, il est donc conseillé de les prendre avec de l'eau déminéralisée.

Un autre exemple s'applique aux personnes qui souffrent d'une déficience du système immunitaire qui doivent faire très attention à l'eau qu'elles consomment. Dans ce cas, la consommation d'eau embouteillée est conseillée pour réduire le risque d'infection causé par certains micro-organismes se trouvant dans l'eau du robinet à de faibles concentrations.

Une bouteille aux rebuts

Après la consommation, c'est environ une bouteille sur deux qui se retrouve aux rebuts au Québec. Dans un site d'enfouissement, une bouteille de ce genre prendra environ 1000 ans



qualité de l'eau. Or, la consommation de produits contenant une concentration de fluor supérieure à celle recommandée peut produire une fluorose dentaire (modifications dans l'émail) ou squelettique (douleurs osseuses et articulaires). De plus, un excès de magnésium peut entraîner de graves intoxications. Selon la dose, les symptômes varient du mal de tête aux malaises cardiaques. Il est donc important de toujours vérifier les concentrations en

pour se dégrader. Au cours de la dégradation de la bouteille, certains des produits toxiques mentionnés précédemment seront entraînés par la pluie vers les cours d'eau avoisinants et les nappes phréatiques. Les humains subiront les effets toxiques par la consommation de l'eau des nappes, tout comme les animaux présents dans ces écosystèmes.

Une bouteille au recyclage

L'autre moitié des bouteilles d'eau vendues au Québec se retrouve à la récupération. Toutefois, les bouteilles ne sont pas recyclées en entier. En effet, le plastique n'est pas recyclable éternellement, il perd ses propriétés et sa stabilité au cours du processus. Une certaine quantité des plastiques sera récupérée pour faire des produits autres, qui ne nécessitent pas des plastiques de qualité. Une petite partie des plastiques sera transformée en résine recyclée. Les usines qui effectuent cette forme de recyclage sont souvent situées en Asie puisque les coûts y sont beaucoup moins élevés. Le transport associé à cette pratique est une source importante de gaz à effet de serre à cause de l'émission de gaz carbonique (CO₂). De plus, certains résidus produits pendant le processus de recyclage seront envoyés au dépotoir.

Une bouteille à la mer

Il arrive toutefois que les bouteilles d'eau ne soient ni jetées, ni récupérées correctement. Dans ce cas, elles se retrouvent dans l'environnement et terminent souvent à la mer. D'ailleurs, nous assis-

tons à la formation d'un nouveau continent, au large de la côte ouest-américaine, entièrement formé de résidus de plastique (voir capsule page 15). La seule présence du plastique dans l'eau contribue à contaminer cette dernière de la même manière que les plastiques enfouis. D'autres effets, plus directs, ont aussi été observés au cours des dernières années. Certains animaux retrouvés morts portent à réfléchir. Dans certains cas, les morceaux de plastique sont ingérés et remplissent presque entièrement le tube digestif, ne laissant plus assez de place pour la nourriture. Dans d'autres cas, les plastiques sont logés dans les voies respiratoires provoquant l'étouffement de l'animal. D'ailleurs, les animaux touchés sont variés; les oiseaux, les cétacés, les poissons et certaines tortues déjà en danger d'extinction.

L'empreinte écologique de l'eau embouteillée

Plusieurs études ont été effectuées dans les dernières années pour déterminer quels sont les coûts environnementaux, aussi appelés empreinte écologique, de l'eau embouteillée comparativement à l'eau du robinet. Une bouteille d'eau d'un litre coûtera au consommateur environ 2 \$. Elle aura nécessité plus de 3 litres d'eau et 0,33 litre de pétrole, sans compter le pétrole utilisé pour le transport. Comparativement, un litre d'eau provenant du robinet coûtera environ 0,02 cent et aura nécessité l'utilisation de 3 litres d'eau, dû aux fuites des systèmes d'aqueduc. Toutefois, l'énergie nécessaire à la pro-

duction d'un litre d'eau embouteillée est 300 fois plus grande. Cette énergie est associée à la libération de CO₂, qui provient en majeure partie de la production de la bouteille. Lorsqu'il s'agit de bouteilles d'eau importées, la quantité d'énergie nécessaire double puisque le transport est responsable de l'utilisation d'une quantité égale, voire supérieure d'énergie.

La défense des embouteilleurs du Québec

D'après Mme Brigitte Toupin, responsable de la qualité de l'eau chez Amaro Inc., l'industrie de l'eau embouteillée est rigoureusement contrôlée par le Ministère de l'Environnement du Québec et par l'Agence Canadienne d'Inspection des Aliments. En effet, le Ministère de l'Environnement du Québec a émis en 2003 une réglementation sur le captage d'eau devant être suivie notamment par les embouteilleurs d'eau. Pour se conformer aux normes, les embouteilleurs doivent effectuer des études environnementales et hydrogéologiques afin de déterminer la vulnérabilité des nappes phréatiques et de démontrer que l'exploitation de l'eau souterraine n'aura pas de conséquence néfaste pour l'environnement. D'ailleurs, chaque puits est muni d'un compteur pour contrôler la quantité d'eau prélevée de la nappe phréatique puisque des comptes doivent être rendus au Ministère de l'Environnement du Québec sur les volumes d'eau prélevée.

L'Association des embouteilleurs d'eau du Québec n'est pas contre la réglementation sévère qui les régit, mais dénote un déséquilibre en comparaison à d'autres industries utilisant souvent cent fois plus d'eau qu'eux. Mme Toupin est consciente que chaque geste posé a un effet sur l'environnement. Elle affirme en effet qu'« il y a toujours un impact », mais précise que les producteurs d'eau embouteillée ont intérêt à conserver leurs ressources puisqu'il s'agit aussi de leur source de revenu.

Lorsque Mme Toupin est interrogée sur la qualité des résines de plastique utilisées, elle fait référence aux normes de santé Canada qui sont suivies à la lettre. Elle considère toutefois que c'est à l'industrie du plastique de développer de meilleurs produits puisque Amaro Inc. ne fait que l'embouteillage de l'eau. Enfin, Mme Toupin affirme que tous les utilisateurs d'eaux souterraines puisent à peine 3 % de la recharge annuelle, propos aussi tenu par l'Association des embouteilleurs d'eau du Québec. Malheureusement, ce 3 % est une moyenne à l'échelle du Qué-

bec qui peut être trompeuse puisqu'elle cache les patrons locaux d'exploitation. En effet, ce chiffre ne nous informe pas sur les eaux souterraines en surexploitation comparative-ment aux nappes phréatiques inexploitées.

Des alternatives?

Pour en revenir à Maman et Gamine, certaines solutions alternatives auraient pu être valorisées. La plus simple aurait été d'apporter une bouteille d'eau réutilisable, contenant de l'eau du robinet. En effet, au Québec la qualité de l'eau de l'aqueduc est contrôlée et est tout aussi bonne que l'eau embouteillée. De plus, des dégustations à l'aveugle ont démontré que les consommateurs préfèrent dans plus de 80 % des cas l'eau du robinet à diverses marques d'eau embouteillée. Dans le cas de Maman et Gamine, si elles n'apprécient pas le goût ou la qualité de l'eau du robinet, elles pourraient préalablement la filtrer à l'aide d'un filtre de type Brita. Plutôt que de passer au dépanneur acheter de l'eau, elles auraient aussi pu partir à la recherche d'une fontaine dans le parc.

Si la consommation d'une bouteille d'eau à usage unique est nécessaire, Maman et Gamine peuvent favoriser l'achat de produits locaux, pour éviter les coûts énergétiques reliés au transport. Elles peuvent aussi choisir l'eau la plus naturelle possible, pour éviter les coûts reliés aux traitements et les effets néfastes sur la santé que les eaux déminéralisées pourraient avoir. Il est aussi important d'examiner la bouteille de près. Il faut vérifier l'apparence de celle-ci et de l'eau qu'elle contient. Toutes les bouteilles devraient avoir une date de péremption ou de fabrication. Santé Canada recommande de conserver les bouteilles d'eau à l'abri de la lumière, dans un endroit frais, de préférence au réfrigérateur, loin des solvants domestiques. Il faut également éviter les longues périodes d'entreposage et s'assurer de changer les réserves d'eau embouteillée tous les ans. Enfin, ces bouteilles en plastique sont à usage unique, il est donc fortement recommandé de ne pas les réutiliser. Toutefois, Maman et Gamine doivent s'assurer que la bouteille ira au recyclage pour minimiser les effets des bouteilles sur l'environnement.

«Redevances sur l'eau : pour une utilisation responsable de l'eau»

C'est le titre d'un communiqué de presse du gouvernement du Québec qui annonçait qu'à partir du 1^{er} janvier 2011, les industries utilisant plus de 750 Millions de litres d'eau par jour devront payer une redevance. Celle-ci sera appliquée entre autres aux embouteilleurs d'eau, qu'ils puisent l'eau directement à la source ou de l'aqueduc. Il leur en coûtera 70 dollars par million de litres d'eau utilisés, ce qui devrait rapporter 8 millions de dollars par année. Cet argent permettra au Fonds vert de réaliser certains engagements gouvernementaux en matière de recherche et de gestion intégrée des ressources en eau.

LA SOUPE DE PLASTIQUE : LE SEPTIÈME CONTINENT?

Rédigé par:
Chelsea Archambault,
Thomas Burthe-Mique,
Jean-Philippe Désindes,
Élise Smedbol



Ouest-France

Un grand tourbillon d'ordures dans le Pacifique.
© Florence Pitard.

Les premiers plastiques, composés de matières naturelles, ont été créés en 1869, lors d'un concours lancé par un riche américain. Il promettait un prix de 10 000\$ à qui développerait un matériel pouvant remplacer l'ivoire dans les boules de billard. Les plastiques synthétiques, à base de pétrole, sont entrés dans l'ère industrielle suite à la Première Guerre Mondiale. Depuis, le plastique a littéralement envahi le marché et sa production mondiale est 300 fois plus élevée de nos jours qu'à cette époque.

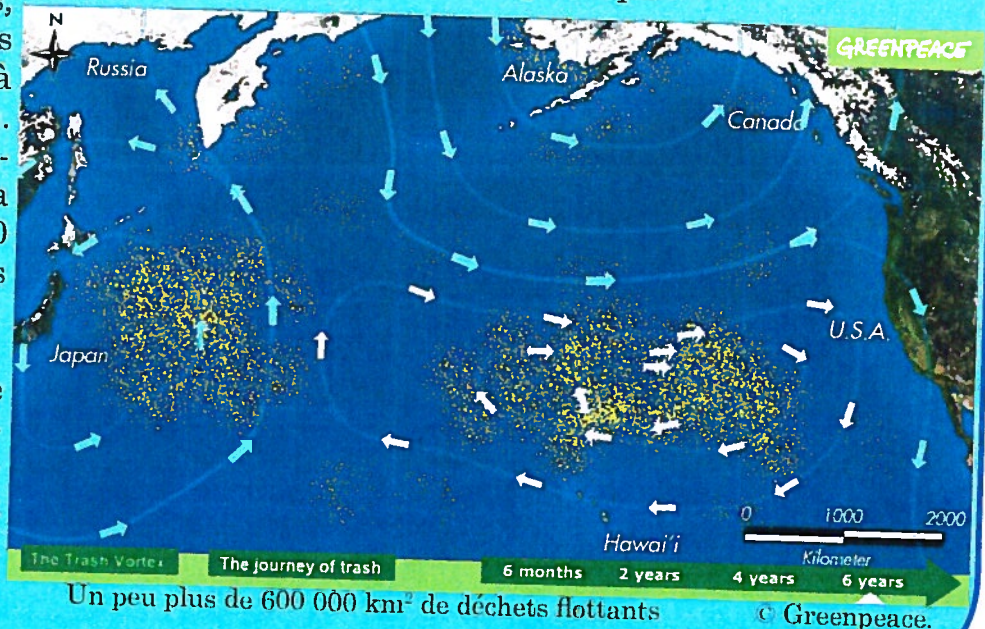
La plupart des objets de consommation à base de plastique sont jetables et seulement 1/4 d'entre eux seront recyclés. Où se retrouvera

l'autre fraction? Une quantité importante de ces déchets est transportée sur de grandes distances, jusque dans les océans, où ils s'agglomèrent. Ce phénomène est dû aux courants marins qui forment des vortex. La plus grande masse de débris plastiques agglomérés est retrouvée dans le Pacifique Nord et atteint une dimension de deux fois la taille de l'état du Texas.

Cette «soupe de plastique» n'est pas sans conséquences écologiques et toxicologiques. En effet, le plastique contient de nombreux additifs ajoutés

au moment de sa fabrication qui seront relâchés dans l'eau lors de sa dégradation. De plus, il a la capacité de lier les polluants environnementaux et de les concentrer de 10 à 100 fois plus que dans l'eau de mer. Cette soupe toxique est donc constituée d'un nombre impressionnant de produits pouvant exercer des effets néfastes sur la faune et la flore marine: métaux, pesticides, BPA, phtalates, etc.

À l'heure actuelle, aucune mesure n'a été prise pour enrayer cette problématique et la production des produits de plastique est en croissance continue. Sommes-nous en train d'assister à la formation d'un septième continent de plastique?





Requins... à la soupe!

Quand commerce rime avec destruction



Rédigé par:
Cynthia Daniela Franci,
Étienne Normandin-Leclerc,
Aïcha Sandrine Bessin,
Marie-Christine Deguire-Morin

Massacrés par millions pour leur qualité culinaire et leur valeur pharmacologique, les requins, apparus il y a 400 millions d'années, ne sillonneront plus les eaux d'ici peu si l'actuel phénomène d'extermination n'est pas rapidement enravé.

Les requins, autrefois rois des mers, voient leurs populations chuter drastiquement en raison de la menace grandissante de l'homme. S'agit-il d'une question de traditions ou de gain économique? De nombreuses conséquences écologiques découlent de la confection, la vente et la consommation d'une soupe particulière ... y avez-vous déjà songé?

RÉCIT D'UN COMMERCE LUCRATIF

L'homme, prédateur des mers

Port de Puntarenas, Costa Rica, 5 h du matin. La noirceur commence à peine à se dissiper que déjà cinq pêcheurs sont au quai, prêts à embarquer sur le Rey Del Mar. L'équipement de pêche est prêt depuis la veille,

les lignes munies d'hameçons (palangre), elles, sont restées toute la nuit sur la côte de l'île Coco à 560 km au large du littoral Costaricain. Le voyage sera long et fastidieux, mais un influent acheteur leur garantit un bon prix pour leurs prises.

Alors que le soleil atteint son zénith, les pêcheurs se préparent à découvrir si leurs efforts de la veille ont porté fruit. Les requins, ne cherchant qu'à se nourrir, auront-ils été dupés par le mouvement des appâts de la palangre? Ces prédateurs tant redoutés seront-ils prédatés à leur tour?

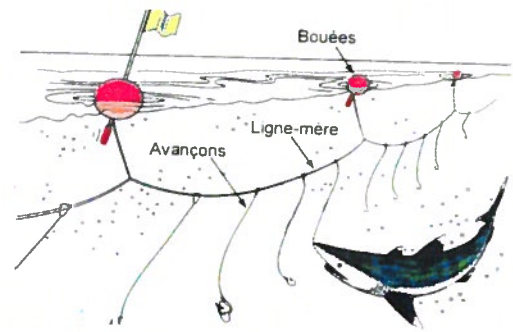
Le requin : un prédateur devenu la proie de l'homme

À une dizaine de mètres sous l'eau, un requin océanique (*Carcharhinus longimanus*) cherche

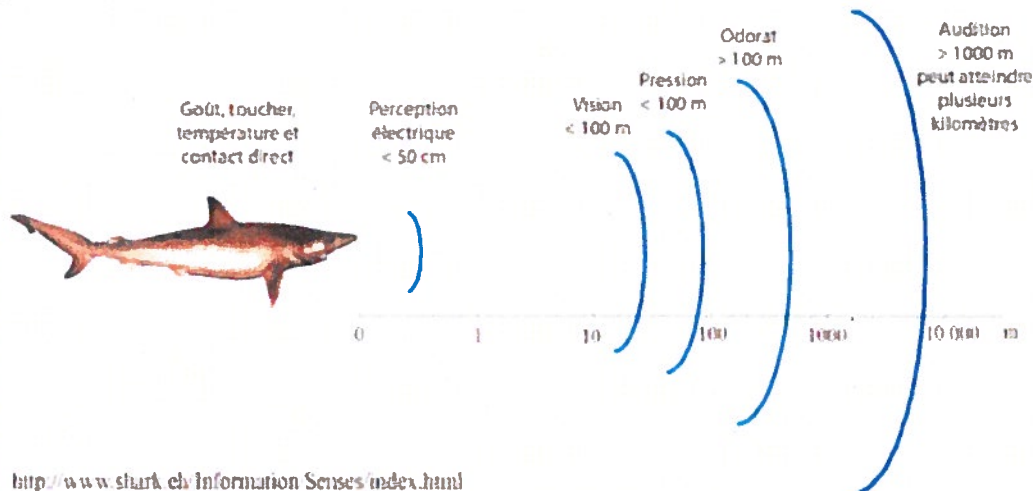
sa nourriture. Un son lointain de faible fréquence émis par un des appâts de la palangre capte soudain son attention. Le requin nage dans cette direction et distingue alors parfaitement l'odeur du sang grâce à son odorat très développé. À une centaine de mètres environ, le requin ressent, à l'aide de sa ligne latérale constituée de cellules sensorielles, les vibrations émises par l'appât se débattant. À moins d'un mètre, il perçoit les signaux électriques des battements cardiaques du poisson avec ses ampoules de Lorenzini, un regroupement de cellules sensorielles sur sa tête. Guidé par ses sens, le requin nage vers cette proie facile, la croque et une douleur aigüe lui transperce alors le palais. Le prédateur est à son tour devenu proie.



<http://www.routard.com>
Requin océanique



Palangre <http://www.alimata.com>



<http://www.shark.ch/information/Senses/index.html>

Perception selon les sens du requin

La palangre, un outil de pêche massive

Les pêcheurs du Rey Del Mar sont maintenant arrivés à l'île Coco, prêts à procéder au virage de leurs lignes. Un pêcheur

Qu'est-ce que le «finning»?

Le terme «finning» provient de «fin», nageoire en anglais. Le «finning» est l'action de sectionner, au ras du corps, les nageoires des requins encore vivants et ensuite rejeter les carcasses mutilées à l'eau. Les nageoires étant les parties les plus prisées du requin, il est plus avantageux économiquement pour les pêcheurs de rapporter seulement les ailerons (3% du poids de l'animal), qu'ils peuvent stocker en plus grande quantité sur leur navire que des corps entiers. Toutefois, le «finning» est illégal dans de nombreux pays, puisque cette pratique ne maximise pas l'utilisation du requin. Pour cette raison, les pêcheurs conservent souvent quelques carcasses de requins, qui servent de couverture à leur journée en mer.

remonte la ligne au moulinet, tandis qu'un second empale la première prise, un requin, à la tête, puis l'assomme et le remonte à bord de l'embarcation. La prise étant immobilisée mais toujours vivante, il lui tranche toutes ses nageoires, ou ailerons, au ras du corps, puis rejette le corps mutilé du requin à l'eau (pratique du «finning», voir encadré). Ce sort est également réservé à des centaines d'autres requins.

Ses ailerons lui servant à se diriger, se stabiliser et se propulser, le requin se retrouve prisonnier de son corps. Ne pouvant plus nager, il s'enfonce dans les profondeurs où il sera dévoré vif par d'autres poissons ou se videra lentement de son sang. Les nageoires sont récoltées et stockées par centaines dans d'énormes caisses sur le palangrier. Elles servent à la préparation de la soupe aux ailerons de requins. Après des heures de travail laborieux, l'équipage du Rey Del Mar rentre au port avec sa marchandise.

Trésors insoupçonnés : ailerons aux enchères

Au port de Puntarenas, les ailerons sont nettoyés à l'eau et placés sur les toits à l'abri des regards indiscrets. Le «finning» est illégal mais toléré par plusieurs gouvernements pour des raisons économiques.

Le séchage au soleil pendant quelques jours permet la déshydratation des ailerons. Certains sont conser-

vés entiers et d'autres sont dépouillés de leur peau par lavage à l'eau bouillante. Le tissu cartilagineux restant est divisé en lanières et séché à nouveau. Les ailerons de requins séchés étant prêts pour la vente, ils doivent maintenant être envoyés en Asie. Dans un cargo accosté au port, des employés d'un marchand taiwanais ayant à sa solde la plupart des pêcheurs du secteur empilent déjà les sacs contenant les ailerons de requins. La destination du cargo est un des plus grands centres portuaires au monde et un des plus achalandés : le port de Hong Kong. Après avoir traversé l'océan Pacifique, les ailerons sont accueillis par de riches acheteurs qui revendront la marchandise aux populaires enchères du port.



Ailerons provenant du «finning»



Cargaison d'ailerons de requin

une somptueuse table de réception d'un mariage asiatique traditionnel.

LA SANTÉ DE L'HOMME ET SON ÉCOSYSTÈME EN DANGER

Des traditions culinaires et sociales à prix exorbitant

Les sacs d'ailerons de requins sont déposés sur le quai comme les 6970 tonnes provenant d'environ 125 pays qui sont importées chaque année à Hong Kong. En effet, des bateaux du Japon, d'Indonésie, du Mexique et de dizaines d'autres pays arrivent au port chaque mois comme le cargo du Costa Rica, avec des cargaisons contenant plusieurs dizaines de tonnes d'ailerons. Ceux-ci sont vendus rapidement aux enchères et seront servis dans les restaurants des grands centres urbains asiatiques. Une autre partie est acheminée dans les terres où la population chinoise s'accroît de quelques millions chaque année, ce qui augmente considérablement le nombre de consommateurs d'ailerons d'année en année. Les ailerons du requin pêché au Costa Rica, eux, se retrouvent désormais dans un bol de soupe sur

La soupe aux ailerons de requins (guitang yuchi) est un mets recherché dans la culture asiatique pour les propriétés bénéfiques pour la santé qu'on lui accorde, d'où son prix élevé. En effet, longtemps réservée aux riches depuis des siècles, sa popularité a pris de l'importance depuis 1990 avec le boom économique asiatique, la rendant maintenant accessible à des millions de Chinois de la classe moyenne.

Symbolisant l'aisance financière, cette soupe témoigne du statut social du consommateur, servie en signe de respect lors de mariages, banquets ou soupers d'affaires. Un bol de soupe, repas de prédilection des restaurants de Hong Kong ou Macao, coûte de 90 à 200 dollars américains (environ 100 \$/kg d'ailerons). Ce commerce rapporte des milliards de dollars et tue environ 100 millions de requins annuellement. Les ailerons les plus prisés sont ceux des requins marteaux, makos, bleus, sombres et à queue noire. Les ailerons séchés, n'ayant pas de goût particulier, sont cuits dans un bouillon de poulet ou de bœuf bien assaisonné. Les filaments d'ailerons ramol-

lissent, se gonflent et prennent une consistance de nouilles, apportant une texture caractéristique à la soupe.

Les mets à base d'ailerons de requins sont également consommés au Canada, comme dans certains restaurants du quartier chinois de Montréal.

Selon la croyance populaire asiatique, les requins seraient plus résistants aux maladies que les autres animaux et auraient donc un pouvoir de guérison, entre autres sur 80 % des cancers, transmis lors de la consommation de leur chair. Toutefois, cette croyance populaire n'a pas de fondement scientifique puisque les requins développent eux aussi des cancers et autres maladies. Expérimentalement, le cartilage de requin freine la croissance des tumeurs malignes chez le rat. Cependant, ces effets bénéfiques, contestés par plusieurs chercheurs, n'ont pas été démontrés chez l'homme. Cette extrapolation prématurée chez l'homme des effets bénéfiques des dérivés de requin dans le traitement du cancer a justifié la commercialisation de gélules à base de cartilage ou de squalène (une composante de l'huile de foie de requin), aux dépens des populations de requins.

Le requin : une source d'intoxication...

Le mercure utilisé dans l'industrie pollue les eaux côtières. Sa forme méthylée ($\text{CH}_3\text{-Hg}$) est toxique. Lorsqu'elle est absorbée par les organismes vivants, elle s'infiltré dans leurs tissus et s'y concentre par bioampli-



Une soupe d'ailerons de requin

fication lors de prédatons successives.

Les requins qui se nourrissent exclusivement de poissons sont les plus menacés en raison de l'effet de bioconcentration dans leur foie, leurs reins et leur cerveau. En s'accumulant durablement dans la chaîne alimentaire, le méthyle mercure constitue un danger pour l'homme, la faune et la flore.

La pharmacienne Sara Lamontagne suggère de limiter sa consommation à un repas de requin par semaine en raison du phénomène de bioamplification. De plus, comme le foie stocke les toxines, un manque de rigueur dans la purification effectuée par les compagnies fabriquant des gélules d'huile de foie de requin pourrait entraîner un empoisonnement au mercure, avec la possibilité d'effets irréversibles.

«Une alternative à l'utilisation des produits de requins serait d'extraire le squalène des végétaux (huile d'olive, son de riz, son de germe de blé, etc.), afin de réduire la pression exercée sur les populations de requins», affirme Sara Lamontagne.

Ou une chair bonne pour la santé?

La chair de requin est très riche en protéines, sels minéraux, oméga-3 et contient peu de lipides saturés, ce qui la rend idéale dans les régimes maigres et la lutte contre les

Bioamplification vs Bioconcentration

La bioconcentration représente l'accumulation d'une substance dans un organisme. Le polluant en question se retrouve donc en plus grande concentration dans l'animal ou la plante que dans leur milieu.

La bioamplification consiste, quant à elle, à l'augmentation progressive de la quantité de substances bioconcentrées par les organismes à chaque niveau de la chaîne alimentaire. Par exemple, le requin aura une plus grande concentration d'un polluant présent dans l'environnement que les poissons qu'il mange. Ces derniers auront à leur tour une concentration plus élevée que leurs proies et ainsi de suite.

excès de cholestérol et de triglycérides.

L'huile de foie de requin est employée dans l'industrie chimique et pharmaceutique, en raison de sa richesse en vitamine A qui joue un rôle majeur dans la vision.

Le requin, une nouvelle ressource pharmaceutique

Le squalène représente 50 à 95% des huiles du foie du requin et est employé en pharmacie et en cosmétologie. Son utilisation comme adjuvant vaccinal, pour stimuler le système immunitaire et augmenter la réponse aux vaccins expérimentaux

contre la grippe (H5N1 et H1N1), suscite une controverse quant à ses avantages et dangers. Selon des études toxicologiques, aux concentrations utilisées dans les cosmétiques, le squalène et son dérivé, le squalane, ont tous deux une toxicité aiguë faible, et ne sont ni irritants ni sensibilisants pour la peau humaine. Sara Lamontagne révèle qu'il existe en pharmacie des produits en vente libre contenant de l'huile de foie de requin: la préparation H, onguent traitant les hémorroïdes, la crème pour bébé Désitin et divers produits à base de cartilage de requin tels que le Holista.

Saviez-vous que le squalène et le squalane de requin sont une des causes de sa surpêche ?

Le squalène et son dérivé, le squalane, sont les constituants majeurs gras présents dans le foie du requin. Ces substances sont plus légères que l'eau, elles peuvent ainsi remplacer la vessie natatoire, un organe permettant de contrôler le niveau de flottaison, chez certaines espèces de requins qui en sont dépourvus. Les chercheurs ont découvert que ces substances possèdent également d'autres propriétés leur permettant d'être utilisées dans l'élaboration de produits pharmaceutiques, dont des crèmes hydratantes.

Une soupe à l'origine d'un désastre écologique

La disparition des requins a un impact écologique très important, car les requins sont liés à de nombreux organismes océaniques via la chaîne alimentaire. Cette dernière est formée d'une suite de niveaux trophiques qui représentent des groupes d'espèces d'une communauté ayant la même source alimentaire. Les organismes d'un niveau trophique donné mangent ceux du niveau trophique inférieur. Comme les requins sont situés à un niveau trophique élevé de la chaîne alimentaire, une chute de leur population peut causer des changements dans les niveaux trophiques inférieurs (poissons carnivores ou herbivores, végétation), ce qu'on appelle une cascade trophique.

L'abondance de requins à un endroit donné diminue le nombre des poissons prédateurs dont ils se nourrissent, permettant la prolifération de poissons herbivores. Comme ces derniers se nourrissent d'algues, elles sont moins nombreuses à entrer en compétition avec les récifs coralliens, qui peuvent alors proliférer. Les coraux offrent une multitude d'habitats pour les poissons, ce qui engendre une grande diversité.

Par contre, dans un endroit où on a éliminé la plupart des requins, les prédateurs secondaires comme les raies abondent, ce qui diminue la population de poissons herbivores. Les algues peuvent alors proliférer, au détriment des récifs de coraux. Elles offrent

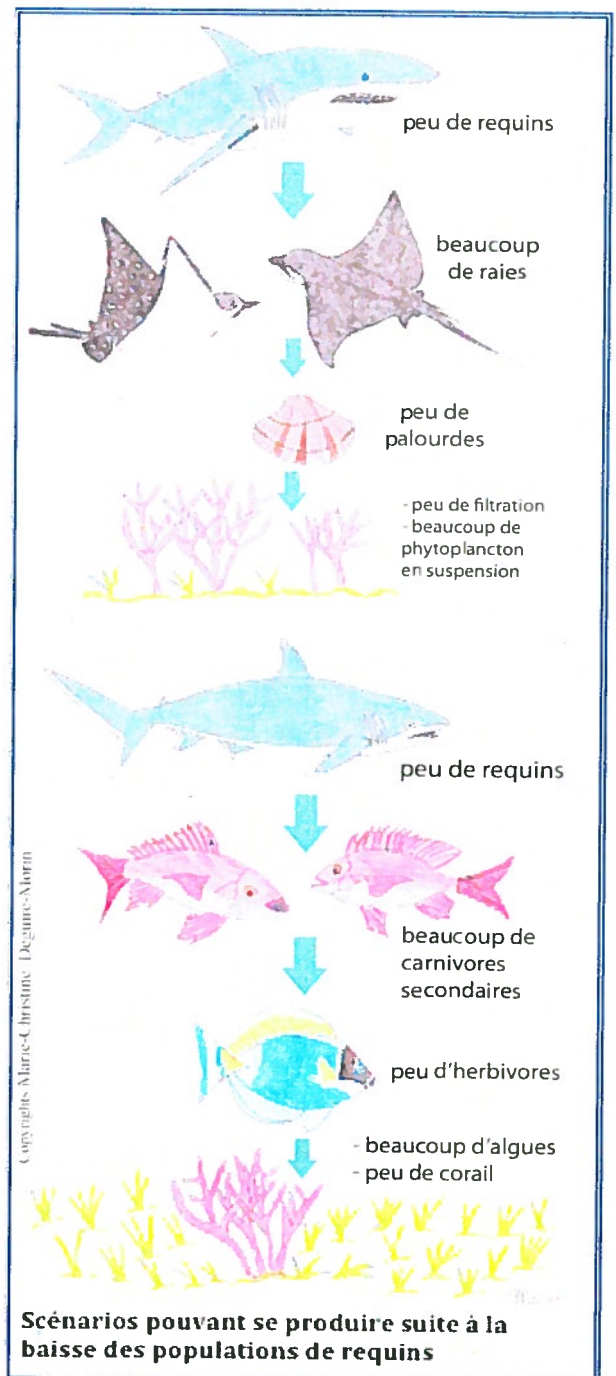
une moins grande diversité d'habitats que le corail, ce qui entraîne une diminution de la diversité des êtres vivants de l'océan.

Ainsi, débarrasser les océans des requins peut avoir des impacts à l'échelle planétaire! Non seulement la chaîne alimentaire est débalancée, mais l'homme peut également en souffrir. Par exemple, la récolte de palourdes permettant de concocter le fameux «clam chowder» n'est plus possible en Caroline, car cet herbivore est largement consommé par les raies en absence de requins. De plus, les palourdes jouent un rôle important dans la qualité de l'eau, car elles filtrent le phytoplancton, c'est-à-dire des micro-algues présentes dans l'eau.

Une baisse énorme de la population de requins, de 87 à 99 %, est en cours chez plusieurs espèces tels les requins marteaux, les requins bouledogues et les requins tigres de la côte nord de l'océan Atlantique. Quant au grand requin blanc et au requin océanique, leur baisse de population est estimée à environ 80 %. Ainsi, la presque totalité des espèces de requins recensées sur la côte nord de l'Atlantique ont vu leur population chuter de plus de 50 %

au cours des dernières années.

Plusieurs espèces de requins effectuent des migrations au cours de leur existence. Par exemple, certaines espèces migrent pour retourner à leur lieu de naissance afin de s'y reproduire à leur tour; ces espèces sont dites philopatrices. Ainsi, une surpêche au site de reproduction causera une diminution de la population à court



D'après Erich Ritter, spécialiste en comportement du requin, les requins mordent les gens parce qu'ils sont... curieux! C'est un geste qui leur permet de nous goûter, comme ils le feraient avec un autre animal, et nous avons mal parce que nous n'avons pas une peau très épaisse. Les grosses attaques sont souvent déclenchées par le comportement involontaire d'une personne apeurée, effrayant le requin à son tour.

terme et à long terme, en raison de la maturité tardive des requins et de leur faible nombre de rejetons.

Selon le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC), trois populations de requins sont classées en voie de disparition au pays : les requins pèlerins du Pacifique, les requins-taupes communs et les grands requins blancs de l'Atlantique. L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) classe les requins comme le plus grand groupe d'espèces marines en danger.

Les hommes craignent les requins. Toutefois, nous sommes nettement plus dangereux pour eux qu'ils ne le sont pour nous. En effet, alors que les humains tuent 100 millions de requins annuellement, seulement 5 personnes en moyenne sont tuées par ces prédateurs. Ainsi, la chute de noix de coco sur les plages fait plus de morts que les requins!

À la rescousse des requins

Malgré l'interdiction du «finning» et du débarquement d'ailerons de requins, en vigueur dans plusieurs pays, le phénomène subsiste en raison de l'immense profit engendré. Au Canada, les quotas pour la

pêche de requins basés sur des études de populations semblent être adéquats. Cependant, il n'existe aucun quota ni réglementation pour la pêche de requins en haute mer, ce qui implique qu'en eaux internationales, les pêcheurs peuvent excéder le total de prises recommandés pour le pays, selon David Kulka, de Pêches et Océans Canada.

Par rapport à ce sujet, certains scientifiques se sont penchés sur la question des rendements durables maximaux de quelques espèces de requins, c'est-à-dire la quantité maximale de requins pêchée (en tonnes) que peut subir une espèce sans que celle-ci ne s'éteigne. Ces données ont été calculées à partir des quantités d'ailerons issues des activités du «finning». Elles ont démontré que la biomasse de requin jeté en mer après récolte des ailerons ou lorsque ramené entier dépassait les 200 à 300 % de prélèvement que peut soutenir une espèce. Le meilleur moyen de rétablir les populations de requins serait donc de réduire la pêche, mais le processus de rétablissement serait long

dû à la faible capacité reproductive, d'après David Kulka.

La surpêche est un problème mondial, cependant la plupart des gouvernements sont lents à instaurer une réglementation raisonnable favorisant la conservation des requins. En poursuivant cette extermination massive, les différentes espèces ne pourront rétablir leur population à un effectif quasi-normal. Il est donc impératif de sensibiliser les pêcheurs et la population à l'importance écologique des requins et aux impacts d'une telle surpêche. Une meilleure compréhension du comportement, de la biologie et de l'écologie des requins permettrait de connaître les espèces et tailles de requins pouvant être pêchées, ainsi que les périodes à éviter. Comme la réglementation est limitée ou ignorée, la pêche aux requins se déroule même dans des sanctuaires, dont l'île Coco, où les requins se rassemblent afin de se reproduire. Il est essentiel de protéger les parcs, réserves et sanctuaires de requins existant et d'en établir davantage afin de permettre leur reproduction sans la menace de l'homme.



e-environnement.futura-sciences.com

Grand requin blanc

HASTA LA VISTA, BANANA!



La disparition de la banane

Rédigé par:
Josée Dumas-Campagna,
Vincent Ouellet Jobin,
Anik Pannetier Lebeuf

Comment peut-on faire un gâteau aux bananes, sans bananes? Quoi mettre à la place de la banane dans un « banana split »? Sur la peau de quel autre fruit peut-on glisser pour faire une scène d'humour burlesque? Préparez-vous à répondre à ces questions puisqu'effectivement, la banane risque de disparaître!

La banane telle que nous la connaissons livre en ce moment même un combat sans merci contre son ennemi juré, la fusariose. Cette maladie gagne constamment du terrain. Nous tentons de prêter main-forte à la banane, mais est-ce possible? Regardons de plus près cet affrontement entre la banane et son puissant adversaire!

La banane, délicieuse, mais fragile

Un regard approfondi sur le bananier révèle tout d'abord une espèce bien plus diversifiée qu'il n'y paraît. En effet, bien qu'une seule variété de bananes dessert, appelée Cavendish, couvre presque à elle seule les étals de nos épiceries, ce fruit compte de nombreuses variétés, tout comme les pommes (Macintosh, Spartan, Lobo, etc.). Celles-ci se divisent en deux grands groupes, soit les bananes à cuire, comme le plantain, et les bananes desserts plus sucrées que nous connaissons bien.

Par ailleurs, le bananier domestique dissimule un bien lourd secret : il est stérile! Pour comprendre l'origine de ce phénomène, il faut se rendre au fin fond de ses cellules. Là se trouve



Différentes variétés de bananes
© CIRAD

l'ADN, ces longues molécules contenant l'information qui détermine tous les traits d'un individu. Les molécules d'ADN s'entortillent pour former des chromosomes, qu'on retrouve généralement en paire chez la majorité des organismes, ce qu'on appelle la diploïdie. Or, le bananier est triploïde et a donc 3 exemplaires de chaque chromosome. Ceci l'empêche de former des cellules reproductrices normales, le rendant ainsi stérile. Cette infertilité a un avantage majeur : elle rend le fruit comestible pour l'homme par l'absence de graines. Certaines espèces de bananiers ne sont pas triploïdes et sont donc fertiles, rendant leurs fruits non comestibles.

Bien que très avantageuse pour toutes les personnes friandes de bananes, la stérilité du bana-

nier complique sa reproduction. Habituellement, la plupart des plantes se reproduisent de façon sexuée, par pollinisation de la fleur grâce au pollen. Cette fécondation permet au fruit de se développer et par la suite aux graines de croître en de nouveaux individus. Or, le bananier ne peut pas se reproduire ainsi et doit donc se tourner vers la reproduction asexuée. Pour ce faire, son rhizome (type de racine retrouvée notamment chez le gingembre) produira des pousses qui pourront se développer en de nouveaux pieds de bananiers, qui seront identiques au plant d'origine.

Mais comment des fruits peuvent-ils se développer sans pollinisation? C'est ici qu'entre en jeu la parthénocarpie, soit l'aptitude du fruit à se dévelop-



Exemple de banane diploïde avec les graines développées, non comestible.
© Warut Roonguthai

per sans fertilisation de la fleur. La parthénocarpié se retrouve naturellement chez la banane, mais peut aussi être induite à l'aide d'hormones pour obtenir, par exemple, des raisins sans pépins.

La stérilité du bananier est donc essentielle pour que nous puissions consommer son fruit mais elle implique un bien grand prix à payer. En effet, la reproduction sexuée favorise l'évolution. Ainsi, lorsque plusieurs individus de la même espèce sont présents dans un milieu donné, certains auront des traits les rendant plus aptes à survivre ou à faire face à des changements. Ils pourront donc se reproduire davantage, léguant ces caractéristiques gagnantes à leurs descendants. C'est ce qu'on appelle la sélection naturelle. Au fil des générations, de plus en plus d'individus auront des traits avantageux; c'est l'adaptation de la population. De plus, de nouvelles combinaisons gagnantes de caractères peuvent apparaître chez un individu, dû à la contribution génétique des deux parents.

Or, la banane étant stérile, elle ne crée que des clones ayant les mêmes attributs et aucun mélange entre les individus n'est possible. Cette incapacité du bananier à s'adapter à de nouvelles conditions est une faiblesse majeure qui ne manquera pas d'être exploitée par son adversaire...

Un champignon tenace

Après plusieurs années passées dans l'ombre, un ennemi juré de la banane de nos supermarchés sème à nouveau la terreur. Mais pour bien comprendre l'ampleur du problème, voyageons dans le temps!

Au début du XX^e siècle, la grande vedette des bananes exportées était la variété appelée Gros Michel. Tout semblait aller pour le mieux jusqu'au jour où arriva son bourreau: un champignon du sol appelé Foc, l'acronyme pour *Fusarium oxysporum cubense*. Ce champignon est responsable d'une maladie appelée fusariose ou maladie de Panama. Celle-ci est caractérisée par le jaunissement et la mort des feuilles du bananier.

À la mort du plant, le champignon se propage dans le sol. Il forme alors des chlamydospores, c'est-à-dire une forme différente du champignon qui est adaptée pour ne pas se reproduire, mais survivre extrêmement longtemps. C'est un peu comme un ours en hibernation. Une fois sous forme de spore, Foc peut survivre jusqu'à 30 ans dans le sol, attendant les conditions adéquates pour infecter un nouveau plant.

Ainsi, tout objet entrant en contact avec un sol contaminé par des spores de champignon peut servir de moyen de transport pour propager la maladie sur de grandes surfaces. Le transport de plants infectés, mais d'apparence encore saine, vers d'autres plantations est aussi un moyen pour Foc de coloniser un nouveau territoire. De plus, l'eau de pluie peut transporter les spores jusqu'aux réservoirs. Ils peuvent alors être dispersés de façon si efficace par l'irrigation, qu'en quelques

mois, la plantation peut être totalement décimée.

Par contre, ce ne sont pas toutes les variétés de bananiers qui sont aussi sensibles à Foc. La variété Gros Michel, malheureusement, était particulièrement vulnérable à la maladie. La Gros Michel, comme la Cavendish, était stérile, l'empêchant de s'adapter au champignon. Dans les années 1940-1950, voyant que la variété ne survivrait pas à cette attaque, les cultivateurs l'ont remplacée par la Cavendish, qui était résistante. Mais, c'était sans compter l'arme secrète de Foc : l'adaptation!

En effet, contrairement aux bananiers domestiques qui sont stériles, le champignon est fertile. Il est capable d'échanger des gènes gagnants avec ses compatriotes pour s'adapter et trouver des moyens d'attaquer des variétés de bananiers auparavant résistantes. Ainsi, il existe aujourd'hui quatre grandes souches du même champignon qui sont capables d'attaquer différents bananiers. La souche 4 possède maintenant les armes nécessaires pour assaillir la Cavendish. En Espagne (aux îles



A: Un bananier en santé. B: Un bananier tué par la fusariose © Heslop-Harrison et Schwarzacher

Canaries), Australie, Malaisie, Indonésie, Papouasie-Nouvelle-Guinée, Chine, Afrique du Sud et à Taiwan, de plus en plus de bananiers périssent. Ainsi, M. William Goldfield, gérant des communications pour Dole Fresh Food, rapporte que leurs bananeraies à Davao, aux Philippines, subissent déjà des ravages importants sous l'action de Foc, réduisant leur productivité.

Les enjeux du combat

L'accroissement des cas de fusariose partout à travers le monde est très inquiétant, d'autant plus que pour plusieurs pays, la culture de la banane est importante au niveau économique, social et culturel. Dans les pays producteurs, 87% des bananes sont consommées localement. Mondialement, la banane est un des aliments les plus importants après le riz, le blé et le maïs. Même si la plupart des bananes ne sont pas des Cavendish, il reste que 80% des variétés sont sensibles à la souche 4 de Foc. Ainsi, la propagation du champignon pourrait nuire à la subsistance de plusieurs régions. Par ailleurs, des 13% de bananes destinées à l'exportation, 99% sont de la variété Cavendish. Si la fusariose continue sur sa lancée, c'est donc tout le secteur de l'exportation qui en souffrira. D'ailleurs, M. Goldfield s'inquiète « de la dissémination potentielle de Foc depuis l'Asie jusqu'aux tropiques américains, d'où viennent la majorité des fruits produits par Dole. »

Les producteurs de bananes sont donc en position vulnérable face à la fusariose! Que faire pour les protéger?



Un tronc trompeur

Le bananier n'est pas réellement un arbre, puisque son tronc ne contient pas de bois. En effet, il possède plutôt un pseudo-tronc constitué par les feuilles qui s'enroulent les unes autour des autres jusqu'à son sommet, où elles s'étalent alors et peuvent atteindre une surface de 2 m².

Aux armes!

Les scientifiques ont concocté une vaste gamme de pesticides pour protéger la banane de ses ennemis. Ceux-ci sont utilisés pour limiter les dégâts dus aux grands fléaux parasites, augmentant ainsi le rendement des cultures et réduisant les risques de famine. Les pesticides dans les bananeraies sont utilisés en grande quantité. Par exemple, au Costa Rica, les plantations bananières en utilisent environ 44 kg par hectare par an, soit l'équivalent d'environ 97 livres de beurre étendues sur deux terrains de football américain. Ceci représente une quantité 16 fois plus élevée que celle appliquée pour l'agriculture intensive des pays industrialisés.

Malgré toutes les bonnes raisons invoquées pour l'utilisation des pesticides, ceux-ci ont beaucoup d'effets néfastes sur l'environnement. Le principal facteur permettant la propagation des pesticides dans la nature est le

ruissellement, soit l'écoulement des eaux à la surface du sol. Or, à cause de ce phénomène, l'utilisation intensive des pesticides peut amener la contamination des puits d'eau potable, des sources d'eau souterraines et des rivières à proximité des plantations. Ainsi, au Costa Rica, il est estimé que 90 % des récifs coralliens sont morts à cause du ruissellement des pesticides.

De plus, les pesticides peuvent contaminer les sols et la nourriture qui y est cultivée. Les travailleurs des plantations peuvent aussi être intoxiqués parce que leurs habitations sont construites à proximité des plantations traitées ou parce qu'ils travaillent dans les champs lors de l'application des pesticides. Ceux-ci peuvent s'accumuler dans le corps et amener des effets néfastes sur la santé : irritation des yeux et des voies respiratoires, douleurs à l'estomac et aux reins, cancer, stérilité, etc. Ils peuvent aussi entraîner des anomalies congénitales, soit des malformations chez l'enfant dues à l'exposition du parent à des produits toxiques avant la naissance. Les pesticides sont donc des produits dangereux et doivent être bien manipulés. Certains travailleurs ne connaissent malheureusement pas les techniques adéquates pour appliquer les pesticides, ne possèdent pas le matériel approprié pour les épandre, ou encore n'ont pas les moyens d'acheter ce matériel.

En plus de tous leurs effets négatifs, aucun pesticide ne peut combattre le champignon responsable de la fusariose.

Il y a cependant une alternative à l'utilisation de ces armes pol-



Épandage de pesticides dans une bananeraie © Philippe Bernard

lantes que sont les pesticides. Il s'agit de l'agriculture biologique. Dans cette méthode de culture, les pesticides chimiques sont remplacés par des produits naturels. Par exemple, Mme Danielle Marchessault, co-fondatrice d'Équicosta, un importateur de bananes biologiques et équitables, explique que de l'extrait de pépins de pamplemousse est appliqué sur les bananes pour empêcher le développement de champignons et moisissures lors du transport. La plantation de jeunes bananiers issus de la culture en laboratoire (in vitro) et dépourvus de tout parasite est une autre pratique possible, mais coûteuse.

Par ailleurs, pour être certifiée biologique, la banane ne doit pas provenir d'une monoculture. En effet, les bananiers doivent être associés à d'autres productions agricoles, comme celle de la courge, du manguier ou de l'ananas. Les bienfaits de cette biodiversité sont multiples : protection contre les conditions climatiques extrêmes, ajustement des nutriments dans le sol, atténuation de la dissémination des fléaux parasitaires, etc. Au niveau de la protection contre les espèces nuisibles, les cultivateurs biologiques peuvent aussi utiliser des pièges à insectes ou la lutte biologique, qui est l'emploi d'un ennemi naturel du ravageur pour l'éliminer.

Un rempart génétique comme bouclier

Toutefois, il est reconnu que le seul moyen efficace de prévenir l'infection est encore la résistance de la plante face à la maladie. Puisque la Cavendish n'est pas résistante, une nouvelle variété devra éventuellement prendre la relève, comme la Cavendish l'a fait lors de la chute de Gros Michel. Cependant, la Cavendish avait été choisie puisqu'elle présentait de nombreux avantages : une résistance à la fusariose, un très grand potentiel productif, une récolte assez précoce, une taille réduite du bananier et une bonne tolérance au transport. Une nouvelle variété commercialisable devrait donc posséder de tels attributs.

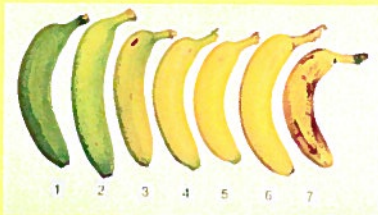
Dans de pareilles situations où une résistance contre un pathogène est souhaitée chez une plante, il est fréquent d'avoir recours à des croisements génétiques, par exemple entre un plant produisant une grande quantité de fruits et un autre qui est résistant à la maladie. L'hybride produit par ce croisement peut ainsi avoir toutes les caractéristiques désirées. Or, de tels programmes sont très difficiles à réaliser chez le bananier, étant donné sa stérilité. Cependant, une nouvelle variété de bananiers tétraploïdes (4 exemplaires de chaque chromosome) a été produite par croisement entre deux parents diploïdes fertiles, dont un résistant à la souche 4 de Foc. Cette nouvelle variété, nommée Goldfinger, s'est montrée peu sensible à la fusariose en Australie. Elle pourrait peut-être remplacer la Cavendish si elle demeure résistante dans d'autres conditions.

Une solution alternative est l'acquisition de la résistance à la suite d'une mutation (voir encadré). Plusieurs agents mutagènes chimiques et physiques, telles que des radiations, sont appliqués sur des tissus de bananiers cultivés in vitro en espérant qu'une résistance à la fusariose en découle. Les tissus végétaux sont ensuite mis en contact avec le champignon. Les plants résistants en serre sont alors testés en champ. Il est important de réaliser ces tests dans plusieurs régions du monde puisqu'un plant peut se montrer résistant à la fusariose sous certaines conditions climatiques et non sous d'autres.

Une autre approche consiste à entretenir en laboratoire des amas des cellules de bananiers et à créer des plants à partir de celles-ci. Lorsque cette technique est utilisée, il arrive souvent que des mutations se produisent. On nomme l'ensemble de ces changements la variation somaclonale. Parfois, une de ces mutations permet une meilleure résistance aux maladies, dont la fusariose. Ce champ de recherche est plutôt prometteur comme l'a démontré une équipe

La mutation : une vraie loterie

Une mutation est une modification de l'ADN d'un gène. Elle peut ainsi amener de nouveaux traits, bénéfiques ou non, chez un individu. Les mutations peuvent être spontanées, comme des erreurs lors de la copie de l'ADN pour former une nouvelle cellule, ou induites par des agents extérieurs. On parle alors d'agents mutagènes.



Des vertes et des pas mûres

Les bananes sont récoltées alors qu'elles sont encore vertes. Un long périple débute ensuite avant qu'elles n'atterrissent sur votre comptoir de cuisine. Les bananes

sont transportées, sous température contrôlée, jusqu'à leur pays de consommation. Elles sont alors amenées dans des mûrisseries. En effet, les bananes sont des fruits dits climactériques, c'est-à-dire qu'ils ont besoin d'éthylène gazeux pour pouvoir murir. Dans les mûrisseries, cette hormone végétale est donc vaporisée sur les bananes, ce qui entame leur processus de mûrissage et entraîne une production d'éthylène par le fruit, favorisant son propre mûrissage ainsi que celui des fruits avoisinants. Les bananes peuvent alors être mises en marché.

Photographie © Don Edwards

de chercheurs taiwanais ayant réussi à produire, à partir de la Cavendish, une variété capable de résister à la fusariose.

Cependant, le remplacement de la Cavendish s'avèrera ardu puisque tous les processus et équipements industriels pour la production et le transport de la banane (température de conservation, technique de mûrissage, processus d'emballage, etc.) sont adaptés pour cette variété.

Une histoire sans fin?

Même si la candidate idéale pour remplacer la Cavendish était trouvée, certaines modifications pourraient être effectuées pour tenter d'empêcher qu'une telle situation ne se reproduise.

En effet, si Foc a été capable de s'adapter, c'est en partie à cause du mode de culture de la banane. L'utilisation exclusive de la Cavendish en monoculture, bien qu'elle procure des avantages au niveau des méthodes de production, favorise l'adaptation du champignon à cette variété. De plus, la dispersion de Foc d'une bananeraie à l'autre est beau-

coup plus fréquente puisque sa cible se retrouve dans toutes les plantations destinées à l'exportation. Si les méthodes d'exploitation ne sont pas changées, l'histoire risque de se répéter pour une troisième fois.

Par ailleurs, il serait possible de profiter de tels changements dans la production pour réviser la façon d'exploiter la banane. Un des moyens employés par plusieurs importateurs est le commerce équitable. Celui-ci s'assure que les producteurs reçoivent un prix juste pour leur produit tout en réduisant le nombre d'intermédiaires entre le producteur et le consommateur, afin de réduire les coûts à l'achat. Selon madame Marchessault, les bienfaits du commerce équitable pour les communautés sont nombreux : accès accru à l'éducation et aux soins de santé, meilleures conditions de travail et mise en place de pratiques agricoles respectueuses de l'environnement. En effet, lorsque possible, le commerce équitable est joint à l'agriculture biologique. Les producteurs bénéficient de ces avantages grâce à

des primes sociales versées à la communauté pour chaque caisse de bananes vendue. Cependant, le commerce équitable est encore au stade embryonnaire au Québec et au Canada, où il a fait son apparition en 2008 et 2004 respectivement.



Pancarte dans une bananeraie équitable affirmant : « Nous sommes producteurs du changement. Non au travail des enfants; l'éducation est la solution. »
Photographie © Equicosta

De telles modifications pourraient aider à protéger la prochaine variété de bananes, mais ne sont malheureusement pas applicables à court terme pour sauver la Cavendish.

Qui gagnera le combat?

Il est encore trop tôt pour prédire l'issue de ce duel entre la banane et la fusariose. L'apparition de la nouvelle souche de Foc est une menace réelle pour l'industrie de la banane. La variété Cavendish y est sensible et pourrait bien disparaître puisqu'aucun pesticide n'arrête ce champignon. Cependant, les scientifiques travaillent présentement sur plusieurs techniques pour obtenir de nouvelles variétés résistantes et les résultats semblent encourageants. Réussiront-ils à temps? La nouvelle banane sera-t-elle à la hauteur des espérances? Les muffins aux bananes seront-ils saufs? Les paris restent ouverts...

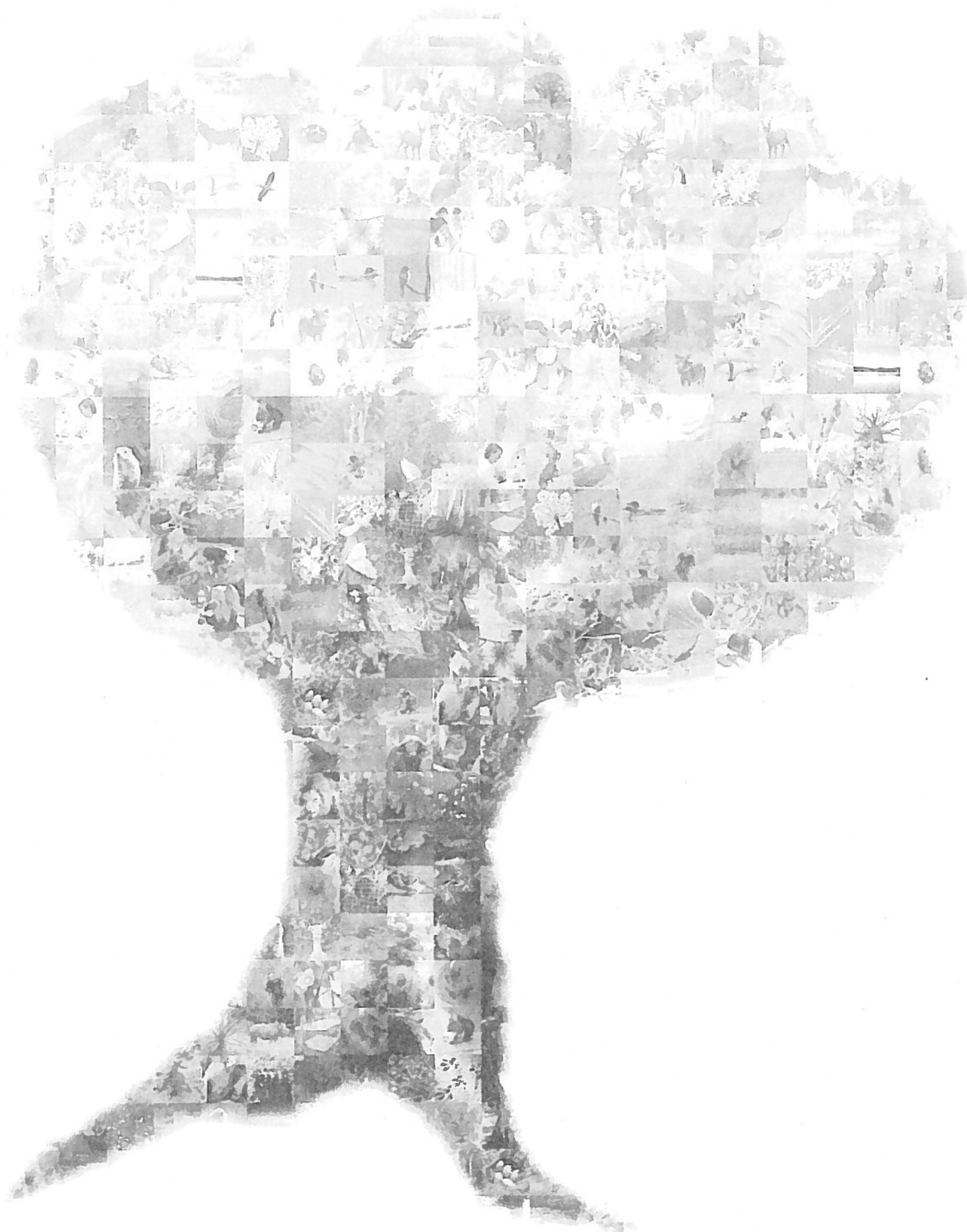
Remerciements

L'équipe de rédaction de l'article *Gaz aux vaches* tient à remercier le Docteur Daniel Massé, chercheur au centre de recherche et de développement sur le bovin laitier et le porc.

L'équipe de rédaction de l'article *Contre«eau»verse* tient à remercier le Docteur Vincent Cloutier, hydrogéologue à l'Université du Québec à Trois-Rivières, le Docteur Marie Larocque, hydrogéologue à l'Université du Québec à Montréal, le Docteur Lise Parent, écotoxicologue de la TÉLUQ à l'Université du Québec à Montréal et Madame Brigitte Toupin, responsable de la qualité de l'eau chez Amaro inc.

L'équipe de rédaction de l'article *Requin...à la soupe! Quand commerce rime avec destruction* tient à remercier Monsieur David Lulka, de Pêches et Océans Canada, Madame Sara Lamontagne, pharmacienne chez Jean-Coutu et Erich Ritter, spécialiste en comportement du requin.

L'équipe de rédaction de l'article *Hasta la vista banana! La disparition de la Banane* tient à remercier Madame Danielle Marchessault, co-fondatrice d'Équicosta, Monsieur Robert Castagner, gérant régional pour la Dole Food Company et William Goldfield, gérant des communications pour la Dole Food Company.



Le baccalauréat en biologie en apprentissage par problèmes

- Approche pédagogique novatrice qui met l'accent sur l'étudiant et les besoins de formation de demain
- Classe de 12 étudiants accompagnés d'un tuteur
- Premier cours à notre centre écologique de Saint-Michel-des-Saints
- Équipe dynamique, professeurs réputés
- Choix de trois axes pour la troisième année :
 - Biologie moléculaire et biotechnologie
 - Toxicologie et santé environnementale
 - Écologie
- Stage de recherche ou stage en entreprise
- Préparation aux cycles d'études supérieures
- Possibilité de stage à l'étranger

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

2080, rue St-Urbain, SB-R8 10

Téléphone : 514-987-3654

Courriel : moduledebiologie@uqam.ca

Site web : www.bio.uqam.ca

