

Le Point Bio

Quand la symbiose devient insoutenable :
Les coraux en eaux troubles !

Les fibres synthétiques, pas si écologiques

Une alternative croustillante : L'entomophilie
s'intégrera-t-elle à notre alimentation ?

La dé-extinction : l'art de ramener
les espèces éteintes à la vie

Le cannabis : de la récréation à la médication



COMITÉ ÉDITORIAL ET DE LANCEMENT DU POINT BIOLOGIQUE

Julien Beaulieu, Rafik Che'mli,
Virginy Côté-Gravel, Mélodie de Jaham,
Samuel Gladu, Éric Guimond-Lanteigne,
Kasper Kupka, Isabel Lanthier et Linnea Plez

ENCADREMENT PROFESSORAL

Yves Mauffette et Nicolas Pilon

AUTRES COLLABORATEURS

Guillaume Boucher, Eliza Breton-Lefebvre,
Jean-François Giroux, Réjean Langlois,
Normand Séguin

IMPRESSION

Repro-UQÀM

GRAPHISME

Alex Blondin, Stéphanie Benoit

COMITÉ DE SÉLECTION

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

Marie-Christine Bellemare
Vice-présidente aux communications
de l'association des biologistes du Québec

Olivier Grant
Chargé de projet éducation et formation
au Centre des Sciences de Montréal

Simon Harrisson
Candidat à la maîtrise en biologie, UQÀM

Valérie Harvey
Responsable des communications
chez Calcul Québec

Magali Houde
Chercheuse scientifique pour
Environnement Canada et professeure
associée à l'UQÀM

Simon Paradis
Technicien de laboratoire à l'UQÀM

Laura-Jeanne Raymond-Léonard
Candidate à la maîtrise en biologie, UQÀM

Mathieu-Robert Sauvé
Journaliste, Vidéaste et auteur,
journal Forum de l'Université de Montréal

Benoit Sévigny
Directeur des communications
et de la mobilisation des connaissances,
Fonds de recherche du Québec

Daniel Tarte
Biologiste senior,
Associé chez T2 Environnement

Hugo Thibaudeau Robitaille
Biologiste senior,
M.Sc. Associé chez T2 Environnement

EN COUVERTURE — GABRIEL LEBLANC

« *Le poisson clown (Amphiprioninae) et son anémone de mer, pris à l'aquarium de Québec. Ces petits poissons ont toujours suscité beaucoup de curiosité de ma part, notamment par leur hermaphrodisme séquentiel.* »

L'équipe



Le comité d'édition du *Point Biologique* est fier de vous présenter la 12^e édition de cette revue de vulgarisation scientifique. Nous nous sommes donnés cette année pour mission de léguer aux futures éditions du *Point Bio* le savoir et le matériel nécessaire à la pérennité de la revue. Ce volume contient les meilleurs articles écrits par les finissants en apprentissage par problèmes. Nos trois années d'études dans ce programme nous ont permises d'acquérir les compétences nécessaires à la réalisation d'un tel projet. Ces cinq articles d'une qualité professionnelle vous informeront sur des sujets d'actualité reliés à la biologie dans l'ère anthropocène, où les sciences ont une place de plus en plus importante. Nous éditons cette revue dans le but d'informer le public sur certains enjeux de la société. Nous croyons fermement qu'il fait partie du devoir scientifique de communiquer les connaissances guidées par l'approche rigoureuse propre à la science et à la biologie.

Le comité d'édition

Remerciements

Nous souhaitons tout d'abord remercier le travail judicieux de toutes les auteures et tous les auteurs ayant soumis leur article. Sans vous, ce projet n'aurait pas pu voir le jour. La participation de tout le monde a permis de donner un excellent résultat. Le travail réalisé par tous était d'une qualité remarquable.

Un énorme merci au comité de sélection dont les membres ont accepté volontairement de lire et de sélectionner les meilleurs articles. Vos opinions permettent l'objectivité de la revue et de donner une critique d'un point de vue extérieur. Nous savons que cela inclut une grosse implication de temps et d'énergie, alors encore une fois, votre travail est grandement apprécié.

Merci également à Yves Mauffette et Nicolas Pilon qui nous ont encadrés durant tout le processus sur le format et la qualité de nos articles. Leurs conseils ont permis d'orienter nos textes grâce à leur grande expertise et leurs opinions critiques.

Un merci tout particulier à Réjean Langlois, conseiller à la vie étudiante assigné à la Faculté des sciences, pour son accompagnement et ses conseils plus que nécessaires. Nous pouvons toujours et en toute confiance compter sur son soutien dans la réalisation de nos projets.

Merci à notre graphiste, Alex Blondin, pour sa créativité, son implication et sa minutie incroyable. Son travail est impeccable et nous sommes extrêmement satisfaits du résultat final.

Merci à Gabriel Leblanc qui nous a généreusement fourni la photo figurant sur la page couverture de la revue ; elle est plus que magnifique. Nous tenons aussi à remercier tous les autres participants du concours photo.

Merci à tous nos commanditaires, soit l'Association étudiante du secteur des sciences (AESS), les Services à la vie étudiante (SVE), la Faculté des sciences de l'UQÀM, le Département des sciences biologiques, le Regroupement des étudiantes et étudiants en biologie de l'UQÀM (REEBUQAM), T2 Environnement, l'Association des biologistes du Québec (ABQ) et ArHoMa.

Finalement, merci à vous, chers lecteurs, qui prenez le temps de lire nos articles et par le fait même encouragez notre travail. Ce projet est réalisé pour vous afin d'attiser votre curiosité scientifique.

Le comité du **Point Bio**

Sommaire

- 6 **Quand la symbiose devient insoutenable :**
Les coraux en eaux troubles !
- 12 **Les fibres synthétiques,** pas si écologiques
- 18 **Une alternative croustillante :** L'entomophagie s'intégrera-t-elle à notre alimentation ?
- 24 **La dé-extinction :** l'art de ramener les espèces éteintes à la vie
- 30 **Le cannabis :** de la récréation à la médication



12

30



18

Quand la symbiose devient insoutenable: Les coraux en eaux troubles!

Texte : Enora Fouillé, Isabel Lanthier,
Philip Loranger, William Peruzzini

Les récifs coralliens comptent parmi les écosystèmes les plus menacés par les changements climatiques. Les vagues de chaleur de 2015 et 2016 ont causé le pire événement de blanchissement global de tous les temps, menaçant la survie même des coraux et des écosystèmes qu'ils supportent. Leur extinction pourrait entraîner la disparition du quart des espèces marines.



EST-CE UNE ROCHE ? UNE PLANTE ? NON, C'EST UN SUPER-ORGANISME !

Pour saisir les menaces qui planent sur les coraux, il importe de comprendre leur structure. Au premier coup d'oeil, les coraux semblent être de grandes masses minérales, formées de carbonate de calcium, tout comme la craie. Ces récifs sont cependant loin d'être inertes, et présentent une complexité inouïe. Les coraux sont des animaux coloniaux apparentés aux anémones, aux hydres et aux méduses. Un récif regroupe plusieurs colonies, elles-mêmes constituées d'une multitude d'individus, qu'on nomme polypes. La notion d'individu est un peu floue lorsqu'il est question de coraux, comme le souligne la biologiste Sandra Ann Binning, professeure à l'Université de Montréal : « C'est difficile de parler d'un organisme, c'est plutôt un complexe d'organismes qui se parlent entre eux et qui se synchronisent. » Les coraux sont des super-organismes : les polypes coralliens sont dépendants les uns des autres, et ne peuvent vivre autrement qu'en groupe.

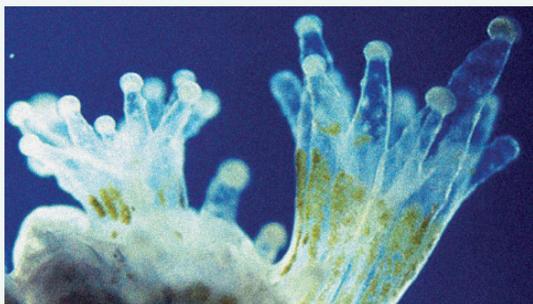
À une échelle beaucoup plus petite, les coraux présentent un autre degré de complexité. Chaque polype abrite au sein de leurs cellules un grand nombre d'algues microscopiques, les zooxanthelles. Ces algues sont responsables des couleurs vives des coraux, qui, autrement, seraient blancs. Les polypes sont en général très petits, de l'ordre de quelques millimètres, et chacun peut renfermer plus de dix milles zooxanthelles par mm². Ces deux organismes vivent en symbiose, c'est-à-dire, dans une association où les organismes impliqués tirent des avantages. Les zooxanthelles pourvoient de l'énergie provenant de la photosynthèse sous forme de sucres et d'acides aminés. En échange, l'hôte fournit une protection contre les prédateurs dans un endroit exposé à la lumière. La symbiose permet aux deux organismes de vivre

dans un environnement et dans des conditions qui autrement seraient trop difficiles ou pauvres pour permettre la survie ou l'expansion des deux organismes.

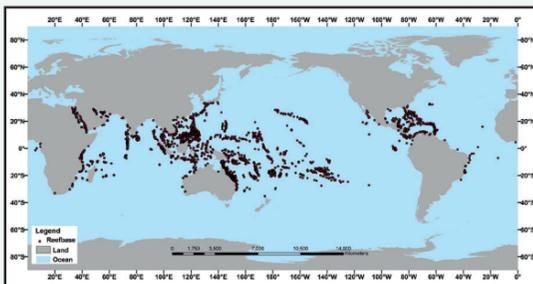
GRANDIR SUR LES VESTIGES DE SES CONGÉNÈRES

Seule la couche externe d'un récif est réellement vivante : l'amas de carbonate de calcium qui la sous-tend est en fait les restes de squelettes entassés des générations précédentes. Ces couches superposées peuvent être utilisées dans l'étude de l'histoire du climat, un peu comme les cernes de croissance des arbres.

Malgré les avantages, la symbiose demande des compromis. Les zooxanthelles peuvent se multiplier à un rythme beaucoup plus rapide que le corail, qui, lui, est limité par la formation de son exosquelette. Les deux organismes doivent ajuster leur métabolisme pour se développer à la même vitesse. Ce compromis ne peut tenir que dans des conditions très précises ; et lors d'un bouleversement, comme dans le cas d'une vague de chaleur, la symbiose ne tient plus. Les zooxanthelles sont expulsées et laissent apparaître le squelette blanc du corail : c'est ce qu'on appelle le blanchissement. Privés de leurs algues, les coraux se mettent en mode disette, et peuvent survivre de deux à trois semaines, après quoi, ils doivent accueillir de nouveau des zooxanthelles pour éviter la mort. Lorsqu'ils y arrivent, s'ensuit une période de rémission, où les coraux sont très vulnérables



POLYPE



LES ZOOXANTHELLES PRÉFÈRENT L'ÉQUATEUR

Le territoire géographique des récifs coralliens est limité par la sensibilité des zooxanthelles dont ils dépendent. On les retrouve donc dans des eaux chaudes et peu profondes et pas beaucoup plus au Nord ou au Sud des deux tropiques. Le plus grand récif corallien du monde est la Grande Barrière de Corail, qui est située sur la côte est de l'Australie. Celui-ci abrite 400 types de coraux en plus de 1 500 espèces de poissons et 4000 espèces de mollusques.

aux maladies. Ainsi, même lorsque le blanchissement n'entraîne pas la mort, il affaiblit les coraux et compromet leur survie.

L'équilibre délicat de la symbiose est brisé lorsque l'activité photosynthétique des zooxanthelles s'emballe sous l'influence de la chaleur. La synthèse de sucres à partir de la lumière s'accompagne de la formation de produits toxiques qu'on nomme ERO, pour Espèce Réactive de l'Oxygène. En condition normale, les ERO sont neutralisées par des antioxydants, mais lorsque la température est trop élevée, les protections antioxydantes ne suffisent plus. Les zooxanthelles deviennent alors toxiques pour leur hôte et sont évacuées. C'est principalement ce phénomène qui est en cause dans le blanchissement suivant des hausses de température.

Pour certains chercheurs, le blanchissement est nécessairement une maladie. D'autres croient plutôt que c'est un mécanisme d'acclimatation : l'expulsion des zooxanthelles permettrait au corail de changer de symbiotes, pour en choisir qui sont plus adaptés aux nouvelles conditions.

LES CORAUX FACE AU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

Lors des années '80, le réchauffement climatique a atteint un tel sommet que des événements de blanchissement global ont commencé à se produire. Selon une méta-analyse australienne qui fait état du blanchissement des récifs coralliens dans 100 sites à travers le monde, seulement 6 sites n'ont jamais été affectés par ce problème. La situation s'est détériorée au cours des dernières décennies. Entre 1980 et 2016, le risque de blanchissement sévère a augmenté d'environ 4.3 % à chaque année.

Suite aux vagues de chaleur de 2015 et 2016, 75 % des sites observés ont subi du blanchissement, battant le record précédent de 1997-1998 où 74 % des sites étaient affectés. Bien qu'il est possible pour des récifs coralliens de retourner à leur état initial après un événement de blanchissement, ceci devient de plus en plus difficile puisque ces événements se produisent à une fréquence de plus en plus élevée. En 2016, le temps entre les périodes de blanchissement sévère était cinq fois plus petit qu'il ne l'était en 1980. Alors que des assemblages de coraux à croissance rapide prennent en moyenne 10 à 15 ans à se rétablir, on estime qu'en 2016 les épisodes sévères se produisent maintenant à chaque 6 ans. Certains experts prédisent que dans les années à venir, de moins en moins de récifs coralliens seront épargnés d'épisodes sévères de blanchissement, ainsi chaque été chaud pourrait causer de la mortalité.

DES ARCHITECTES ESSENTIELS...

Les problèmes menaçant la survie des coraux sont préoccupants, car ceux-ci ont un rôle clé dans le maintien de la biodiversité. Seules les grandes forêts tropicales peuvent se mesurer aux récifs en terme de diversité biologique. Comme l'explique Sandra Ann Binning, qui a étudié les poissons de la Grande Barrière de Corail : « les coraux pour les poissons, c'est un peu comme les arbres pour les oiseaux. » Les récifs

peuvent servir d'habitat et de structure de protection contre la prédation pour plusieurs espèces de poissons, notamment les poissons-demoiselles. Ces structures vont aussi amortir l'énergie des vagues et des marées, ce qui permet aux poissons d'économiser l'énergie qu'ils utiliseraient pour rester en place, comme le rapporte Mme Binning. La structure physique est donc importante, mais la partie vivante des récifs est aussi nécessaire pour la biodiversité puisque plusieurs espèces de poissons s'en nourrissent, dont les poissons-perroquets et les poissons-papillons. Les coraux sont ainsi considérés par les écologistes comme des ingénieurs de niches puisqu'ils créent un habitat pour plusieurs espèces, et comme une espèce fondatrice puisqu'ils sont essentiels à la biodiversité de leur communauté.

... MAIS TRÈS VULNÉRABLES.

Les coraux sont des organismes particulièrement sensibles à plusieurs facteurs environnementaux, tels que la température, la variation de salinité, et la disponibilité de la lumière. De faibles changements dans ces paramètres peuvent avoir de fortes répercussions sur leur survie.

L'effet cumulé de plusieurs de ces stress environnementaux peut s'avérer encore plus dévastateur. Sandra Binning en a été témoin alors qu'elle menait son projet de recherche en Australie. La station où elle travaillait a subi deux ouragans en 2013 et en 2014, suivis d'une énorme vague de chaleur en 2016. L'eau de ce site était peu profonde, et donc particulièrement susceptible aux changements de température. « Je pense qu'ils ont estimé les mortalités 80 % des coraux qui restaient autour de l'île, c'était vraiment horrible. » C'est avec déception qu'elle admet que le suivi de son projet de doctorat est impossible puisque la quasi-totalité des récifs qu'elle a étudiés sont morts à présent.

Le réchauffement global des océans s'accompagne d'une augmentation de l'intensité des ouragans. Ceux-ci peuvent avoir des effets néfastes ou bénéfiques sur les coraux selon leur ampleur. Les petits ouragans permettent un transfert des températures trop chaudes des océans à l'atmosphère, ce qui régule le réchauffement. Ils permettent aussi de revitaliser les réserves de nutriments en brassant la matière de la bande riveraine avec le littoral. Par contre, un fort ouragan peut changer la température locale au point de stresser les coraux, ou encore, rendre l'eau assez turbide pour empêcher la lumière de pénétrer. Lorsque l'eau devient trouble dû aux matières en suspension, l'activité photosynthétique des zooxanthelles est compromise. Les ouragans peuvent également causer un apport trop important en nutriments provenant de l'érosion des berges, ce qui peut stimuler la prolifération d'autres espèces d'algues, ce qui stresse aussi les coraux.

Les ouragans ne sont pas la seule cause de l'érosion des côtes. Les aménagements agricoles favorisent le lessivage des sols et augmentent donc la quantité de matière en suspension dans l'eau. Mme Binning fait valoir que les humains peuvent avoir un certain contrôle sur la sédimentation à l'aide d'aménagements des rives, et qu'il est plus facile d'agir



POISSON-DEMOISELLE



POISSON-PERROQUET



POISSON-PAPILLON



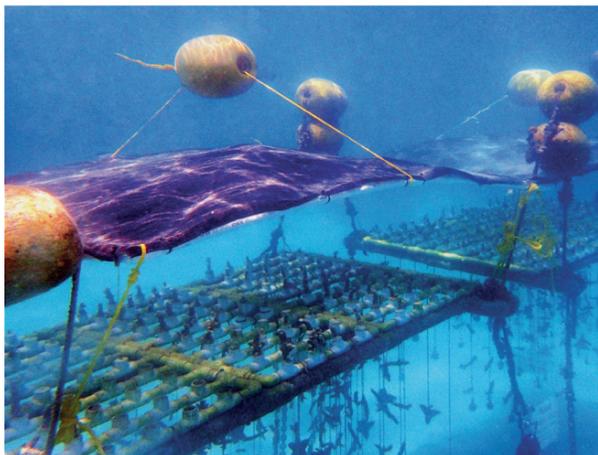
© OCEAN.SI.EDU

UN PRÉDATEUR QUI NE CRAINT PAS L'EAU CHAUDE

Les températures plus chaudes avantagent les couronnes d'épines (*Acanthaster planci*), une étoile de mer prédatrice des coraux. Cet échinoderme invasif est reconnu comme étant un destructeur des récifs coralliens.

ACIDE À S'EN RONGER LE SQUELETTE

Le CO₂ émis dans l'atmosphère, en plus de contribuer au réchauffement global, est absorbé par les océans et entraîne leur acidification. Les coraux peinent à se constituer un squelette lorsque l'eau est acide, car le calcium se dissout davantage. Selon Binning, les coraux pourraient en être affectés dans les prochains 100 à 200 ans. L'augmentation des températures est un problème plus pressant : certains chercheurs avancent qu'au rythme actuel des émissions de CO₂, la température pourrait être trop élevée pour leur survie d'ici 40 ans.



© CNAS-RE.UOGEDU

POUPONNIÈRE

localement sur cette menace, que sur les changements climatiques.

LA BIOTECHNOLOGIE À LA RESCOURSSE !

Pour remédier au problème, plusieurs chercheurs ont développé des techniques permettant d'accélérer le processus naturel du rétablissement des récifs coralliens.

Une des premières techniques élaborée par les scientifiques est l'établissement de pouponnières en milieu naturel, qui consiste en la culture de petits fragments de corail sur des installations flottantes. Lorsque ces fragments deviennent assez gros, ils sont transplantés dans un récif qui a subi des dommages. En plus de fournir une structure optimale pour l'accumulation de nutriments et d'attirer des organismes qui vivent en symbiose avec les coraux, les pouponnières sont dépourvues de bactéries et de maladies ce qui augmente les chances de survie après la transplantation. Il s'agit d'un avantage que les coraux grandissant sur le sol marin n'ont pas. Même si les techniques de croissance sont bien établies, l'étape de transplantation n'est pas optimale. Les greffes transplantées sur un récif ne sont souvent pas viables. La compétition entre les coraux croissant à proximité est féroce.

ÉCRAN SOLAIRE : PROTECTION POUR L'UN, AGRESSION POUR L'AUTRE

Les polluants sont un autre risque pour la survie des coraux. L'oxybenzone, notamment, un composé chimique retrouvé dans la crème solaire, affaiblit leur système de défense ce qui promeut les infections virales et bactériennes. Cet effet est restreint qu'aux endroits où il y a beaucoup d'activité humaine.

Récemment, David Vaughan, directeur de la recherche et de la restauration des récifs coralliens au laboratoire MOTE en Floride, a développé un procédé permettant la culture de coraux en environnement contrôlé. Cette technique a été développée suite à l'observation fortuite d'un phénomène particulier. Un jour, M. Vaughan a accidentellement brisé une colonie en culture, laissant isolés quelque polypes qu'il croyait voués à la mort. Au grand étonnement du biologiste, non seulement ces polypes ont survécus, mais ils se sont multipliés rapidement. Le chercheur explique que « lorsqu'un petit morceau de la taille d'un seul polype est coupé d'un grand corail, il ne prendra que quelques semaines pour atteindre la taille d'un corail âgé de plusieurs années. Similairement à la peau des humains, il y a quelque chose qui porte les coraux à se reproduire rapidement lorsque blessés. » Il est ainsi possible de créer des milliers de nouveaux individus, que l'on juge capable de survivre dans les conditions futures des océans, et de les transposer sur des récifs existants afin d'augmenter leur population.

Généralement, les polypes n'aiment pas entrer en contact avec les polypes d'une autre colonie. Dans les élevages de

microfragments, M. Vaughan et son équipe ont remarqué que certains fragments entraient en contact avec d'autres fragments sans entrer en compétition. Le biologiste illustre le phénomène ainsi : « c'est comme si la peau d'un de vos bras était transplantée sur l'autre bras. Lorsque les polypes touchent une colonie différente provenant d'une même colonie parent, ceci les amène à se fusionner pour former une plus grosse colonie comme s'ils se reconnaissaient. » La microfragmentation appariée avec la fusion isogénique (aussi appelé reskinning) permet l'obtention de gros coraux à partir de plusieurs fragments provenant d'une même colonie. Leur vitesse de croissance est de loin supérieure à celle d'une colonie en santé non-fragmentée. « Cette avancé nous permet de croître en 2 ans ce qui en prendrait normalement 25 à 75 » précise M. Vaughan.

MIEUX VAUT PRÉVENIR QUE GUÉRIR

Plusieurs actions ont été entreprises à travers le monde afin d'aider la préservation des sites coralliens, dont le plan Reef 2050 du gouvernement australien. Ce plan cherche à améliorer l'état des récifs coralliens et à minimiser les impacts des changements climatiques en améliorant la qualité de l'eau, en assurant le maintien de la biodiversité actuelle et en minimisant l'impact du trafic portuaire sur les récifs. À cet effet, des corridors maritimes vers la Chine ont été établis pour restreindre le trafic maritime à l'intérieur de la Grande Barrière de Corail.

UNE GOUTTE D'EAU DANS L'OCÉAN...

Malgré tous ces efforts pour la restauration des récifs, beaucoup de travail doit être fait au niveau mondial pour freiner la hausse des températures causée par les rejets de gaz à effet de serre. Présentement, les actions amorcées sont insuffisantes pour changer la situation précaire des coraux. Les efforts qui sont fournis dans la recherche et la réhabilitation des récifs coralliens sont nécessaires et aident à leur préservation, mais leur impact reste modeste. Ces démarches ne peuvent pas suppléer à la mise en oeuvre de mesures globales. Comme le souligne Terry Hughes, directeur du Conseil de Recherche Australien (ARC) du centre d'excellence pour l'étude des récifs coralliens, « la restauration des coraux est très coûteuse et ne se concentre souvent que sur quelques espèces, et ce sur une très petite échelle. Personne n'a réussi à restaurer une seule acre de biodiversité des récifs. La seule solution à long terme est de réduire les pressions humaines. » Sans la mise en place d'une telle solution, il ne reste qu'à espérer que ces super-organismes possèdent une résilience insoupçonnée.



© NYTIMES.COM

DAVID VAUGHAN



© NASA.GOV

RÉCIF

Les fibres synthétiques, pas si écologiques

Texte : Sabrina Côté, Anne-Marie Gagné
Mélodie de Jaham, Linnea Plez

Un lavage domestique de 5 kg de polyester relâche entre 6 et 17,7 millions de microplastiques dans les écosystèmes aquatiques. Ainsi, le lavage hebdomadaire d'un chandail fait de polyester entraîne son équivalent en poids de microplastiques dans les écosystèmes aquatiques au bout de 4 ans ! Avec de telles données, il faut se demander pourquoi les fibres synthétiques, comme le polyester, sont aussi populaires. C'est dans les années 60 que les premières fibres synthétiques ont fait leur apparition pour compléter la demande croissante de textiles, dont le coton qui dominait le marché à cette époque. Leur promesse : produire des fibres infroissables, bon marché et innovatrices grâce aux technologies pétrochimiques. Les fibres synthétiques ont rapidement envahi le marché, seules ou en association avec le coton ou avec d'autres fibres naturelles. C'est maintenant 60 à 80 % de votre garde-robe qui en est composée ! Le moins attendu était leur impact environnemental, faisant de cette industrie textile un grand contributeur de la pollution aquatique. Avec les nombreuses conséquences de ces fibres sur l'environnement, ne serait-ce pas mieux de renouer avec les fibres de coton ou de partir à la découverte d'autres matières naturelles, moins coûteuses pour l'environnement ?



LE COTON : UNE FIBRE EXIGEANTE

La popularisation du coton s'est fait sur les 7 derniers siècles, avec une demande toujours croissante. Passant par les importations, à l'agriculture intensive et la mécanisation des cultures, les producteurs ont su répondre à cette demande, entraînant une augmentation des impacts de la production. Celle-ci peut aller jusqu'à 820 kilogrammes (kg) par seconde, entraînant des conséquences considérables sur l'environnement. C'est bien connu : sa culture est l'une des plus exigeantes en eau, après le riz et le blé. En effet, il faut en moyenne 5000 litres d'eau pour produire un kg de fibre de coton. À ce jour, on compte 32 millions d'hectares dédiés à cette culture, correspondant à 2-3 % des terres cultivées mondiales.

À cette demande en eau abondante, s'ajoute l'utilisation de pesticides à raison de 1 kg par hectare de culture, correspondant à 24 % de l'utilisation mondiale des pesticides. Ces produits chimiques ont des propriétés cancérigènes reconnues sur les travailleurs, entraînant pour eux de hauts taux

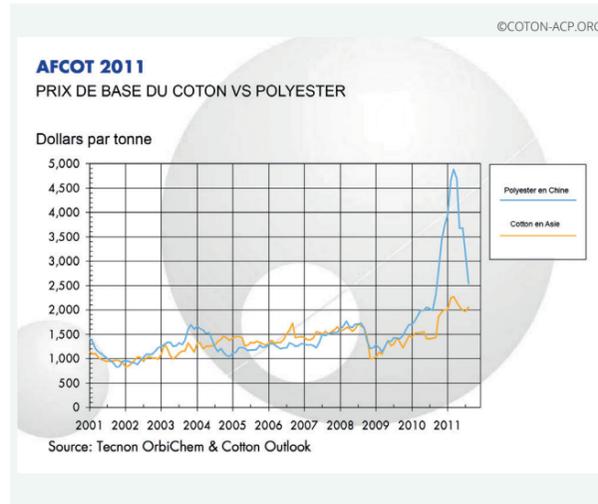
de cancers, de tuberculose et de troubles cardiaques. De plus, les différents produits chimiques utilisés lors de la culture des plants et du traitement des fibres contaminent tous les écosystèmes à leur portée.

L'industrie cotonnière a essayé de réduire son impact environnemental en faisant appel aux biotechnologies et à la création de coton génétiquement modifié : le coton Bt. L'introduction de la toxine de la bactérie *Bacillus thuringiensis* (Bt) a comme mandat de lutter contre les ravageurs principaux du coton en plus de réduire l'application de pesticides. Ces objectifs n'ont toutefois pas été atteints à long terme puisque les ravageurs sont devenus résistants à la toxine. La population globale de l'entomofaune a été touchée en plus d'avoir des impacts sociaux et financiers dévastateurs pour les cultivateurs. À l'inverse, les producteurs de fibres synthétiques ont une industrie plus lucrative, étant donné le coût de production moindre. On parle alors



COTON

de 1,2 \$ US/kg pour le polyester versus 2,3 \$ US/kg pour le coton, produits en Chine en janvier 2017.



L'ARRIVÉE DES FIBRES SYNTHÉTIQUES

L'arrivée des premières fibres synthétiques a marqué le début de l'ère des fibres infroissables avec le polyester comme principal acteur. Cette fibre est issue de l'association de plusieurs polymères d'origine pétrochimique. Le polyéthylène téréphtalate (PET), qui est utilisé dans la bouteille de plastique, appartient à la même famille que le polyester. Il faut 1,5 kg de PET pour produire 1 kg de polyester. L'industrie du polyester et autre fibre synthétique donc dépendante de l'industrie pétrolière, source d'énergie fossile non renouvelable.

En plus des plastiques, plusieurs substances chimiques sont ajoutées aux polymères afin de leur donner des caractéristiques particulières. Ainsi, les phtalates sont utilisés pour plastifier, des PBDEs sont utilisés comme retardateurs de flammes dans des contextes particuliers (vêtements pour enfants, textiles pour meubles, etc.), des surfactants permettant une meilleure résistance aux agents étrangers ainsi que pigments, antistatiques et fragrances sont aussi ajoutés. Ainsi, 4 % du poids des polymères du polyester sont composés de l'un ou plusieurs de ces agents, dont certains ont des propriétés toxiques, des réactions cutanées et des problèmes respiratoires. De plus, les additifs qui sont ajoutés aux polymères lors de leur fabrication comme les phtalates ou les bisphénols A ne sont pas chimiquement liés à la matrice de plastique, pouvant ainsi diffuser dans leur environnement. Ces additifs chimiques ainsi que les polymères qui composent les fibres synthétiques sont les microplastiques.

DE VOTRE LAVEUSE AUX OCÉANS

Se trouvant dans la composition des routes, des peintures et des vêtements, les polymères font partie intégrante de notre quotidien et bon nombre de personnes ne pourraient pas s'en passer ! Par contre, ce qu'on ne voit pas les microplastiques qui se séparent continuellement des polymères. Ces

microplastiques intègrent alors tous les organismes des écosystèmes, ayant des effets inversement proportionnels à leur taille minuscule.

Le lavage des vêtements en fibres synthétiques libère de grandes quantités de microplastiques dans les eaux usées, correspondant à 35 % des microplastiques qu'on retrouve dans les océans.

Avant d'atteindre les écosystèmes aquatiques, les eaux souillées contenant les microplastiques sont traitées par les usines de traitement des eaux usées. Ces dernières peuvent ainsi recevoir entre 550 millions et 440 milliards de microplastiques par jour. Si les eaux ne sont pas traitées correctement, ces fibres peuvent être rejetées dans l'environnement. Une grande partie des microplastiques est retenue dans les phases de sédimentation primaire, dont le taux d'extirpation se situe entre 65 % et 99,9 %. Les effluents débitent donc environ 3,73 milliards de microplastiques par jour. Par contre, même si les usines pouvaient retirer la totalité des microplastiques des eaux usées, ceux-ci retournent tout de même dans l'environnement. Effectivement, les usines de traitement d'eaux usées utilisent les boues contenant les microplastiques, qui sont créées lors de l'assainissement, à des fins diverses, dont la fertilisation de champs, et amènent les microplastiques à entrer dans les systèmes aquatiques par le ruissellement.

UNE MENACE INATTENDUE

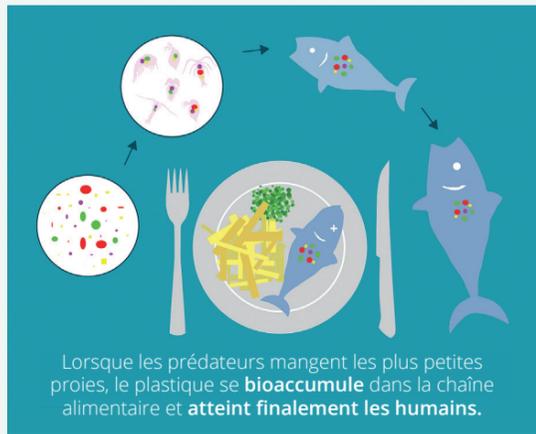
Considérant leur très petite taille, soit inférieure à 5 mm, les microplastiques ont un rapport surface-volume très élevé, leur permettant d'absorber de grandes quantités de polluants par gramme de plastique. Ainsi, lorsque les microplastiques se retrouvent dans les étendues d'eau suite à la lessive, des composés chimiques hydrophiles seront absorbés par ces microplastiques, notamment les polychlorobiphényles (PCB). De plus, plusieurs études démontrent que l'action mécanique que subissent les microplastiques par les vagues et le vent ainsi que l'exposition aux rayons UV entraînent fragmentation ce qui augmente leur capacité d'infiltration dans les organismes.

Les microplastiques sont intégrés dans les plus bas niveaux de la chaîne alimentaire aquatique, en commençant par les zooplanctons. Les bivalves, poissons, oiseaux et mammifères en sont alors victimes par ingestion directe des microplastiques ou indirecte par la consommation d'espèces de niveaux trophiques inférieurs. Les produits organiques persistants qui sont absorbés sont alors transférés et bioaccumulés dans les organismes qui les consomment. Les produits chimiques ont donc des concentrations plus élevées dans les organismes en haut de la chaîne alimentaire, notamment chez les prédateurs tels que les saumons, les lynx, les oiseaux de proie, etc. Les microplastiques entraînent aussi une panoplie de problèmes pour les organismes qu'ils côtoient dans l'environnement. Effectivement, ils peuvent causer des abrasions externes et internes aux organismes. De plus, lorsqu'ingérées, les microplastiques peuvent causer des blocages dans le tractus digestif. Ces blocages donnent une fausse sensation de satiété et mènent

à la famine et la détérioration physique des organismes qui les consomment. Avec une alimentation à risque, les organismes montrent d'autres signes de détérioration. Il est possible d'observer une diminution de leur adaptabilité, une déficience dans leur habileté à se nourrir, une diminution dans l'évitement des prédateurs et même la mort. Certains organismes démontrent aussi un blocage dans la production d'enzymes, une diminution du taux de croissance et des échecs reproductifs. Ces problèmes affectent au moins 267 espèces différentes de la faune marine, incluant 86 % des espèces de tortues et 44 % de toutes les espèces d'oiseaux marins.

Les microplastiques ont des effets indirects sur les organismes marins. Ils peuvent agir comme vecteurs de transport pour certaines espèces. C'est le cas pour certains invertébrés, bactéries et algues. Ces organismes peuvent adhérer aux microplastiques et être transportés à des endroits propices à leur prolifération, créant ainsi des espèces non natives invasives. De plus, les polymères qui se rendent dans les fonds marins peuvent en limiter les échanges gazeux, interférant avec les opérations de l'écosystème et les différents cycles biochimiques qui ont lieu.

Enfin, les microplastiques peuvent adhérer à la surface des organismes photosynthétiques marins, telles les algues et plantes aquatiques. Ce faisant, ils leur bloquent l'accès à la lumière. Par conséquent, le processus de photosynthèse de ces plantes est perturbé et elles font de la photorespiration au lieu de la photosynthèse, c'est-à-dire qu'elles consomment de l'oxygène et rejettent du dioxyde de carbone.



Lorsque les prédateurs mangent les plus petites proies, le plastique se **bioaccumule** dans la chaîne alimentaire et **atteint finalement les humains**.

COMMENT DIMINUER SON DÉCHARGEMENT DE MICROPLASTIQUES DANS L'ENVIRONNEMENT ?

Plusieurs facteurs influencent la quantité de microplastiques relâchés pendant votre lavage. En effet, le type de détergent utilisé, l'utilisation ou non d'un assouplisseur ainsi que la température, le temps de lavage et l'action mécanique sont des facteurs contribuant à la dégradation des vêtements en microplastiques. Il est donc recommandé d'utiliser un détergent liquide plutôt que poudreux et d'employer un assouplisseur. Ce dernier permettrait de séparer les fibres et de diminuer le relâchement des microplastiques dans l'eau. Aussi, il est mieux de laver vos vêtements sous de l'eau tiède ou froide et moins longtemps !



LES FIBRES SYNTHÉTIQUES ÉCOLOGIQUES

Le procédé lyocell est né des recherches menées pour produire un textile écologique. Il s'agit d'un procédé de transformation de la cellulose en fibre textile. La cellulose est dissoute par réaction avec le N-Méthylmorpholine-N-Oxide (NMMO), un solvant recyclé à 97 % lors du processus de fabrication. Les fibres lyocell ont l'avantage d'être biodégradables (en 6 semaines sur compost aéré) et d'être fabriquées à cycle fermé sans ou avec très peu de produits polluants, contrairement aux fibres synthétiques et fibres artificielles (viscose). Depuis l'invention du procédé lyocell, d'autres procédés, tels que le Cocol ou le TITK Alceru, sont créés afin de réduire l'impact environnemental, déjà faible, de la proportion de NMMO ne pouvant pas être récupéré. Ceux-ci proposent la dissolution de la cellulose par des solvants dérivés du NMMO, moins toxiques et davantage récupérables au cours du processus de fabrication des fibres textiles.

Les microplastiques n'affectent pas seulement les environnements marins, ils se retrouvent aussi dans les eaux douces. En effet, le programme de l'environnement des Nations Unies estime plus de 18 000 morceaux de microplastiques par km² dans les océans alors qu'une étude des Grands Lacs canadiens en compte environ 43 000 par km². Cette grande concentration de microplastiques dans les eaux dulcicoles a un effet sur les organismes tant pélagiques que benthiques qui s'y trouvent. Il est possible de retrouver ces microplastiques dans 32 à 100 % des espèces qui y sont exposées, et ce à tous les niveaux trophiques. De plus, les microplastiques peuvent affecter la distribution des produits chimiques dans l'environnement. Tout comme les microplastiques marins, ceux des eaux douces causent des blessures externes et internes aux organismes et agissent comme vecteurs pour les organismes potentiellement envahissants.

Pour pallier conséquences des fibres synthétiques sur l'environnement et les organismes qui y vivent, des fibres alternatives ont été recherchées pour remplacer les vêtements en polyester.

À LA RECHERCHE DES FIBRES ALTERNATIVES

La connaissance de l'impact des fibres synthétiques et du coton industriel sur l'environnement et les organismes

vivants a conduit à l'apparition d'un nouveau défi : produire des textiles écologiques. Ces textiles doivent avoir les avantages du polyester ou du coton industriel, sans leurs inconvénients. Pour pouvoir y répondre, les scientifiques sont parvenus à créer des fibres artificielles à base de cellulose, principal composant des végétaux, dont la production et la transformation ont un très faible impact sur l'environnement. D'autres textiles aux propriétés écologiques sont produits à base de fibres naturelles différentes. Ces fibres peuvent être d'origine animale ou végétale et leur procédé de transformation en textile, qui varie d'une fibre à l'autre, présente les avantages des textiles synthétiques tout en consommant moins d'eau et en nécessitant moins de, voire aucun, pesticide.

Les fibres végétales naturelles comptent entre autres le coton biologique, le bambou, le lin, l'eucalyptus, le chanvre et l'asclépiade. Les propriétés de ces fibres varient de l'une à l'autre et de nombreuses doivent tout de même être mélangées au coton biologique pour en améliorer la texture.

Selon Ugo Dutil, responsable du service client et de la vente chez RESPECTERRE, le chanvre représente LA fibre naturelle d'avenir, car celui-ci est facile à cultiver : « il pousse comme de la mauvaise herbe » et possède de multiples utilisations (huile, fibre, etc.). Il doit cependant être mélangé à du coton afin de réduire sa texture rugueuse. D'autres propriétés des

fibres végétales peuvent être employées à notre avantage comme leur capacité de froissement. L'eucalyptus, par exemple, est presque infroissable, ce qui en facilite l'entretien et améliore l'apparence du vêtement.



Un des inconvénients majeurs de ces fibres est la pollution engendrée par leur transport. Cette pollution pourrait pourtant être évitée si les expertises de transformation de ces fibres étaient développées dans chaque pays et si la culture de certaines de ces plantes était valorisée, diminuant par la même occasion leur prix de vente.

Les fibres textiles peuvent aussi être produites à partir de fourrure animale. Nous avons les exemples de la laine, la soie, le mohair, le cachemire, voire même le poil de chameau ! Ces fibres animales, comme les fibres végétales, possèdent des propriétés variées, sélectionnées en fonction du type de vêtement désiré (chaleur, absorption, etc.). Leur texture varie également, selon l'animal et la partie du corps où elles poussent. Chez le chameau, par exemple, la

fourrure du dos de l'animal est moins souple que la fourrure poussant sur son ventre.

La production de certaines de ces fibres n'est pas sans impact pour les organismes qui les produisent. C'est par exemple le cas dans la production de la soie. Celle-ci est produite par de nombreux organismes séricigènes, mais la plus connue pour sa qualité est celle qui est produite par la chenille du bombyx mûrier (*Bombyx mori*), un papillon domestique élevé principalement en Chine. Le cocon soyeux abrite la chrysalide lors de sa métamorphose. Pendant cette période, celle-ci est étouffée par exposition à une source de chaleur avant que la fibre ne soit extraite. Certaines régions dénoncent cette pratique et mettent en avant la production de soie dite « sauvage », qui récolte le précieux cocon après que le papillon mature s'en soit extirpé, une pratique écologique et à meilleure éthique.



BOMBYX MORII

L'utilisation du polyester est aujourd'hui plus répandue que le coton, bien que l'on connaisse ses conséquences sur l'environnement et organismes vivants, y compris l'humain. Les fibres écologiques végétales et animales sont une excellente alternative à l'utilisation du polyester et du coton industriel. Bien que leur moyen d'extraction ne soit pas toujours sans dommage pour la faune et la flore, ces textiles sont biodégradables et leurs processus de transformation sont moins dangereux pour l'environnement.

TABLEAU DE COMPARAISON ENTRE LES FIBRES DE POLYESTER, LE COTON ISSU D'AGRICULTURE NON BIOLOGIQUE ET LES FIBRES VÉGÉTALES ÉCOLOGIQUES

Fibres	Polyester	Coton	Coton biologique	Bambou	Eucalyptus	Lin	Chanvre
Biodégradable	--	+	+	+	+	+	+
Besoins en eau	--	++	++	-	-	-	-
Pesticides et insecticides		+/++	--	--	--	-	--
Procédé de transformation chimique / écologique	-	-	--	-	+	+	+
Bas prix	++	++	+	+	+	+	-

LÉGENDE :

- ++ CRITÈRE TRÈS ÉLEVÉ
- + CRITÈRE PRÉSENT ET/OU ÉLEVÉ
- CRITÈRE FAIBLE
- ABSENCE DU CRITÈRE

Une alternative croustillante: L'entomophagie s'intégrera-t-elle à notre alimentation?

Texte : Myrna Khuon, Éric Laflèche
Anne-Marie Davis, Kiran Younas

On mangerait en moyenne six araignées par année durant notre sommeil. N'ayez crainte : aucune étude n'aurait confirmé cette rumeur, qui relève davantage d'une légende urbaine que d'un fait. Si l'idée de consommer des insectes vous répugne, vous seriez surpris de savoir qu'une grande variété d'insectes font partie intégrante du régime alimentaire de plus de deux milliards d'êtres humains sur la planète. Mais pourquoi les Occidentaux sont-ils aussi réticents face à ce type d'alimentation ?



© ALEXIS ZACCHI / ALENSZACCHI.FR

L'ENTOMOPHAGIE À TRAVERS LE MONDE

Parmi le million d'espèces d'insectes recensées sur terre, plus de 2000 espèces font partie de l'alimentation d'un bon nombre d'individus. Hors des frontières occidentales, la consommation d'insectes se pratique sur tout le globe. Que ce soit du point de vue culturel ou de la disponibilité dans le milieu, il est évident que certaines régions dans le monde sont plus disposées à ce type d'alimentation. Selon Mme Lesnik, une anthropologue de l'Université de Détroit, la pratique de l'entomophagie est directement liée à la latitude. Les pays sous le 46° parallèle Nord seraient plus propices au développement de la plupart des espèces d'insectes. Ce qui permettrait une plus grande disponibilité et donc une facilité d'accès à ce type de régime alimentaire. C'est aussi ce que soutient Quentin Liantaud, animateur scientifique de l'insectarium de Montréal, en indiquant que les conditions nécessaires, c'est-à-dire le climat, l'humidité et l'abondance de nourriture des pays tropicaux permettent la consommation d'insectes.

L'entomophagie est largement pratiquée dans les pays d'Amérique latine, d'Asie, d'Afrique et de l'Océanie. C'est d'ailleurs au Mexique où l'on retrouve la plus grande diversité, soit 27 % de toutes les espèces d'insectes comestibles connues et recensées.

Les coléoptères, les larves, les guêpes et les fourmis font partie des insectes les plus consommés. Les larves de coléoptères, telle que celle du charançon du palmier, sont les plus consommées dans le monde. En Afrique, dans le sud de l'Asie et en Amérique du Sud, cette larve est considérée potentiellement destructrice pour les espèces de palmiers.

Elle provoque des dommages importants en creusant jusqu'au cœur du tronc, ce qui provoque des lésions et peut même entraîner la mort du palmier. En consommant ces larves, l'humain tend à réduire leur nuisibilité en permettant de restituer les populations de palmiers tout en évitant l'utilisation d'insecticides.

NOMBRE D'INSECTES COMESTIBLES RÉPECTORIÉS PAR PAYS



© WAGENINGEN UNIVERSITEIT

DES INSECTES DANS NOS ASSIETTES : POURQUOI SOMMES-NOUS AUSSI RÉTICENTS?

Des réticences innées et culturelles

Dans les pays occidentaux, l'idée de consommer des insectes engendre le dégoût chez la plupart des gens. Le dégoût est une émotion humaine universelle qui aurait une fonction

ON EN MANGE, SOUVENT SANS LE SAVOIR

LE COLORANT NATUREL ROUGE COCHENILLE

On en retrouve dans plusieurs produits alimentaires tels que les charcuteries, les bonbons, les confitures, les yaourts et les jus. Il est produit à partir de la cochenille d'Amérique latine, connue sous le nom scientifique de *Dactylopius coccus*. Cet insecte est un parasite se nourrissant de la sève des cactus. La couleur rouge, extraite des femelles, provient de l'acide carminique qu'elles produisent pour se protéger des prédateurs. On l'utilise pour remplacer les colorants alimentaires synthétiques soupçonnés d'avoir des effets néfastes sur la santé.



© HELLOCOTON.FR

© CASHIER.FR

LA RÉSINE SHELLAC

On la retrouve sur les bonbons, tel que les « jelly beans ». Elle est aussi utilisée pour vernir les fruits, tels que les pommes et les oranges. Elle provient d'une cochenille asiatique, la *Kerria lacca*. Celle-ci sécrète une résine qui lui permet de se fixer aux troncs d'arbres. Ce sont ces sécrétions qui sont utilisées pour l'usage alimentaire.



© FORESTRYIMAGES.ORG

© CANDYCRATE.COM

LA PRÉSENCE « INÉVITABLE » DANS NOS DENRÉES ALIMENTAIRES

La plupart des produits alimentaires, que ce soit les fruits et les légumes ainsi que les produits transformés, contiennent inévitablement des insectes. À ce sujet, l'administration américaine des denrées alimentaires et des médicaments (FDA) publie régulièrement une liste d'aliments et leur seuil maximal respectif de fragments d'insectes « ne pouvant nuire à la santé humaine ». En voici quelques exemples : cannelle moulue, 400 fragments pour 50 grammes; macaroni et pâtes alimentaires, 225 fragments pour 225 grammes, beurre d'arachide, 30 fragments pour 100 grammes. On mangerait en moyenne 500 grammes d'insectes par année... sans notre consentement.

de protection contre la contamination et les infections. Une texture gluante, visqueuse, caillée, huileuse, spongieuse ou boueuse est souvent associée à des textures qui rappellent les fèces, le mucus, les lésions, les entrailles, les serpents et les asticots. La perception de ces sensations serait principalement liée à l'aspect de la cognition, c'est-à-dire, à une association au vécu. C'est d'ailleurs grâce aux capacités cognitives que les êtres humains ont associé certains animaux comme des vecteurs de maladies et de contaminations. Par exemple, les asticots sont considérés comme un vecteur de maladie pouvant se retrouver dans la nourriture. C'est donc au fil du temps que les mentalités diététiques occidentales se sont forgées, selon les connaissances et les expériences vécues.

Le dégoût est aussi modulé par la culture. Il est influencé par l'environnement, l'histoire, la structure de la communauté et les systèmes politico-économiques qui définissent les règles de ce qui est comestible et de ce qui ne l'est pas. Au moyen-âge, on associait faussement les insectes à certaines maladies. On croyait que les araignées absorbaient les poisons et les transmettaient dans la nourriture. On croyait également que les insectes naissaient à partir des tissus de cadavres en décomposition. Au début du 20^e siècle, notre révolte pour les mouches de maison a été intensifiée par des programmes de Services de Santé Publique, qui décrivaient celles-ci comme des mouches insalubres régurgitant sur la nourriture devant le processus de digestion et ce, avant d'ingérer le produit. De quoi les rendre répugnantes !

L'ETHNOCENTRISME : tendance à privilégier les normes et les valeurs de sa propre société pour analyser les autres sociétés.

L'association entre l'entomophagie et le comportement primitif serait également une cause du dédain des Occidentaux. Les pays d'Europe et d'Amérique du Nord n'ont jamais fait face à des conditions climatiques prônant la consommation d'insectes. Autrefois, les Européens dépendaient de la chasse, de l'agriculture et de l'élevage comme mode d'alimentation. Lors de leur débarquement dans les territoires Sud-Américains, les colons constatèrent que les indigènes mangeaient des insectes. Ils considéraient les indigènes comme des êtres primitifs et, par le fait même, l'entomophagie comme une pratique dévalorisante. L'ethnocentrisme des colons aurait contribué au renforcement de cette réticence qui s'est probablement généralisée dans le monde occidental. Encore aujourd'hui, les Occidentaux perçoivent l'entomophagie comme un mécanisme de survie pour les pays du tiers-monde souffrant de famine.

ILS SONT BONS POUR NOTRE SANTÉ !

Une bonne source de protéines

Les insectes sont sans aucun doute une grande source de protéines. Plusieurs ont une composition protéique similaire à celle des poissons (60 à 80 %) tandis que d'autres se rapprochent plutôt de celle du soya (45 à 50 %). Pour 100 grammes de larves, on retrouve en moyenne 53 grammes de protéines, soit deux fois plus de protéines que pour la même quantité de bœuf. En revanche, le

contenu protéiné varie en fonction de l'espèce d'insectes. Ces variations dépendent principalement des stades de vie de l'insecte ainsi que de leur alimentation. Les insectes subissant une métamorphose, telle que les papillons, ont une composition protéique plus faible au stade larvaire. Par exemple chez la *Galleria mellonella* une espèce de papillon, le stade larvaire contient 39 % de protéines alors que la forme adulte en contient 55 %.

Le régime alimentaire peut également influencer les taux de protéines. L'analyse de deux groupes de sauterelles du Nigeria qui étaient nourries de manière différente a montré des variations dans le contenu en protéines. En effet, les sauterelles nourries au son possédaient le double de protéine comparée à celles nourries au maïs. Par contre, la quantité de protéines n'est pas nécessairement garante d'une bonne source protéique. Leur digestibilité présente un facteur important à considérer, puisqu'elle détermine la quantité de protéines réelle disponible. Des études qui analysaient des espèces d'insectes comestibles au Mexique ont démontré que la digestibilité des protéines variait entre 77,9 % et 98,9 % selon l'espèce.

La qualité des protéines est également un facteur important à considérer. Les protéines sont composées d'acides aminés essentiels et non essentiels. Les insectes sont riches en acides aminés essentiels et sont donc une source de protéines de bonne qualité. Plusieurs insectes sont composés de certains acides aminés difficiles à retrouver dans certains environnements et leur consommation contribue à une alimentation complète et équilibrée. Par exemple, les diètes à base de céréales dans certaines régions du monde (République du Congo, Nouvelle-Guinée) ont une

déficience en certains acides aminés, tels que le tryptophane et la lysine. La consommation de larves de la famille des Saturniidae, insectes riches en lysine, permet à leurs consommateurs de compenser cette carence.



© WAGENINGEN UNIVERSITÉ

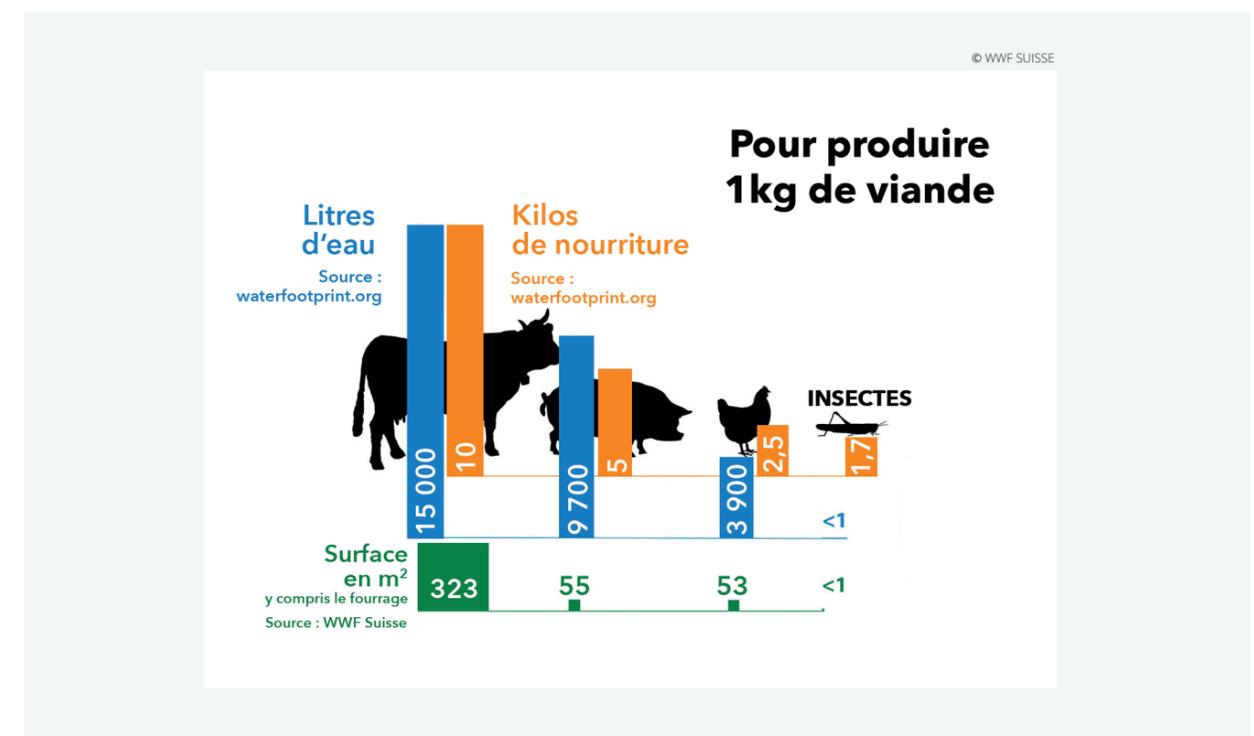
LARVES COMESTIBLES *BUNAEA ALCINOE*

PETITES PATTES, PETITE EMPREINTE ÉCOLOGIQUE !

Une diminution de la consommation d'eau

Dans plusieurs pays industrialisés, le bétail et le poisson constituent les sources principales de protéines. Les élevages à grande échelle nécessitent de grandes superficies de terres agricoles et des sources alimentaires issues de l'agriculture afin de nourrir le bétail ou le poisson.

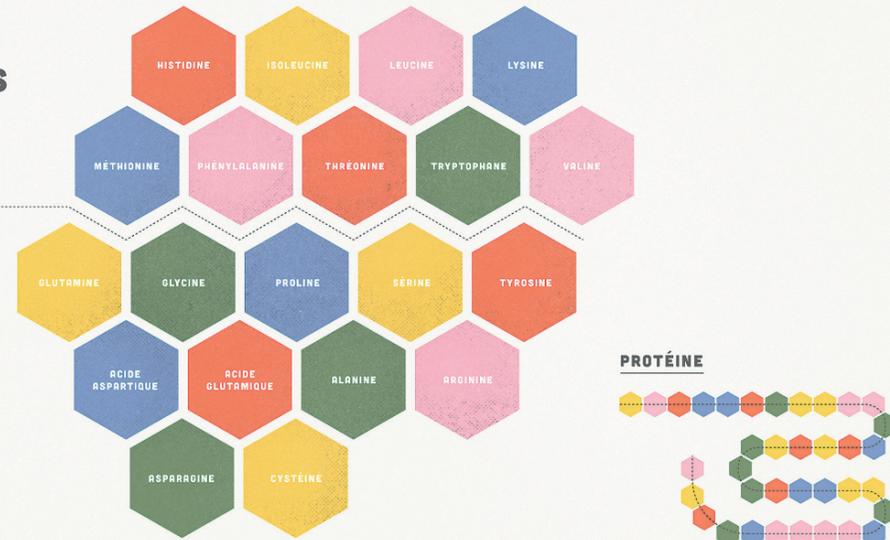
Les insectes ont des cycles de vie courts, un taux de reproduction très élevé et de grandes tailles de population. Ces



ACIDES AMINÉS

ESSENTIELS

NON ESSENTIELS



QU'EST-CE QU'UNE PROTÉINE ?

Une protéine est une molécule composée d'une série d'acides aminés ayant des fonctions diverses dans les cellules. Si l'ADN représente l'information de la cellule, les protéines représentent quant à elles, les outils qui permettent à la cellule d'effectuer ces tâches, de communiquer et de répondre à des signaux externes. Les acides aminés qui composent les protéines peuvent être divisés en deux catégories : les acides aminés essentiels et non essentiels. Les acides aminés essentiels sont ceux dont la cellule est incapable de synthétiser par elle-même. Parmi les 22 acides aminés, l'humain ne peut synthétiser 8 d'entre eux, ceux qu'on appelle « essentiels ». Nous devons donc combler ce manque à partir des produits alimentaires.

Dans l'alimentation, les protéines comme les glucides et les lipides font partie des trois groupes de macronutriments. Ils représentent des sources d'énergie essentielles au bon fonctionnement de l'organisme. Un homme de taille moyenne doit normalement consommer approximativement 70 grammes de protéines quotidiennement. Cependant, la qualité des protéines consommées ainsi que la composition en acides aminés représentent d'importants facteurs à considérer pour évaluer une source protéique. Par exemple, la viande représente une excellente source protéique par sa capacité de fournir les teneurs en protéines et en acides aminés essentiels. Les sources protéiques d'origine végétale ont aussi une bonne teneur en protéines, mais la plupart contiennent très peu d'acides aminés essentiels pour être considérés comme une source complète.

caractéristiques permettent des élevages ne nécessitant pas de grandes superficies. De plus, l'élevage peut aussi se faire en milieu urbain, ce qui permet de réduire non seulement l'usage d'espaces agricoles, mais également le transport des produits vers les marchés cibles.

En plus d'être une excellente source de protéines, l'élevage d'insectes nécessite beaucoup moins d'eau : pour 10 grammes de bœuf, environ 430 litres d'eau sont nécessaires alors que 10 grammes de grillons nécessitent seulement 28 litres d'eau. L'eau utilisée à des fins agricoles serait l'équivalent de 70 % de toute l'eau douce mondiale. Selon

Entomo Farms, une compagnie ontarienne faisant l'élevage d'insectes à des fins comestibles, si une famille sur quatre remplaçait les protéines animales par des aliments à base d'insectes pour seulement un repas par semaine, cela permettrait de sauver jusqu'à 650 000 litres d'eau par année.

Une diminution des gaz à effets de serre

Le réchauffement climatique est en partie dû à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre relâchés dans l'atmosphère. L'élevage du bétail participe à 18 % de ces émissions de gaz. Les gaz émis par le bétail sont nombreux, mais l'oxyde de diazote et le méthane sont parmi les plus

dommageables. Ceux-ci contribuent d'ailleurs à 65 % des émissions globales de gaz à effet de serre. Mis à part le termitte et le cafard, très peu d'espèces d'insectes émetteurs de méthane ont été identifiées. Une production d'insectes amènerait jusqu'à 100 fois moins d'émissions de gaz à effet de serre que l'élevage de porc ou de bœuf.

UNE INDUSTRIE EN PLEIN FOURMILLEMENT

On observe aujourd'hui un intérêt grandissant pour ce type de régime chez les Occidentaux. Au Québec, il existe plusieurs entreprises spécialisées dans la transformation et la vente d'insectes comestibles. Parmi celles-ci, la compagnie Montréalaise Nàak se démarque en se spécialisant dans la production de barres protéinées à base de grillons. Ces barres ciblent principalement les sportifs qui veulent augmenter leur apport en protéines. L'entreprise Virebebittes, située en Estrie, est une ferme qui fait plutôt l'élevage de grillons et de vers de farine dans le but de les transformer en poudres protéinées. La compagnie Tottem nutrition met l'accent sur le goût des insectes plutôt que leur valeur nutritive. Elle préfère exploiter le ténébrion meunier plutôt que le grillon, puisqu'il apporte des notes de noisettes et de vanille. M. Hébert, représentant en vente et opérations de la compagnie Tottem nutrition, affirme qu'il existe beaucoup de saveurs d'insectes comestibles non-commercialisées. Leur industrie vise donc à promouvoir la découverte et les multiples possibilités qu'offre l'entomophagie.

Or, tenter de convaincre les Occidentaux de devenir entomophages ne semble pas être une mince tâche. Les médias et les politiciens tentent de convaincre la population en usant de stratégies éducatives et même culpabilisantes en insistant sur le fait que d'ici 2050, la population atteindra 9 milliards d'habitants et que nous n'aurons pas assez de nourriture pour répondre à la demande mondiale. Ces stratégies sont loin d'avoir leurs effets escomptés. Ophelia Deroy, chercheuse à l'Université de Londres indique que pour surmonter le dégoût et la peur, il est primordial de convaincre les consommateurs que les insectes sont bons, attrayants, intéressants à cuisiner et faciles à intégrer dans nos recettes. Elle va jusqu'à dire que nous devrions cesser d'utiliser le terme trop général d'insectes. Après tout, nous ne mangeons pas des mammifères et des oiseaux, nous mangeons du bœuf et du poulet. Alors quand retrouverons-nous dans nos menus des criquets Général Tao, des tacos de larves, des Pad Thaïs aux sauterelles et de la crème pâtissière aux œufs de drosophiles ?



COQUILLES AUX INSECTES
PAR L'ENTREPRISE TOTTEM NUTRITION



POUDRE D'INSECTES ET CAROUBE
PAR L'ENTREPRISE TOTTEM NUTRITION

La dé-extinction: l'art de ramener les espèces éteintes à la vie

Texte : Marianne Bessette, Julien Labrie
Mathieu Lemieux, Genève Perron-Deshaies



© JHURINGTONPOST.FR

Les biologistes de toutes nationalités s'entendent pour que la diversité biologique, soit le nombre d'espèces sur la planète, est en déclin. Le taux d'extinction actuel serait le plus élevé des 65 millions d'années passées. Si l'ampleur du phénomène permet de parler d'une véritable crise de la biodiversité, selon certains auteurs, nous serions d'ores et déjà dans la sixième extinction de masse de l'histoire. La dernière, rappelons-le, a vu l'extinction des dinosaures avec la fin de la période géologique du Crétacé. Cette nouvelle vague d'extinction, commencée il y a plusieurs siècles, serait principalement causée par l'activité humaine.

Ce n'est pas seulement le rythme actuel des extinctions qui inquiète. L'extinction des espèces est *a priori* un processus normal découlant du principe de la sélection naturelle et lié au phénomène de spéciation, c'est-à-dire l'apparition de nouvelles espèces biologiques. Or, la perte d'habitat liée à l'activité humaine mènerait plutôt à une extinction sans contrepartie. La destruction et la fragmentation de l'habitat, ainsi que la pollution et la surexploitation des espèces sont les principales causes identifiées de la perte de la biodiversité.

Pour contrer ce phénomène, plusieurs initiatives de conservation ont été mises en place dans la foulée d'une prise de

conscience planétaire. En plus des mesures législatives, plusieurs espèces font maintenant l'objet de plans de gestion visant leur rétablissement. Malgré ces efforts, le nombre d'espèces en péril ne cesse d'augmenter, ici comme ailleurs dans le monde. Les autorités et les scientifiques peinent actuellement à mettre en œuvre les plans de gestion déjà en place, pourtant bien timides par rapport aux besoins réels. Au Canada, 15 ans après l'adoption de la loi sur les espèces en péril en 2002 et malgré quelques succès comme le rétablissement du faucon pèlerin, certains chercheurs n'hésitent pas à livrer un constat d'échec.

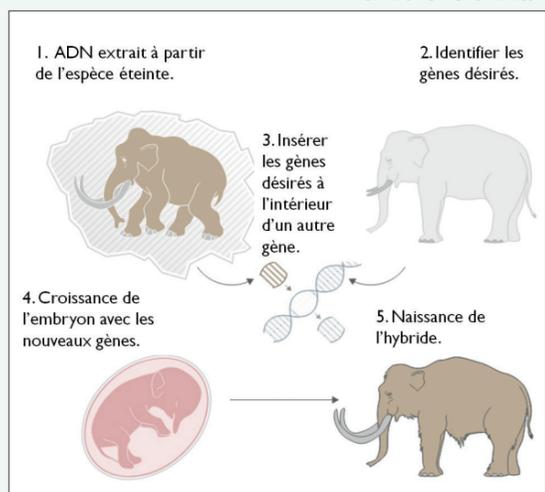
Le débat sur la crise de la biodiversité a pris une tournure pour le moins inattendue lorsque s'est récemment présenté la possibilité de faire renaître des espèces pourtant bel et bien disparues. La dé-extinction consiste à reproduire des individus issus d'une espèce éteinte à partir de cellules ou de matériel génétique conservé ou reconstitué, menant ultimement à leur réintroduction en milieu naturel. Ce sont de récentes avancées en biotechnologie qui font entretenir cet espoir et bien qu'à l'heure actuelle la dé-extinction ne fasse pas encore partie du coffre à outils des spécialistes de la conservation, un certain nombre de projets sont néanmoins en cours. Présentée comme un moyen de renverser la vapeur, cette « version 2.0 » de la conservation pourrait,



© MCGOVERN INSTITUTE FOR BRAIN RESEARCH AT MIT

CRISPR-CAS9

Découvert il y a peu de temps, le complexe CRISPR-Cas9 a révolutionné les techniques d'édition génétique. Il est composé d'une molécule qui peut couper à l'intérieur de l'ADN, et d'une séquence guide pour la mener au gène qu'on souhaite modifier. Cette séquence permet de cibler directement une section du code génétique. Avant sa découverte, il était impossible de viser une section précise de l'ADN. C'est là tout l'intérêt de l'outil, qui ouvre des tonnes de possibilités aux scientifiques qui travaillent en manipulation génétique !



L'ÉDITION DU GÉROME

MODIFIÉ © INSTINCTFORFILM.COM

dans un avenir rapproché, profondément changer l'idée que l'on se fait actuellement de la conservation des espèces.

LES TECHNIQUES IMPLIQUÉES

C'est la révolution CRISPR-Cas9 qui rend envisageable la modification génétique d'espèces vivantes. Cette biotechnologie d'édition du génome vise à intégrer certains gènes d'un animal éteint dans le code génétique d'un proche parent. Les génomes de l'animal à recréer et de son cousin sont donc séquencés et comparés, puis les gènes correspondant de l'animal hôte sont remplacés par ceux de l'animal éteint. Comme il y a plusieurs différences et qu'il n'est pas réaliste de modifier tous les gènes qui varient d'une espèce à l'autre, l'édition du génome se concentre sur ceux qui apportent une différence phénotypique, soit les traits physiques, à l'animal. L'édition du génome s'ajoute au rétrocroisement et au clonage comme technique de dé-extinction.

Le rétrocroisement est une technique qui ne demande pas de manipulation génétique à proprement parler. Il permet de ramener des traits ancestraux par le croisement d'individus d'une espèce qui présente les caractères physiques et habitudes de vie de leurs ancêtres disparus. Ils doivent aussi pouvoir se reproduire dans la nature sans l'intervention de l'homme. Une des contraintes de cette méthode est qu'elle nécessite un proche parent encore vivant de l'espèce éteinte partageant les traits recherchés.

Le clonage consiste à injecter le noyau d'une cellule de l'animal à cloner dans un ovule dont le noyau a été retiré. À la suite de l'implantation du noyau, l'ovule deviendra une cellule souche capable de se développer comme un embryon. Cet embryon est ensuite implanté dans une mère porteuse d'une espèce génétiquement proche. Le nouveau-né sera une copie exacte du donneur de noyau.

LES LIMITES DES BIOTECHNOLOGIES

D'après le paléontologue Jordan Mallon du Musée canadien de la Nature en Ontario, l'indisponibilité de l'ADN nous oblige à écarter les dinosaures de la dé-extinction. Nous devons donc renoncer à revivre un jour le succès de Jurassic Park hors du monde cinématographique. Lorsqu'il est question de dé-extinction, il faut plutôt s'orienter vers des espèces où l'ADN est disponible et encore utilisable. Cela englobe les espèces qui se sont éteintes il y a 10 000 ans et moins. La conservation des tissus à de basses températures est primordiale pour assurer une qualité d'ADN optimale pour la dé-extinction. Malheureusement, le prélèvement de tissus et la congélation de ces échantillons n'était pas systématique au début du 20^e siècle. L'accès à ces tissus se limite donc aux espèces qui se sont éteintes il y a 20 ou 30 ans. Au-delà de cette échelle de temps, le prélèvement chez des spécimens de musée semble être la meilleure option. Pour les espèces éteintes il y a 10 000 ans, la conservation de spécimen dans

le pergélisol représente une source d'ADN possiblement utilisable.

LES PROJETS EN COURS

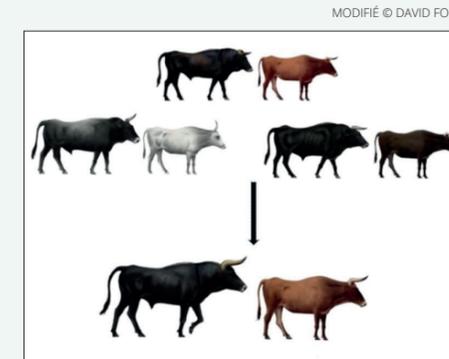
Dans les dernières années, de nombreux projets de dé-extinction touchant une grande variété d'espèces ont débutés. Beaucoup d'espèces éteintes captent l'attention des scientifiques, qui souhaitent les voir réintroduites dans leur environnement. Un des projets les plus spectaculaires est celui du mammouth laineux (*Mammuthus primigenius*). Une grande équipe au laboratoire de George M. Church de l'Université Harvard, en collaboration avec l'organisme Revive and Restore en Californie, tente présentement de recréer ce pachyderme éteint depuis plusieurs milliers d'années. Ils ont séquencé le génome du mammouth à partir de carcasses récupérées du pergélisol pour le comparer avec celui de l'éléphant d'Asie, son plus proche parent. Ils ont ensuite identifié une soixantaine de gènes clés dans la résistance au froid. Ils tentent maintenant de modifier des cellules d'éléphant d'Asie pour y introduire ces gènes. La faisabilité du projet ne fait cependant pas l'unanimité. Lorsque interrogée sur le sujet, Claire Bénard, spécialiste en neurobiologie cellulaire et moléculaire à l'Université du Québec à Montréal (UQÀM), a souligné l'importance de l'environnement dans l'expression des gènes et s'est demandé : « En changeant 60 gènes, est-ce qu'on va vraiment arriver à avoir une espèce vivante et résistante [au froid] ? » Ceci étant dit, pour Mme Bénard, une réussite de dé-extinction représenterait une vraie preuve de nos connaissances et de notre compréhension du modèle animal.

Pourquoi cet intérêt pour le mammouth ? Les scientifiques de Revive & Restore qui travaillent sur le projet voient en cet animal un outil de lutte contre les changements climatiques. L'écrasement de la neige sous les pattes du mammouth permettrait au froid de l'hiver de pénétrer plus profondément dans le sol et de le geler davantage. De plus, les mammouths fertiliseraient le sol de leurs excréments, permettant à des plantes comme des hautes-herbes de pousser. Celles-ci protégeraient le sol du soleil pendant l'été. Ces deux critères permettraient de ralentir la fonte du pergélisol et réduire les émissions de gaz à effet de serre qui l'accompagnent.

Cette hypothèse est présentement mise à l'essai par l'équipe de Sergey Zimov avec le projet du parc Pleistocene en Sibérie, où cinq espèces de grands herbivores ont été introduites dans un climat arctique. Ce projet se définit comme une tentative de création de steppe-toundra, un environnement disparu en même temps que les mammouths. Il s'agirait d'une étude préalable à la réintroduction du mammouth laineux.

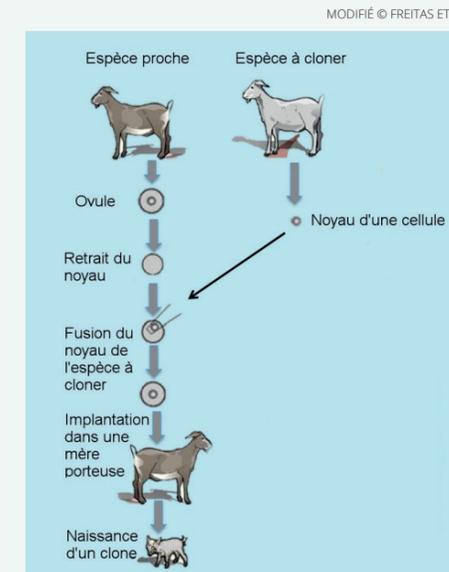
UNE RÉFLEXION S'IMPOSE

Après avoir pris connaissance des avancées de la dé-extinction jusqu'à ce jour, il est maintenant temps d'aller plus loin et de réfléchir à la mise en application de tels projets. À l'heure actuelle, les gouvernements n'ont pas légiféré sur le sujet. De plus, cette prise de conscience s'articule autour de plusieurs enjeux éthiques. L'idée de faire renaître des espèces disparues vient confronter nos valeurs



MODIFIÉ © DAVID FOIDL

LE RÉTROCROISEMENT



MODIFIÉ © FREITAS ET AL

LE CLONAGE



© KEVIN CATALAN

L'AUROCH

L'auroch (*Bos taurus primigenius*), une espèce de la famille des Bovidés, peuplait l'Afrique du Nord, l'Asie et l'Europe il y a 2000 ans. Les dernières populations sauvages se sont éteintes vers 1627. Aujourd'hui, le programme Rewilding Europe, débuté en 2008, promet de ressusciter l'auroch grâce au rétrocroisement. Ses traits sont encore présents chez plusieurs espèces de bovins européens modernes. En croisant ces individus et en sélectionnant le phénotype voulu, il serait possible de réintroduire des individus sauvages en Europe ayant une génétique proche de leur ancêtre.



© PIERRE COMMENVILLE

LE BOUQUETIN DES PYRÉNÉES, UNE TENTATIVE DE DÉ-EXTINCTION

Le clonage dans le but de ressusciter une espèce éteinte a déjà été tenté chez le bouquetin des Pyrénées (*Capra pyrenaica pyrenaica*). Des cellules de peau ont d'abord été prélevées chez le dernier individu encore vivant en 1999. La reconstruction d'embryons a été réalisée après son décès. Ces derniers ont été transplantés chez des bouquetins d'Espagne (*Capra pyrenaica*). Parmi les 57 femelles qui ont reçu un embryon, une seule a pu atteindre le terme de sa gestation. Le nouveau-né n'a survécu que 7 minutes, souffrant d'une malformation pulmonaire. Ce triste destin fait du bouquetin des Pyrénées la première espèce à s'éteindre à deux reprises !

par rapport à ce qui est acceptable et ce qui ne l'est pas. Traditionnellement, l'anthropocentrisme dominait les théories éthiques. Selon Aldo Léopold, un écologiste américain ayant influencé l'éthique environnementale moderne, « l'intervention humaine est la bonne chose à faire lorsqu'elle tend à préserver l'intégrité, la stabilité et la beauté de la communauté biotique ». Alors, quelle sera la méthode de priorisation des espèces en danger ? Est-ce que les hybrides issus de la dé-extinction pourront être brevetés au même titre que les organismes génétiquement modifiés (OGM) ? Combien coûtera le maintien de ces espèces une fois réintroduites ? Ce sont tous des enjeux auxquelles nous devons répondre.

« La dé-extinction, c'est juste un step plus loin. »

- Pierre Drapeau

POUR EN REVENIR À LA CONSERVATION

Selon Pierre Drapeau, professeur au Département des sciences biologiques à l'UQÀM et travaillant dans le domaine de la conservation, « la dé-extinction, c'est juste un step plus loin ». Selon lui, impliqué depuis plusieurs années dans la conservation du caribou forestier, les biologistes qui travaillent dans le domaine doivent déjà composer avec un nombre limité d'individus ayant un pool génétique restreint, ce qui se rapproche grandement de la dé-extinction. Au-delà des grands défis technologiques qui sont mis en œuvre pour ramener des individus d'espèces disparues, le grand défi sera de construire des populations capables de s'auto-entretenir en milieu naturel. Selon Pierre Drapeau, à moins que l'on « vive la situation du freakshow [où] nos jardins zoologiques deviennent des lieux de spectacle », ces espèces seront en quelque sorte « sur le respirateur artificiel ».

Le chercheur Joseph R. Bennett de l'Université Carleton à Ottawa et ses collègues ont produit un article en 2017 sur l'impact de la réintroduction et du maintien d'une population en milieu naturel. Ils ont travaillé sur un protocole de priorisation des espèces ayant les meilleures chances de survie. Leur modèle permet de soupeser les coûts en fonction des chances de succès sur le long terme, pour favoriser l'utilisation responsable de ressources limitées. Ces chercheurs ont démontré que l'investissement privé permet de sauver davantage d'espèces que l'aide gouvernementale à elle seule. Habituellement, la dé-extinction est subventionnée à même les fonds privés et les fonds de recherches dédiés aux biotechnologies. Les plans de gestion et de conservation des espèces menacées sont, quant à eux, subventionnés majoritairement par les gouvernements. Ainsi, lorsqu'un projet de dé-extinction est mis sur pied, ces chercheurs proposent qu'une partie des fonds privés soient aussi dédiés à la pérennité des populations dans les écosystèmes.

LES ÉCUEILS DE LA RÉINTRODUCTION EN MILIEU NATUREL

Il existe un risque bien réel de banalisation de l'extinction des espèces, nourrie avec l'idée que celles-ci pourraient être

réintroduites au moment voulu. Cette assomption ne serait pas gagnée d'avance et il est pertinent de mettre en lumière certaines des difficultés rencontrées. En outre, les critiques de la dé-extinction tiennent à nous rappeler qu'une espèce ne se définit pas uniquement par son génome. Dans certains cas la transmission de comportements par les congénères, par exemple le comportement migratoire, s'avère perdue avec l'extinction de l'espèce.

Des voix se lèvent également pour souligner le rôle central joué par l'habitat. Si la surexploitation est la première image qui nous vient en tête lorsque l'on pense aux espèces menacées, l'extinction des espèces serait davantage liée à la perte d'habitat, sa fragmentation et son altération. L'expansion de la population humaine et l'intensification de ses activités en sont la cause immédiate. Le réchauffement planétaire global et les changements climatiques qui y sont associés viendraient accentuer le phénomène. Ainsi, si les conditions environnementales de l'aire de distribution historique de l'espèce ont considérablement changées, sa réintroduction pourrait potentiellement en faire une espèce envahissante, ou tout simplement vouée... à la ré-extinction !

UNE HISTOIRE DU PASSÉ SOUS FORME VIVANTE

Il est démontré que la perte de biodiversité a des impacts importants sur la qualité de vie et la santé humaine. La conscience du public et la couverture médiatique par rapport à la perte de biodiversité reste pourtant faible en comparaison de celle portant sur le climat. Il ne fait cependant aucun doute pour les écologistes de la conservation qu'il faille s'attarder aux causes de l'extinction avant de considérer la dé-extinction comme une option viable. Dans bien des cas, cela implique de remédier à la dégradation et la perte d'habitat.

Ce n'est sans doute pas demain la veille que nous verrons un mammouth dans la toundra. Pour l'instant, une prise de conscience et des actions concrètes sur la conservation des espèces doivent avoir lieu si nous ne voulons pas que dans l'avenir, les biologistes n'aient d'autre choix que de se tourner vers les collections des musées d'histoire naturelles pour y trouver les espèces à conserver. Pour reprendre les mots du philosophe et éthicien Holmes Rolston, « Une espèce est une histoire du passé sous forme vivante. ».



© LA SCIENCE EN IMAGE



© SMITH BENNETT

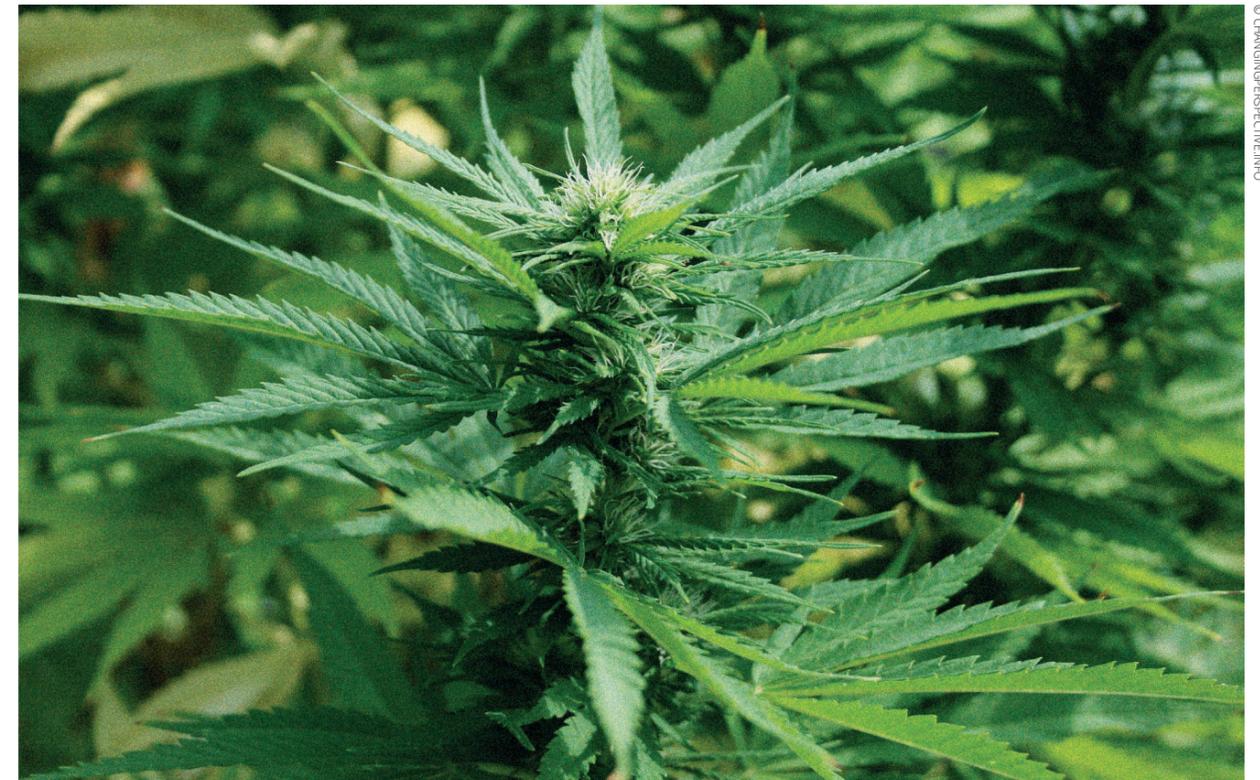
LA TOURTE VOYAGEUSE ET LA TRANSMISSION DES COMPORTEMENTS ACQUIS

La tourte voyageuse, aussi appelée pigeon migrateur, est un exemple patent d'extinction liée à la surexploitation humaine. Au début du 19^e siècle, plusieurs milliards d'individus occupent une aire de répartition au centre et à l'est de l'Amérique du Nord, incluant une partie du sud du Canada et du Québec. La mort en captivité du dernier représentant de son espèce a été signalée en 1914, soit moins d'un siècle après les plus grandes populations d'oiseaux observées au monde. La restauration éventuelle du pigeon migrateur est un autre projet phare de *Revive & restore*, l'organisme californien derrière les initiatives de restauration du mammouth laineux. Mais comment transmettre aux premiers individus, fondateurs de la nouvelle lignée, les comportements autrefois appris des congénères ? La solution envisagée : conditionner d'abord des individus d'une espèce apparentée, le pigeon biset, à reproduire le comportement nidicole et migrateur historique de la tourte voyageuse. On utiliserait ensuite des couples qui agiraient comme parents adoptifs pour transmettre à la première génération et aux suivantes les comportements migratoires caractéristiques de l'espèce. Certains scientifiques émettent des réserves quant à la faisabilité du projet.

Le cannabis: de la récréation à la médication

Texte : Karim Berraja, Maxime Fraser Franco
Éric Guimond-Lanteigne, Jules McCabe-Leroux

Jean-Guy est au travail en pause dîner. Il sort dans le stationnement et s'allume un joint pour soulager ses maux de dos chroniques. Son employeur l'interpelle à son retour de pause pour lui signaler qu'il est interdit de fumer du cannabis au travail, mais Jean-Guy lui explique que c'est la drogue que son médecin lui a prescrit pour soulager ses maux. Ainsi, l'employeur devrait-il empêcher Jean-Guy de consommer sa médication au travail ? L'empêcherait-il s'il s'agissait de médicaments opioïdes sous forme de comprimé ? Bref, Jean-Guy se pose plusieurs questions relatives aux implications de sa consommation de cannabis médical !



© CHANGINGPERSPECTIVE.INFO

Lorsqu'on parle de cannabis, il n'est pas étonnant de penser rapidement à son usage récréatif. Au Canada, le cannabis est la substance illicite la plus consommée. Une enquête réalisée par Statistiques Canada recense 3.6 millions de consommateurs en 2015. Au Québec, la tendance est la même, et on observe une augmentation notable des consommateurs en 2015 par rapport à 2008 pour les groupes d'âge situés entre 18-24 ans et entre 25-44 ans. Le projet de loi C-45 (Loi sur le cannabis) du gouvernement Trudeau sera appliqué vers la fin de l'été 2018, et permettra aux Canadiens d'avoir accès légalement à du cannabis pour usage personnel, en plus de contrôler et régler sa production, sa distribution, et sa vente. De nombreux impacts positifs sont anticipés, tels que les bénéfices économiques que la taxation du produit engendrerait (400 millions de dollars annuels), un contrôle de la qualité, ou encore la baisse anticipée des activités liées au crime organisé. Cependant, la légalisation soulève plusieurs questions et inquiétudes d'ordre social quant à l'utilisation de la drogue. En effet, plusieurs experts s'inquiètent quant à l'utilisation que certains en feront au

volant, dans les endroits publics et au travail, ainsi que les effets de la fumée secondaire.

De ce fait, l'enjeu de la légalisation est loin de faire l'unanimité au Canada, le Québec étant la province pour laquelle la réticence est la plus marquée (54 % des gens défavorables) selon un sondage CROP/Radio Canada. Dans la province, près du tiers des personnes sont « très défavorables » au projet de loi. Un point important évoqué est celui des potentiels coûts économiques liés à la santé publique. Les adolescents sont le groupe d'âge le plus sensible à la consommation, notamment parce qu'ils sont plus susceptibles de développer des troubles psychologiques. C'est cette inquiétude qui serait la plus prononcée chez les Québécois selon Alain Giguère, président de CROP. Or, il est à noter qu'une augmentation non significative de la proportion des jeunes consommateurs (15 à 17 ans) sur l'ensemble de ceux-ci a été observée entre 2008 à 2015 (30.2 % à 31 %) par une étude de l'INSPQ. De plus, la fréquence de consommation des consommateurs québécois a diminuée de

2008 à 2015. En effet, 52 % des individus fument maintenant moins d'une fois par mois, alors qu'en 2008 plus de 60 % affirmaient consommer plus d'une fois par mois. Toutefois, ces fumeurs récréatifs ne sont pas seuls, d'autres, comme Jean-Guy, fument pour des raisons médicales !



© TVANOUVELLES.CA

À travers le monde, l'usage médical du cannabis est légalisé ou décriminalisé dans plusieurs pays dont l'Allemagne, l'Uruguay, certains états des États-Unis, la Finlande, la France, l'Italie, les Pays-Bas, parmi d'autres, et le Canada n'y fait pas exception ! C'est en 2001 que Santé Canada autorise l'utilisation du cannabis à des fins thérapeutiques par l'adoption du Règlement sur l'accès à la marijuana à des fins médicales (RMFM). Celui-ci vise à créer des conditions de production et de distribution permettant aux Canadiens en ayant besoin pour des raisons médicales d'avoir accès à un produit de qualité, respectant les normes de sécurité et de salubrité. Cependant, c'est uniquement le cannabis séché qu'il est possible de se procurer. À la Cour Suprême en 2015, coup de théâtre : l'accès uniquement au cannabis

séché est déclaré inconstitutionnel, les citoyens autorisés par leur praticien de la santé peuvent désormais transformer leur drogue et la consommer sous toutes ses formes. Depuis cette modification, les Canadiens auraient dépensé en 2017, selon Statistiques Canada, près de 570 millions de dollars en cannabis médical et ses dérivés !

Toutefois, le cannabis n'est toujours pas considéré comme un médicament au Québec, ni au Canada. Luc Boileau, président-directeur général de l'Institut National d'Excellence en Santé et en Services Sociaux (INESS), explique que pour qu'un produit (technologie, comprimé, etc) soit considéré comme un médicament, celui-ci doit être homologué par Santé Canada afin qu'il puisse être utilisé dans le marché canadien. L'INESS est ensuite responsable de déterminer s'il atteindra le marché québécois. Le rôle de l'institut est d'évaluer avec des analyses coûts-bénéfices le coût du traitement en question en comparaison avec celui d'autres disponibles, et de trancher s'il y a rentabilité ou non. Ces évaluations sont soumises à un nombre défini de critères, la valeur thérapeutique étant le principal. Les études cliniques sur lesquelles ces évaluations sont basées doivent faire preuve de l'efficacité et de la sécurité du produit. Si les critères sont respectés, et la sécurité et l'efficacité démontrées, l'INESS accepte le produit comme médicament et soumettra sa recommandation auprès du ministre de la Santé. Le prix du produit est ensuite déterminé et ce dernier est par la suite inscrit sur la Liste des médicaments du régime général d'assurance médicaments et la Liste des médicaments - Établissements, et oblige les régimes d'assurance collective et privée à rembourser le médicament. Ainsi, M. Boileau affirme que le problème avec le cannabis « est que son efficacité a été démontrée, mais il est impossible de prouver sa sécurité ». En effet, le cannabis séché contient de nombreux composés chimiques, dont le THC, pour lesquels il est impossible d'établir une concentration exacte. Celle-ci peut-être hautement

variable due à une multitude de facteurs liés à la variété de la plante et aux conditions de production.



Les serres Hydroponicary, le seul producteur de cannabis autorisé au Québec, situées dans la région de Gatineau.

QUELS SONT LES COMPOSÉS CHIMIQUES DANS LE CANNABIS ?

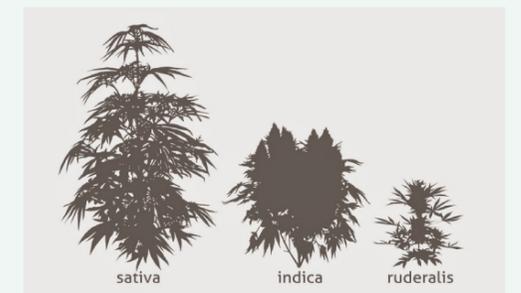
Le cannabis contient plus de 489 composés distincts dont plus de 70 sont des phytocannabinoïdes, contribuant aux propriétés pharmacologiques et toxicologiques de la plante. Les phytocannabinoïdes, provenant des plantes, agissent sur l'organisme de manière similaire aux endocannabinoïdes, produits par le corps. Ils se lient aux récepteurs cannabinoïdes (CB1 et CB2), présents dans le système nerveux central et périphérique. Les endocannabinoïdes et les récepteurs cannabinoïdes forment le système endocannabinoïde, qui joue un rôle important dans la régulation de l'appétit, la perception des informations sensorielles et celles relatives à la douleur, ainsi que dans la coordination des mouvements.

Les principaux phytocannabinoïdes du cannabis sont le delta-9-tétrahydrocannabinol (THC), le cannabinoïde (CBN) et le cannabidiol (CBD). Les cannabinoïdes peuvent être inactifs, actifs sans effet psychoactif (CBD) ou psychoactif (THC et CBN). L'effet psychoactif découle de la liaison du THC aux récepteurs CB1 et CB2, celle-ci provoquant des effets psychologiques et comportementaux. Le CBN, ayant des effets similaires, est cependant moins puissant que le THC. Le CBD, quant à lui, ne possède pas d'effet psychoactif et diminue certains effets secondaires du THC, tels que l'anxiété. Selon Santé Canada, le CBD renferme des propriétés neuroprotectrices, analgésiques, sédatives, antiémétiques, antispasmodiques et anti-inflammatoires.

QUELS SONT LES FACTEURS INFLUENÇANT L'EFFET DES CANNABINOÏDES LORS DE LA CONSOMMATION ?

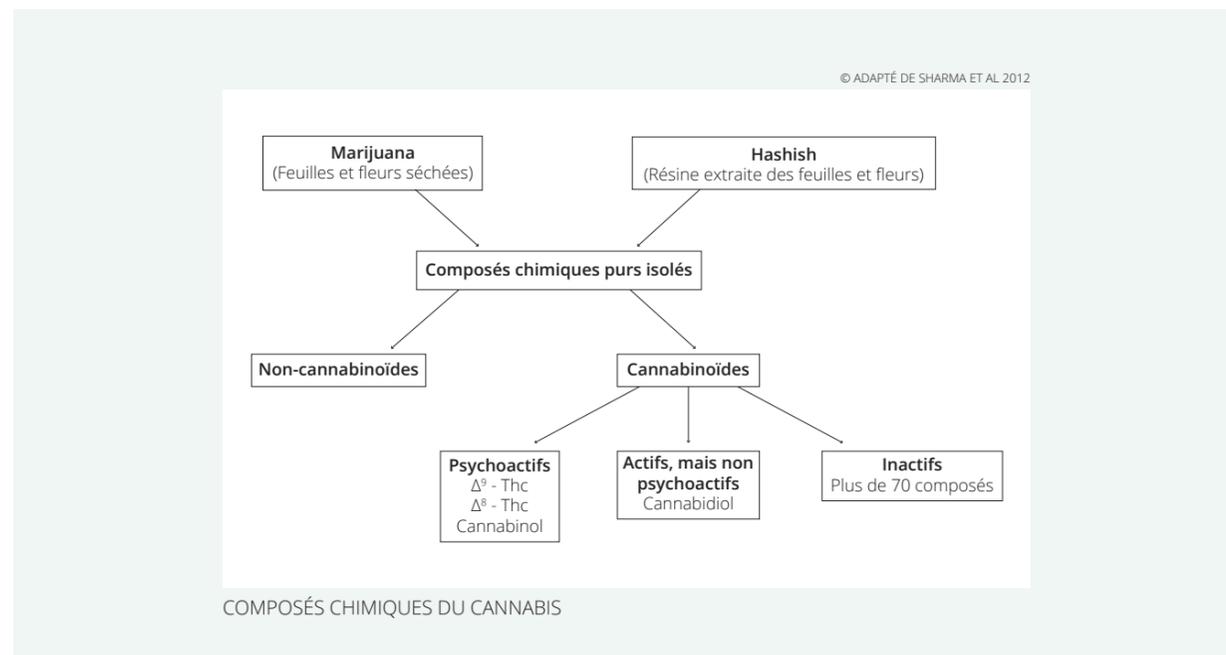
L'effet des cannabinoïdes varie selon le rapport des différents cannabinoïdes, en particulier le rapport THC : CBD, selon la variation de la fréquence, de la quantité, de la durée, et de la méthode de consommation du cannabis. L'effet peut aussi varier selon les changements neuroadaptatifs qui se

© SEAFOODNET.INFO



UNE LONGUE HISTOIRE

La marijuana désigne la plante annuelle du genre *Cannabis*, faisant partie de la famille des Cannabacées. Dans une perspective polytypique, le genre *Cannabis* regrouperait un ensemble de trois espèces (*Cannabis sativa* L. (est de l'Europe), *Cannabis indica* Lam. (Est de l'Asie), *Cannabis ruderalis* (Asie centrale)) originaires d'Eurasie, croissant dans des climats tropicaux à tempérés. Aujourd'hui, son aire de distribution s'étend dans la majorité des continents à travers le globe. La culture du cannabis remonterait à plus de 10 000 ans dans l'histoire de l'homme, les espèces étant employées en fonction de leurs composantes phytochimiques. Par exemple, *Cannabis sativa* est employé pour ses hauts niveaux de fibres dans l'industrie du textile et de la construction, alors que *Cannabis indica* est plutôt utilisée pour ses effets psychotropes, notamment à cause de ses hautes concentrations en THC. À travers l'histoire, la sélection et l'hybridation entre espèces a mené à de nombreuses variétés, et contribué à augmenter significativement la concentration en THC. Par ailleurs, les cannabinoïdes auraient pour fonction de défendre la plante contre les herbivores dans la nature.



LA RÉCRÉATION EST TERMINÉE

Mais attention ! Bien que l'utilisation du cannabis à des fins thérapeutiques soit bien contrôlée, une utilisation abusive à des fins récréatives présente tout de même certains dangers. Plusieurs troubles psychologiques peuvent être provoqués par une utilisation incontrôlée : des troubles anxieux, des syndromes amotivationnels ou encore des troubles psychotiques. En effet, il semblerait que des sujets ayant un caractère vulnérable, notamment, une pré-disposition génétique, pourraient développer des troubles psychotiques de toutes sortes, plus particulièrement les adolescents. Certains troubles de nature somatique peuvent être liés également à une utilisation accrue, une augmentation de l'émergence de cancers broncho-pulmonaires principalement, un joint générant plus de goudron qu'une cigarette conventionnelle. Une utilisation chronique pourrait aussi avoir un impact sur la mémoire à court terme, l'attention et le temps de réaction des utilisateurs. Finalement, une consommation de cannabis peut accentuer certains troubles schizophréniques et dépressifs tout en créant une possible dépendance, contrairement à la croyance populaire !



Dr. Mark Ware, spécialiste de la douleur et chercheur en cannabis médical de renommée mondiale, directeur de la recherche clinique au Alan Edwards Pain Management Unit of the McGill University Health Center.

produisent en relation avec la tolérance, le sevrage et la dépendance. La tolérance au cannabis est liée à l'humeur, aux performances psychomotrices, au sommeil, à la pression artérielle, à la température corporelle et aux propriétés antiémétiques.

COMMENT LE THC EST-IL MÉTABOLISÉ ET QUELS SONT SES EFFETS ?

La distribution du THC, qui est très liposoluble, débute immédiatement après l'absorption par les tissus adipeux et les organes hautement perfusés tels que le cerveau, le cœur, les poumons et le foie. Le niveau de THC diminue rapidement après la consommation, mais des traces peuvent être décelées durant quelques semaines chez les consommateurs chroniques. L'excrétion biliaire est la principale voie d'élimination du THC et de ses métabolites, étant excrétés dans les fèces et l'urine.

Le métabolisme des cannabinoïdes se produit dans le foie par hydroxylation microsomale et oxydation catalysée par des enzymes du complexe cytochrome P450. Les principaux métabolites initiaux du THC sont le 11-nor-9-carboxy Δ^9 -THC inactif (THC-COOH) et le 11-hydroxy Δ^9 -THC actif. Le 11-hydroxy Δ^9 -THC est donc le métabolite responsable des effets psychotropes du cannabis.

Les effets comportementaux induits par les cannabinoïdes psychoactifs comprennent le sentiment d'euphorie, la relaxation, la modification de la perception du temps, le manque de concentration et l'altération de la mémoire et de l'apprentissage. Les effets physiologiques consistent en des changements rapides de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle, une augmentation de l'appétit, une vasodilatation et une diminution de la fréquence respiratoire.

QUELS SONT LES EFFETS THÉRAPEUTIQUES DU CANNABIS, EXISTE-T-IL DES MÉDICAMENTS À BASE DE CANNABIS ?

Le cannabis possède également des propriétés analgésiques et anti-inflammatoires découlant du THC-COOH. Le mécanisme d'action anti-inflammatoire et analgésique est comparable à celui de l'aspirine. Toutefois, le THC-COOH agit plus spécifiquement, c'est-à-dire sans provoquer les effets secondaires de l'aspirine, comme les troubles gastriques ou rénaux. Le THC-COOH se lie également faiblement aux récepteurs CB1.

D'une manière générale, les produits de dégradation biochimique des cannabinoïdes issus du cannabis contribuent à l'ensemble des propriétés médicales recherchées. Son usage pour ses propriétés analgésiques a été démontré par plusieurs études pour le traitement des douleurs chroniques résistantes. Il existe présentement des médicaments commercialisés pouvant être administrés sous plusieurs formes. Par exemple, le Cesamet (nabilone) est un comprimé contenant une molécule synthétique analogue au THC. Il est utilisé pour le traitement de douleurs chroniques, de la fibromyalgie et agit comme anti-nauséeux

pour les patients qui subissent une chimiothérapie contre le cancer. Un autre médicament sous la forme de vaporisateur oromucosal est présentement commercialisé, le Sativex (Tetranabinex et Nabidiolol), composé de molécules synthétiques analogues aux THC et CBD. Celui-ci est utilisé comme traitement analgésique d'appoint pour aider les patients atteints de cancer avancé sous traitement d'opioïdes à la plus forte dose tolérée, si celle-ci ne suffit pas à contrer les douleurs importantes du patient.

De surcroît, une étude réalisée par le Dr Mark Ware et ses associés de l'Institut de recherche du Centre Universitaire de Santé McGill a démontré l'innocuité à long terme de la consommation de cannabis chez les patients souffrant de douleur chronique. En effet, la consommation d'environ 2,5 grammes de cannabis médical par jour durant une année a été associée à des améliorations de la qualité de vie et de la fonction cognitive suite aux soulagements de la douleur : « Nos données révèlent que les consommateurs quotidiens de cannabis ne couraient pas plus de risque de subir d'effets indésirables graves que les non-utilisateurs (groupe témoin). [...] À l'inverse, nous avons remarqué que les consommateurs de cannabis toléraient nettement mieux la douleur, présentaient moins de détresse à l'égard des symptômes et disaient avoir une meilleure humeur et une meilleure qualité de vie par rapport au groupe témoin. », explique la Dre Aline Boulanger, l'une des co-auteurs de l'étude et directrice du Centre d'expertise de la douleur chronique au Centre Hospitalier de l'Université de Montréal.

LA CONSOMMATION DE CANNABIS MÉDICAL PEUT-ELLE PRÉVENIR CERTAINES MALADIES ?

Non seulement le THC et ses analogues peuvent être utilisés pour le traitement de la douleur chronique, il semblerait qu'ils aient un potentiel comme traitement préventif contre la maladie d'Alzheimer. En effet, des études ont démontré que la pathogénicité de cette maladie serait liée à la synthèse et à l'agrégation du peptide β -amyloïde. Selon Cao, chercheur préminent sur la maladie d'Alzheimer et ses collègues, il semblerait que le THC interagisse directement avec le peptide pour en inhiber son agrégation. Fait intéressant, selon les recherches d'Eubanks et ses collègues de l'*Institute of Chemical Biology* de Californie, non seulement il en inhiberait l'agrégation, mais il serait plus puissant que la plupart des drogues ayant la même action présentes actuellement sur le marché. Le THC interfère également dans d'autres voies de signalisation en lien avec la maladie, ce qui en fait un composé ayant un fort potentiel thérapeutique nécessitant donc de plus amples recherches.

L'utilisation de cannabis serait-elle aussi une alternative pour le traitement du glaucome ? Le glaucome est une maladie dégénérative associée à une forte pression intraoculaire qui comprime et endommage les fibres du nerf optique et de la rétine. À long terme, les symptômes non traités de la maladie peuvent mener à une perte de la vision. Tout le monde connaît l'un des effets secondaires du cannabis, les yeux rouges ! Ce phénomène est attribué à la dilatation des vaisseaux sanguins de la conjonctive par le THC-COOH et l'un des effets presque immédiats (2 minutes) ressentis, suite à l'inhalation du cannabis, est une diminution jusqu'à

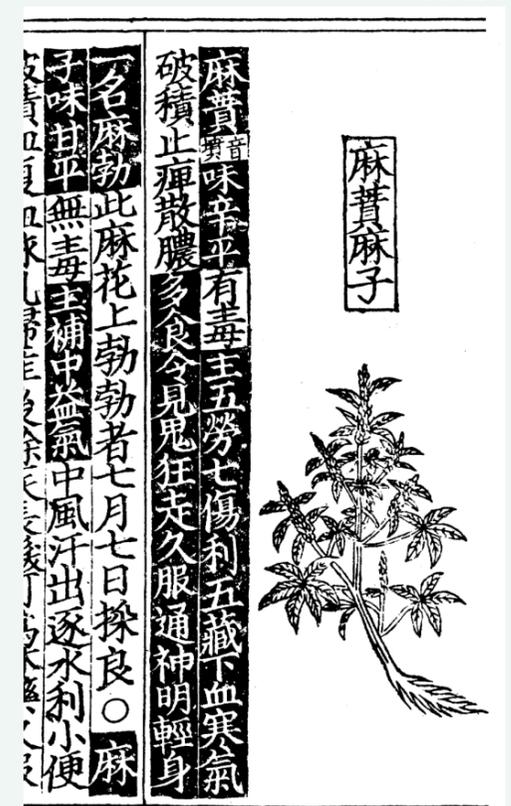


Illustration du cannabis avec texte descriptif de ses propriétés, de l'édition Chêng-lei pên-ts'ao en Chine, 1234 A.D. Hi, Hui-lin. (1973)

DIFFÉRENTES ALTERNATIVES POUR CONSOMMER SON CANNABIS

© LIFTEDBUD.COM



FUMER

Effet rapide (minutes), hauts pics de cannabinoïdes sanguins, effets pharmacodynamiques courts, biodisponibilité THC variable.

© INDEPENDENT.CO.UK



VAPORISER

Caractéristiques semblables à la fumée. Absorption plus rapide du THC. Moins de composés volatils toxiques tels que le monoxyde de carbone et le goudron.

© ASSETS3.THRILLIST.COM



MANGER

Effet ressenti lent (heures), pics de concentration sanguine 5 à 6 fois inférieurs par rapport à la fumée, effets pharmacodynamiques prolongés, faible biodisponibilité du THC

65 % de la pression intraoculaire. L'utilisation de THC comme traitement pour les personnes atteintes du glaucome serait envisageable malgré que ses effets soient à court terme selon Gary Novack, pharmacologiste clinicien américain de renommée.

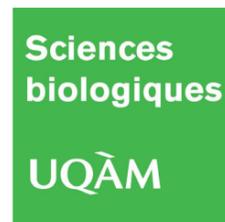
Dans la même optique, certains effets bénéfiques ont été démontrés pour le contrôle de certaines maladies telles l'épilepsie et la maladie de Crohn. En effet, Devinsky, enseignant à l'université Harvard, et ses collègues ont démontré que le CBD agit contre les manifestations motrices d'une épilepsie focale et que le mécanisme implique une diminution dans la génération des crises ou même de la propagation dans le système nerveux central. En revanche le THC augmenterait la fréquence des symptômes pour cette maladie, mais produirait des bénéfices cliniques significatifs chez les patients atteints de la maladie de Crohn. L'usage de THC pourrait donc être une alternative au traitement à base de corticostéroïdes (agent anti-inflammatoire) chez les patients atteints de la maladie de Crohn active, et ce, sans effet secondaire à court terme. Par contre, les recherches actuelles n'amènent à aucune conclusion applicable dans le domaine biomédical présent, mais fournissent une première évidence du rôle du CBD comme anti-convulsant et du THC comme traitement alternatif pour la maladie Crohn. De surcroît, la mise au point de médicaments à base de cannabinoïdes ou de ses agonistes pour une utilisation topique ou orale semble mériter d'être poursuivie pour une pleine connaissance de ses effets désirés et secondaires.

QUE FAIRE DE TOUT CE POTENTIEL ?

Au terme de son questionnement, Jean-Guy est mieux éclairé face aux implications relatives à sa consommation de cannabis médical. En somme, l'utilisation de cette plante à des fins médicales reste non reconnue par Santé Canada et donc controversée à travers le monde médical lui-même, en raison des effets négatifs potentiels. Cependant, des études sur la grande variété de cannabinoïdes connus, le THC et le CBD plus particulièrement, ont déjà démontré des effets positifs dans le traitement de plusieurs maux et maladies. De plus, aucun décès n'a été rapporté en ce qui a trait à une surdose liée à l'utilisation ponctuelle de cette drogue, contrairement à plusieurs autres médicaments prescrits, dont les dérivés d'opiacés. Par ailleurs, une étude récente (2014) publiée dans la revue *Journal of the American Medical Association internal medicine* démontre que les états américains où il existe une législation sur le cannabis médical ont vu une baisse de 24 % de la mortalité annuelle moyenne liée aux surdoses d'opioïdes prescrits en comparaison aux états n'ayant pas de législation. Il semble de ce fait évident qu'un plus grand effort de recherche sur les composantes de la plante et leurs analogues synthétiques est nécessaire. Selon Luc Boileau, la légalisation à des fins récréatives n'aura strictement aucune influence quant à l'approbation du produit par Santé Canada. Heureusement, un nombre croissant d'experts emboîtent le pas et cherchent à faire avancer les connaissances quant à l'utilisation de cette plante à haut potentiel.

lepointbiologique.wordpress.com

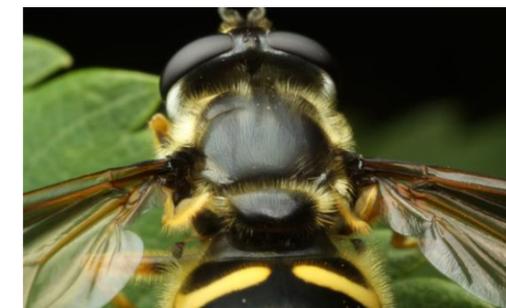
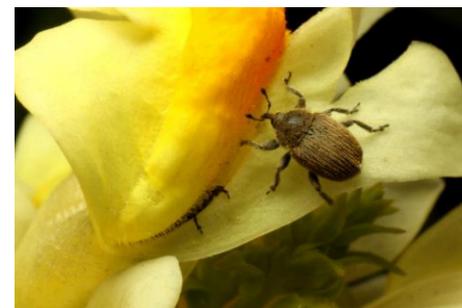
Un gros merci à nos partenaires!



LABORATOIRE DE MACROPHOTOGRAPHIE

Entre art et science, la macrophotographie a pour objectif de montrer en détail les structures importantes sur le plan scientifique, avec un souci de l'esthétique qui permet de captiver le spectateur en l'entraînant à son insu à apprécier une part du monde naturel pour lequel il est parfois réfractaire ou simplement indifférent.

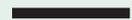
Situé dans le pavillon des Sciences biologiques au SB-2865, le laboratoire de macrophotographie scientifique rend accessible les ressources et les infrastructures nécessaires à l'exercice de la macrophotographie. Il a comme ambition de faire l'arrimage entre la demande pour des images de qualité en communication scientifique, et les aspirations d'étudiants créatifs désireux d'entreprendre ou de perfectionner la pratique d'une activité pleine de défis.



La Science en Images

Le Baccalauréat en Biologie

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



// Écologie

// Biologie moléculaire et biotechnologie

// Toxicologie et santé environnementale

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

moduledebiologie@uqam.ca
bio.uqam.ca