

Ça, c'est de la SCIENCE!

Revue scientifique des étudiants en Sciences de la nature du Cégep de Valleyfield

Numéro 11 - printemps 2021



Chers lecteurs et lectrices,



Marc Rémillard
Directeur général

C'est avec enthousiasme et grande fierté que cette 11^e édition de notre revue scientifique « Ça, c'est de la science ! » vous est présentée. Après une année d'absence due à la pandémie, la revue nous revient afin d'alimenter notre soif de connaissance.

Fidèle à ses objectifs, la revue présente divers articles qui décrivent et expliquent certains phénomènes scientifiques en les vulgarisant, en captant l'attention du lecteur, et ce, tout en faisant subtilement la promotion de la science. Je suis convaincu que vous saurez grandement apprécier cette production étudiante de haute qualité.

Dans ce contexte hors du commun, je tiens à féliciter les étudiantes rédactrices et les étudiants rédacteurs pour la qualité des contenus, ainsi que les collaboratrices et collaborateurs pour la qualité de la langue française et la conception graphique.

J'offre tous mes remerciements aux enseignantes et enseignants qui ont contribué à la réalisation de cette édition de la revue scientifique et qui, par leur dévouement, font vivre la passion des sciences à l'ensemble des étudiantes et étudiants du programme Sciences de la nature.

Bonne lecture !



C'est avec un énorme plaisir que les étudiantes et étudiants du comité de rédaction vous présentent la revue scientifique *Ça, c'est de la science !* édition 2021. Les articles sélectionnés pour la revue sont le résultat du dur travail de tous les finissants et finissantes du programme Sciences de la nature du Collège de Valleyfield. Ce programme enrichissant et inspirant pour les générations à venir permet aux étudiants d'approfondir leurs connaissances dans des disciplines passionnantes. Nous tenons à féliciter tous les étudiants et étudiantes d'avoir réussi à passer à travers les cours à distance et toutes les difficultés qui y sont associées. Même si la pandémie a empêché la publication de l'édition 2020, nous revenons en force avec l'édition 2021 ! Ces deux dernières années n'ont pas été de tout repos avec la formule en ligne qui était une nouveauté. Tous ces changements n'ont pas réussi à nous arrêter. Ces années à approfondir nos connaissances dans divers domaines scientifiques, tels que les mathématiques, la physique, la chimie et la biologie, n'ont pas été vaines et voilà, nous sommes à la fin de notre parcours collégial.

Ce magnifique projet n'aurait pu voir jour sans l'aide des professeurs et des membres du personnel du collège de Valleyfield. Nous souhaitons offrir un énorme remerciement à Éric Demers, Marie-Andrée Godbout, Marie-Ève Provost-Larose, Julie Quenneville ainsi que Dominique Tessier pour leur implication auprès de la revue scientifique. Nous tenons à remercier l'ensemble des enseignants et enseignantes du programme Sciences de la nature pour leur implication et leur dévouement dans l'apprentissage et la transmission de leurs connaissances auprès des étudiants. Au nom de tous les étudiants, le comité souhaite remercier chaleureusement Hélène Lévesque, coordonnatrice du programme Sciences de la nature, pour son dévouement et son implication au sein de la revue scientifique et pour l'ensemble des activités étudiantes de notre programme. Nous tenons également à remercier Aimie Chénard pour la conception graphique de la page couverture de la revue, Jennifer Blanchet pour la prise de photo et son aide pour la logistique du lancement, Martin Nantel-Valiquette pour la sélection des articles scientifiques, ainsi que Guillaume Robidoux pour la révision linguistique des articles.

Le comité souhaite remercier la généreuse contribution de tous nos commanditaires soit, la Direction des Études du Collège de Valleyfield, la Direction des affaires étudiantes du Collège de Valleyfield, la Fondation du Collège de Valleyfield, l'association générale des étudiants et étudiantes du Collège de Valleyfield (AGÉCoV) ainsi que l'imprimerie Multi Plus.

Bonne lecture ! Les membres étudiants du comité de rédaction

Sarah-Ann Duval, Marie-Catherine Boyer, Maurane Léger et Louis-Victor Carrier-Favreau

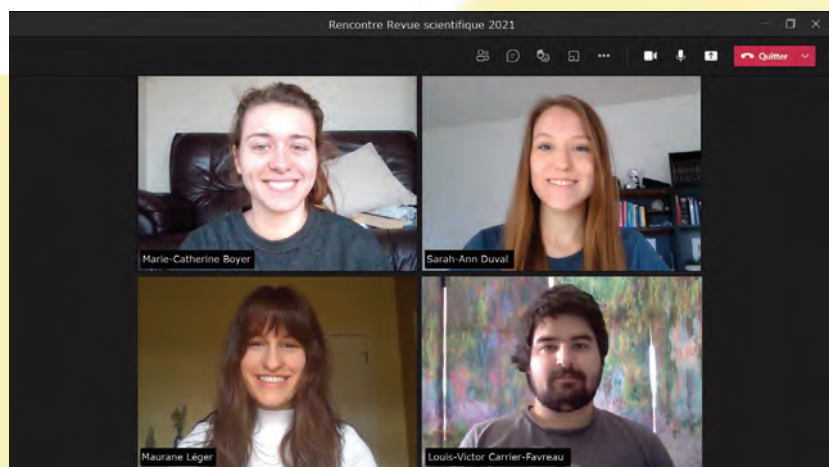


Table des matières



À vos masques, prêts, vaccinez !	4
À qui appartient l'Arctique ?	6
Déménagement sur Mars : Pourrions-nous survivre ?	8
Presque ordonné ; le chaos	10
Le pouding à l'arsenic	12
Protéger le Fou de Bassan : une idée pas si folle	14
Phytoremédiation ? Ça rime avec décontamination !	18
En route avec les mathématiques !	20
Le rejet de greffe pose un véritable problème à la transplantation d'organes ...	22
Quand la Terre exprime ses émotions, ça ressort en Islande!	24
Prisonnier de son sommeil	26
Sommes-nous seuls dans l'Univers ?	28



L'intérieur de cette revue est imprimé sur du Rolland Enviro Satin 120M texte. Ce papier 100 % postconsommation est certifié FSC®, ÉcoLogo ainsi que Procédé sans chlore et est fabriqué localement à partir d'énergie biogaz.

COMITÉ DE RÉDACTION :

ÉTUDIANTS(ES) : Sarah-Ann Duval, Marie-Catherine Boyer, Maurane Léger et Louis-Victor Carrier-Favreau

PROFESSEURS(ES) : Éric Demers, Marie-Andrée Godbout, Hélène Lévesque, Julie Quenneville, Martin Nantel-Valiquette, Marie-Ève Provost-Larose et Dominique Tessier

INFOGRAPHIE et MISE EN PAGE : Aimie Chénard

RÉVISION LINGUISTIQUE DES ARTICLES : Guillaume Robidoux

ÉDITEUR : Cégep de Valleyfield, 169, rue Champlain, Salaberry-de-Valleyfield (Québec) J6T 1X6

ISSN 1920-1141

Cette revue est conforme aux normes de la nouvelle orthographe.

La version électronique de la revue est disponible sur le site web du Cégep au www.colval.qc.ca, dans la rubrique « Programmes d'études – Préuniversitaires », sous le titre du programme « Sciences de la nature ».

À vos masques, prêts, vaccinez !

Par Chloé Lamarche, Émilie Lessard et Anne-Li Loiselle

En mars 2020, la foudre a frappé le monde entier. Un état d'urgence sanitaire s'est transformé en pandémie, marquant ainsi le début d'une longue guerre contre le SRAS-CoV-2 (COVID-19 pour les intimes). Malgré l'orage, une once d'espoir est maintenant entre nos mains grâce aux vaccins.

N'est-ce pas incroyable que nous soyons en train de vivre une situation pandémique qui sera traitée dans les livres d'histoire de demain ? Saisissons l'occasion d'enrichir nos connaissances sur le sujet ! Mais qu'est-ce que le SRAS-CoV-2 ? Ce nom scientifique nous indique que c'est un syndrome respiratoire aigu sévère lié à la famille des coronavirus. Il est le petit frère du SRAS-CoV-1, apparu au début de notre siècle. L'apparence d'un coronavirus est comparable à celle d'une pelote ronde plantée d'épingles. On l'associe à la forme d'une couronne, d'où le préfixe latin «corona». Cette particule infectieuse au diamètre microscopique apparue en Chine s'est frayé un chemin à travers les sociétés du monde entier par l'entremise de contacts sociaux. Il était donc crucial de développer un vaccin rapidement afin de freiner sa propagation.

Grâce au travail ardu des nombreux scientifiques à l'échelle mondiale, nous avons enfin à notre disposition plusieurs vaccins. Cet article vous donnera la chance d'en apprendre davantage sur son fonctionnement. Explorons d'abord comment le coronavirus s'attaque au corps humain.

Un virus est une particule infectieuse n'ayant pas la capacité de ravager des vies entières en causant une pandémie à elle seule. Pourquoi ? Parce qu'un virus doit s'insérer à l'intérieur d'un organisme vivant, plus précisément dans ses cellules, pour se multiplier et peut-être provoquer une infection. Voyons maintenant le voyage qu'effectue le coronavirus pouvant se retrouver dans une gouttelette de salive expulsée par voie orale et transmise à un être humain. Supposons que cette gouttelette atteigne l'intérieur d'un orifice, comme la bouche ou les yeux, elle est alors soumise à une première barrière : les muqueuses ou les liquides qui tapissent ces endroits. Si celles-ci n'ont pas réussi à emprisonner et à expulser le virus de notre organisme, il se fixera à une cellule retrouvée généralement dans les voies respiratoires.

En fait, un coronavirus est muni de spicules faits de glycoprotéines (glucide et protéine). Tel un mécanisme clé-serrure, les spicules se lient à la surface de nos cellules hôtes, plus précisément à la protéine ACE2 (*Angiotensin-Converting Enzyme 2*). Le virus peut ainsi entrer en fusionnant son enveloppe membranaire avec celle de la cellule hôte. Sa capsidie entourant son génome est digérée par des protéines, laissant ainsi son contenu exposé dans le cytoplasme de la cellule hôte. C'est ce génome, soit le bagage génétique enroulé en un brin d'ARN, qui est nécessaire à sa réplique. Dès lors, le processus de multiplication du coronavirus peut débuter.^{1,2}

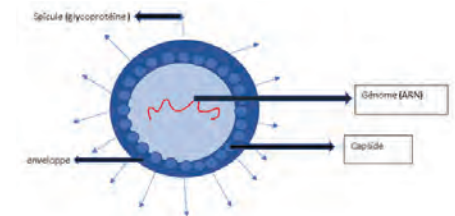


FIGURE 2 La structure générale du coronavirus.

Source : Chloé Lamarche, image réalisée à l'aide du logiciel Word, 2021, Salaberry-de-Valleyfield.

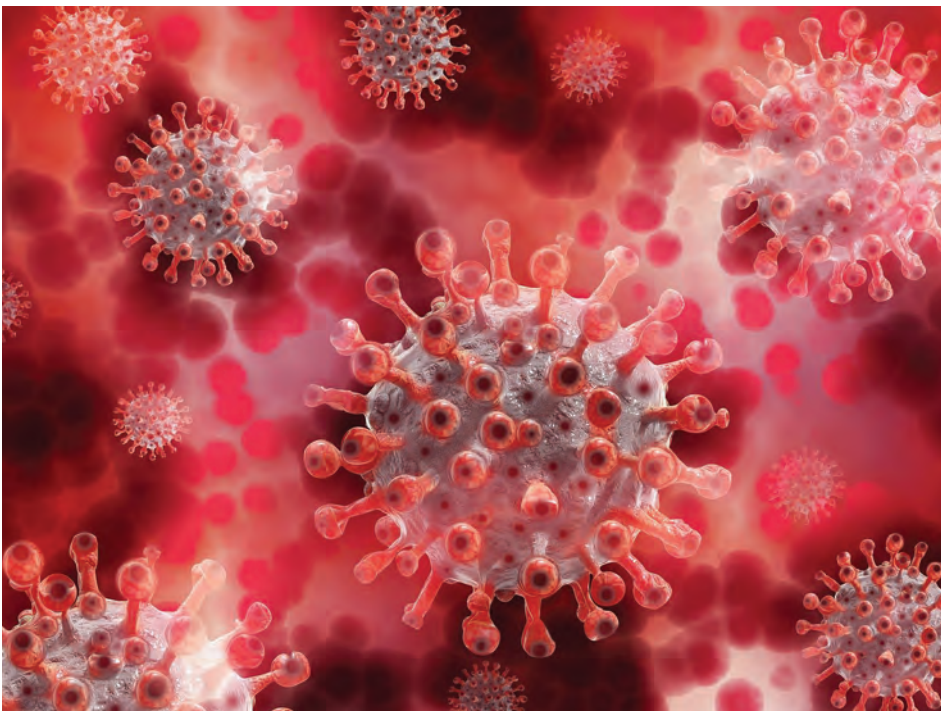


FIGURE 1 Gerd Altmann. Source : Pixabay [Internet]. 2021 [cité 21-04-2021]. Disponible sur : <https://pixabay.com/fr/illustrations/corona-coronavirus-virus-sang-5174671/>

Jusqu'à maintenant, nous comprenons que le virus doit s'introduire à l'intérieur d'une cellule hôte pour se répliquer. Sans les composantes de la cellule, il ne pourrait se multiplier. En détournant les fonctions de la cellule hôte à son avantage, l'ARN exposé servira de modèle à copier. C'est une composante nommée «ARN polymérase virale» qui s'occupe de cette première réplique. Un brin d'ARN complémentaire à celui transcrit est maintenant créé. Ce nouveau brin devient ainsi le génome d'un second virus. Qu'en est-il de son enveloppe, de sa capsidie et des glycoprotéines ? Les protéines formant la capsidie sont formées dans le cytoplasme à partir de l'ARN complémentaire au génome initial. L'enveloppe et les glycoprotéines, elles, sont synthétisées par des sortes d'usines de fabrication. Ces usines sont en fait le réticulum endoplasmique et le complexe golgien appartenant toujours à la cellule hôte. Voilà certains outils qui manquaient au virus pour pouvoir se répliquer de façon autonome ! Les glycoprotéines sont transportées des usines vers la membrane plasmique de la cellule hôte et l'assemblage s'effectue.

Les protéines de la capsid entourent le nouveau génome, puis l'enveloppe du virus, munie des glycoprotéines, est ajoutée ce qui forme la couche extérieure du virus. Enfin, par bourgeonnement, ce dernier se retrouve à l'extérieur de la cellule hôte, prêt à attaquer de nouvelles cellules dans le corps.^{1,2}

Observons maintenant la réaction de notre système face au virus. Un agent pathogène qui entre à l'intérieur de notre organisme est un peu comme un étranger qui entre dans une maison. Les habitants de celle-ci ne reconnaissent pas l'étranger et cela provoque des réactions telles que composer le 911. Chacun a en son système cette capacité de reconnaître un corps non familier et de déclencher une réponse immunitaire généralisée pour procéder à son élimination. C'est ce qu'on appelle «l'immunité innée». Cette dernière permet à certaines protéines antimicrobiennes de se lier au virus pour tenter de déclencher une réaction menant à sa destruction. Elle permet aussi aux cellules infectées de libérer des interférons, c'est-à-dire des protéines messagères qui influenceront les cellules non infectées à proximité pour empêcher la multiplication du virus. Cependant, la particule infectieuse peut contourner cette deuxième ligne de défense. Il existe alors une troisième barrière nommée «l'immunité adaptative» mettant en jeu les lymphocytes T et B, soit des globules blancs. Chacun d'eux se liera à un antigène se trouvant à la surface du coronavirus. Un antigène est essentiellement une substance qui fera réagir nos lymphocytes. Dans ce cas-ci, l'antigène est le spicule du coronavirus. Cette liaison se fait par l'entremise d'un récepteur d'antigène qui se trouve à la surface d'un lymphocyte. Le récepteur se liera à une certaine partie d'une molécule spécifique selon la nature de l'agent pathogène. Ainsi, le lymphocyte B peut créer une protéine nommée «anticorps» qui nous défend contre le virus. Ce processus devient plus efficace lorsque le récepteur rencontre le même antigène pour une seconde fois, puisqu'il possède une mémoire immunologique. En effet, lors de la première rencontre, les lymphocytes produisent lentement une réaction, prenant entre 10 à 17 jours. Si notre système immunitaire n'a pas pu éliminer le virus de notre corps après environ 14 jours, nous pourrions ressentir des symptômes liés à la COVID-19 (fièvre, toux, fatigue). En ayant ces notions en tête, vous serez maintenant en mesure de comprendre le fonctionnement du vaccin contre la COVID19.¹

Grâce au travail ardu des nombreux scientifiques à l'échelle mondiale, nous avons enfin à notre disposition plusieurs vaccins.

Il est prouvé que la vaccination est un pilier fondamental pour l'obtention d'une immunité contre les maladies contagieuses. Son élaboration demande un travail colossal de la part des chercheurs qui doivent recueillir le plus d'informations possible sur le virus afin de développer la base du vaccin. Dans le cas de la COVID-19, la connaissance du bagage génétique de la particule infectieuse a permis le développement des vaccins à base d'ARN messager, méthode conçue par les compagnies pharmaceutiques Pfizer et Moderna. L'ARNm, un message codant pour l'ARN du virus, sera traduit par nos cellules. Le second type de vaccin élaboré est à base de vecteur viral, soit un virus inoffensif. Cette méthode est le fruit du travail des compagnies de Johnson & Johnson et d'AstraZeneca.³

Voyons de plus près comment ces deux types de vaccins permettent de nous procurer l'immunité. À la suite de l'administration d'un vaccin dans le corps, une chaîne d'événements permet à notre organisme de développer une immunité sans être directement exposé au virus. Dans le premier type de vaccin, l'ARNm est recouvert d'une enveloppe lipidique semblable à une bulle de gras qui sert de protection lors de son voyage jusqu'à nos cellules. À ce moment, les ribosomes des cellules reçoivent la marche à suivre pour fabriquer une glycoprotéine nommée «protéine S». Les restants de l'ARNm sont détruits et déposés à l'extérieur de nos cellules. La seconde recette du vaccin est plutôt constituée d'un virus inoffensif, soit l'adénovirus, particule causant le rhume. Le matériel génétique du coronavirus est traduit en ADN et introduit à l'intérieur de l'adénovirus. Après injection du vaccin, le vecteur viral est absorbé par nos cellules. Une fois à l'intérieur, l'ADN atteint le noyau, lui donnant accès au code génétique pour produire la protéine S.

Dans les deux cas, la protéine S est inoffensive, mais notre corps parvient tout de même à la reconnaître comme étant une impostrice. Cette protéine déclenche alors une réponse immunitaire chez l'individu vacciné, permettant de produire les anticorps qui prépareront le système immunitaire pour une future invasion du coronavirus. Lorsque les anticorps se lient aux spicules, ceux-ci ne les détruisent pas directement. En effet, les anticorps neutralisent les antigènes de l'agent pathogène. Le virus sera donc dans l'impossibilité de se multiplier à travers des cellules hôtes, ce qui diminue considérablement les chances de contracter la maladie.^{1,3}

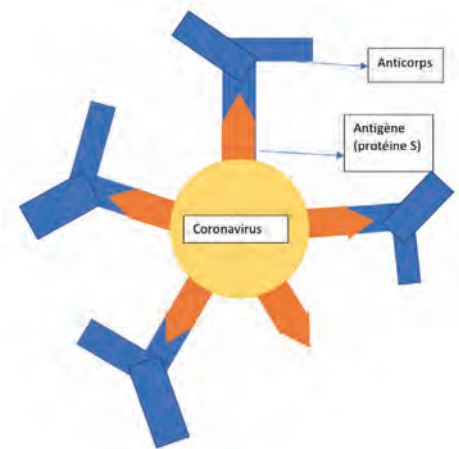


FIGURE 3 Neutralisation de la protéine S par les anticorps. Source : Émilie Lessard, image réalisée à l'aide du logiciel Word, 2021, Salaberry-de-Valleyfield.

La situation de la pandémie évolue rapidement; pendant votre lecture de cet article, de nouvelles découvertes scientifiques auront probablement été confirmées. Malgré tout, une vérité qui persiste est l'importance du travail d'équipe. Chaque pays doit contribuer à l'éradication de la COVID-19, responsable de millions de morts sur la planète. Bien que la vaccination de tous soit plus que souhaitée, surtout avec l'arrivée des variants, cette décision demeure pour l'instant un choix personnel. En espérant toutefois que cette dose d'informations aide à neutraliser les fausses croyances propagées dans la population.

RÉFÉRENCES :

1. Urry LA, Cain ML, Wasserman SA, Minorsky PV, Reece JB, Campbell NA. Biologie. 5e éd. Montréal : PEARSON ERPI; 2020.
2. Jiang S, Hillyer C, Du L. Neutralizing Antibodies against SARS-CoV-2 and Other Human Coronaviruses. Trends in Immunology. 1 mai 2020; 41(5):355-9.
3. Radio-Canada.ca FNI. Comment fonctionnent les vaccins contre le SRAS-CoV-2 (et ses variants) [Internet]. Radio-Canada.ca. Radio-Canada.ca; [cité 6 avr. 2021]. Disponible sur : <https://ici.radio-canada.ca/info/2021/03/vaccination-variants-covid19-am-pfizer-moderna-spicule-infection-immunite/>

À qui appartient l'Arctique ?

Par Lévy Gauthier et Nicholas Daperis

Contrairement à ce que l'on pourrait croire, l'Arctique n'est inclus dans le territoire d'aucun pays. En effet, une grande partie de ce territoire incluant le pôle Nord se trouve en eaux internationales. Ces territoires deviennent de plus en plus prisés à cause des changements climatiques qui ouvrent de nouvelles perspectives d'exploitation de ressources naturelles et de voies maritimes. Par contre, ces changements entraînent déjà des conséquences sur les écosystèmes de l'Arctique.

Les premières personnes à avoir mis les pieds en Arctique furent les ancêtres des Inuits, il y a quelques millénaires. Depuis, certains personnages notables ont exploré ce coin reculé du monde : Martin Frobisher, William Baffin et Roald Amundsen. Les explorations s'intensifiaient particulièrement à partir du 19^e siècle avec l'espoir de découvrir une nouvelle route commerciale passant par le nord : le fameux passage du Nord-Ouest. Or, avec les changements climatiques, la banquise fond de plus en plus, année après année, ouvrant le passage. On estime même qu'elle devrait pratiquement disparaître d'ici 2040. Cette fonte a provoqué des bris dans la chaîne alimentaire qui menacent la survie des espèces de la faune arctique. L'ouverture de cette route commerciale renouveau l'intérêt des pays pour explorer ces vastes déserts de glace en quête de ressources naturelles telles que le pétrole, les métaux précieux et l'uranium. Pour s'approprier ces ressources, les pays côtiers revendiquent de nouveaux territoires en Arctique.

Premièrement, la fonte des glaces dans l'Arctique est un problème qui prend de plus en plus d'ampleur. Leur disparition pourrait même s'accélérer avec la future augmentation de l'exploitation des ressources naturelles désormais plus accessibles en raison de la fonte des glaces. Ceci entraîne des répercussions sur les écosystèmes de l'Arctique. Les animaux marins prolifèrent très bien en Arctique en raison d'une basse évaporation de l'eau et d'un important échange d'eau fraîche entre les glaciers et les rivières. Cette circulation constante des eaux par le courant sous les glaces aide à produire un écosystème rempli de nutriments permettant la prolifération d'algues, de phytoplanctons et de krill.

Un des plus grands enjeux provient des possibles interruptions de la chaîne alimentaire (voir figure 1). Par exemple, la morue arctique, qui vit principalement sous la glace, fait le lien entre le krill (proie) et les lions de mer (prédateur) dans la chaîne. Ce poisson est grandement menacé par la perte de son habitat alors que son importance est indiscutable, comme le démontrent des recherches faites par Louis Fortier, professeur et chercheur de l'Université Laval : « La morue sert d'entonnoir dans la chaîne alimentaire arctique, c'est-à-dire que 75 % de l'énergie nutritionnelle contenue dans les plus petites proies passe par elle pour arriver aux plus gros prédateurs. C'est entre autres la principale source de nourriture des oiseaux marins arctiques et des phoques annelés – qui, eux, sont la principale source de nourriture des ours polaires ». ³ Les espèces telles que les léopards des mers et les phoques annelés dépendent des poissons comme la morue arctique pour se nourrir. Si ces poissons venaient à manquer, cela entraînerait une baisse de la population des espèces qui sont au-dessus d'eux dans la chaîne alimentaire.

Les ours polaires sont aussi affectés par le même phénomène que la morue arctique, car ils ont besoin des banquises pour chasser les phoques. Pour survivre, ils sont obligés de quitter la banquise en quête d'un nouvel habitat. Une cinquantaine d'ours a d'ailleurs envahi une petite communauté du nord de la Russie en 2019, en quête de nourriture. Les autorités ont même dû déclarer l'état d'urgence devant l'ampleur de la situation. Ces exemples démontrent que les changements climatiques ont de réelles conséquences négatives sur la faune des régions polaires.

Même si d'un point de vue légal, c'est tout à fait archaïque, la Russie persiste en occupant de plus en plus l'Arctique.



FIGURE 1 La chaîne alimentaire de l'Arctique. Source : Graphics RF via Vecteezy.com. Concept de diagramme de chaîne alimentaire arctique. [Image en ligne]. [consulté le 11 avril 2021]. Disponible : <https://fr.vecteezy.com/art-vectoriel/2046785-concept-de-diagramme-de-chaîne-alimentaire-arctique>

Deuxièmement, pour comprendre l'engouement des pays pour l'Arctique, il faut connaître les principes qui définissent les zones maritimes. Tout d'abord, il y a les eaux intérieures d'un pays (rivières et lacs par exemple). Puis, à partir des côtes jusqu'à une distance de 12 miles nautiques (22 km), c'est la mer territoriale, où un pays possède les mêmes droits que sur son territoire. Ensuite, sur les 22 prochains km se trouve la zone « contigüe », dans laquelle un pays a notamment des droits de douane. Finalement, il y a la zone économique exclusive (ZEE), qui se trouve jusqu'à une limite de 200 miles nautiques (320 km) des côtes et dans laquelle le pays règlemente toute l'exploitation des ressources naturelles autant dans l'eau que dans le sous-sol océanique. Pour comprendre les enjeux territoriaux de l'Arctique, il faut savoir que dans des cas spéciaux, il est possible de déposer une demande d'agrandissement de zone économique exclusive. Cette demande repose sur les principes de la convention des Nations Unies sur le droit de la mer (UNCLOS) signée en 1982.

Cette convention stipule qu'un état côtier possède un droit souverain sur un possible agrandissement de sa plaque continentale. Une plaque continentale est une portion de croûte terrestre formée par des roches de mêmes types et dont la topographie prolonge sous l'eau sa partie émergée.

Autrement dit, si un pays peut prouver que sa plaque continentale s'étend au-delà des 200 miles nautiques (320 km) de sa ZEE par des arguments morphologiques (continuité dans la forme) et géologiques (mêmes types de roches), alors il peut présenter une demande. C'est ensuite la Commission des limites du plateau continental qui la validera légalement. Toutefois, cet agrandissement donne uniquement le droit exclusif d'exploiter les ressources du sous-sol océanique. Donc, le débat réside dans le fait qu'une grande partie de l'océan arctique (plusieurs fois la superficie du Québec) n'est actuellement attribuée à aucun pays. Les différents critères qui établissent les limites des demandes vont comme suit² :

- Règle de Hedberg : c'est une limite de 60 miles nautiques au-delà du talus continental (transition entre le continent et le plancher océanique).
- Règle de Gardiner : cette limite est l'emplacement le plus éloigné du talus continental où l'épaisseur de la couche de sédiments sur le fond de l'océan est égale à 1 % de cette distance avec le talus continental.
- La limite maximale est de 350 miles nautiques au large des côtes d'un pays.

• La limite de l'isobathe de 2500 m : c'est une distance de 100 miles nautiques au-delà de l'isobathe de 2500 m (qui est une ligne suivant les côtes reliant cette profondeur).

Un état est libre d'utiliser n'importe laquelle de ces règles pour demander un territoire. Il est intéressant de savoir que la plaque tectonique nord-américaine qui couvre presque tout l'Arctique est reconnue pour contenir de grandes réserves de gaz naturel et de pétrole. C'est en partie pour cette raison que le Canada et les autres pays cherchent à s'y approprier le plus grand territoire possible (voir la figure 2). En effet, la nouvelle accessibilité de ces ressources du sous-sol de l'océan est une des principales raisons de l'engouement actuel pour l'Arctique. De plus, l'ordre dans lequel les revendications sont enregistrées n'a aucune importance ; ce n'est pas « premier arrivé, premier servi », comme on dit. C'est pourquoi certains textes parlent à tort d'une « course » pour l'Arctique¹. En effet, la plupart des pays ont déjà remis leur revendication. De son côté, la Commission dispose d'un délai d'une dizaine d'années pour les approuver. Après l'approbation, il ne tient qu'aux pays de se partager les territoires qui pourraient notamment se chevaucher.

Malgré l'apparente absence de conflit, la Russie essaie d'imposer sa domination en Arctique en revendiquant de manière douteuse le pôle Nord. Elle a même planté un drapeau au fond de l'océan à l'endroit exact du pôle Nord. Même si d'un point de vue légal, c'est tout à fait archaïque, la Russie persiste en occupant de plus en plus l'Arctique. En gros, le Canada et la Russie demandent une partie de l'océan au nord de leur pays ainsi qu'une portion de la chaîne de montagnes (la dorsale) de Lomonosov (voir figure 2). Le Danemark (Groenland) demande en partie le même territoire que le Canada ainsi que la dorsale de Gakkel. Quant à la Norvège, plus conservatrice, elle s'est déjà globalement entendue avec la Russie et le Danemark sur les limites de sa plaque continentale étendue.

Pour conclure, les écosystèmes de l'Arctique se sont beaucoup fragilisés depuis quelques années. La disparition de la calotte glaciaire causée, entre autres, par les activités humaines (pollution) aura de graves conséquences pour les nombreuses espèces qui en dépendent pour vivre. Le développement durable de la région viendra de l'entraide des pays pour diminuer le réchauffement climatique et ainsi assurer la survie des espèces qui vivent en Arctique. Présentement, il est impossible de répondre définitivement à la question de la possession de l'Arctique puisque la Commission des limites du plateau continental n'a pas encore approuvé toutes les revendications des pays. Celles de la Russie, du Canada et du Danemark se chevauchent principalement le long de la chaîne de montagnes sous-marine de Lomonosov, près du pôle Nord. Alors, nous connaissons le fin mot de l'histoire seulement après la fin des négociations entre ces pays qui devraient commencer dans quelques années.¹

RÉFÉRENCES :

1. Lasserre F. Géopolitiques arctiques : pétrole et routes maritimes au cœur des rivalités régionales ? Critique internationale. 13/12/2010; n° 49(4):131-56. Disponible sur : <https://corpus.ulaval.ca/jspui/bitstream/20.500.11794/40607/1/Lasserre%20Plateaux%20continentaux%20RG%20v6n2%202020.pdf>
2. Division for Ocean Affairs and the Law of the Sea of LA United Nations. Commission on the Limits of the Continental Shelf (CLCS). [Internet]. 15/08/2019 [cité le 22/03/2021]. Disponible sur : https://www.un.org/depts/los/clcs_new/clcs_home.htm
3. Djukic M. La morue polaire en danger [Internet]. La Presse+. 2017 [cité 13 avril 2021]. Disponible sur : https://plus.lapresse.ca/screens/1b54bf1a-f0d4-4120-9b61-3e6a426b7956_7C_0_0.html

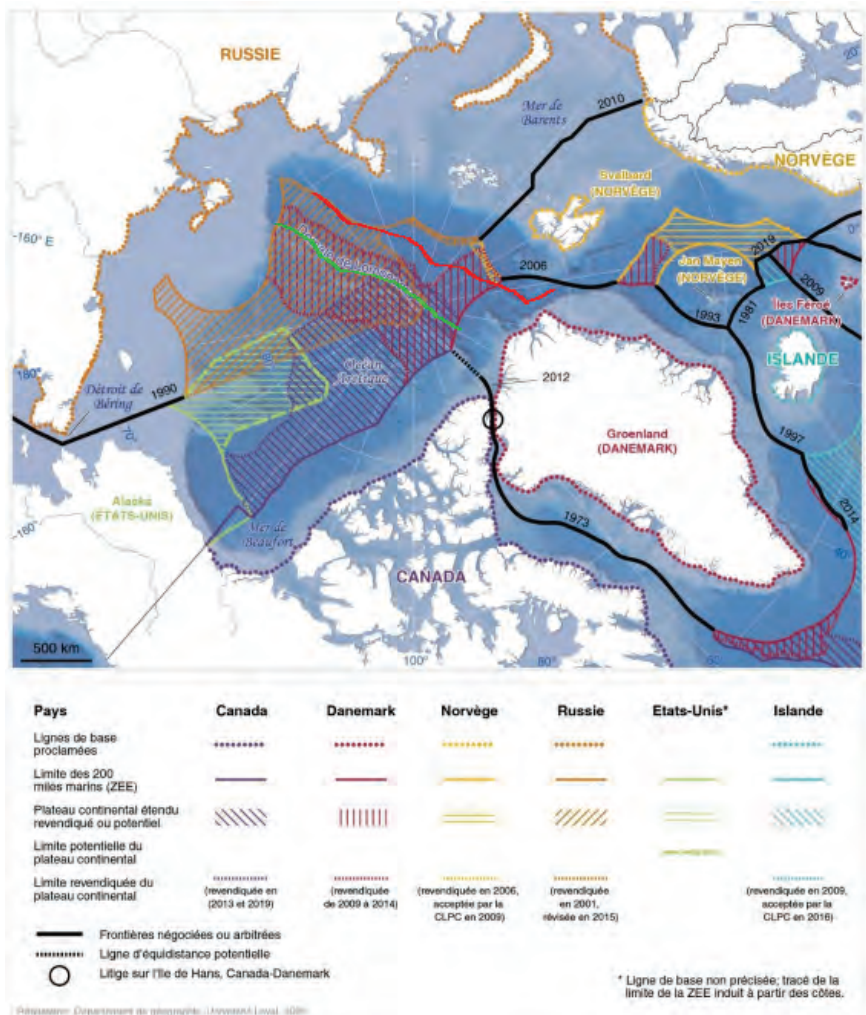


FIGURE 2 Revendications des pays dans l'océan Arctique. Source : Image modifiée par Nicholas Daperis à partir de : Lasserre F. Compilation des revendications officielles ou des projets de revendications d'après Nations Unies. [Image en ligne]. Printemps 2020. [Consulté le 28 mars 2021]. Disponible : <https://corpus.ulaval.ca/jspui/bitstream/20.500.11794/40607/1/Lasserre%20Plateaux%20continentaux%20RG%20v6n2%202020.pdf>

LÉGENDE — : Dorsale de Lomonosov — : Dorsale de Gakkel

Déménagement sur Mars : Pourrions-nous survivre ?

Par Élorie Giguère et Isa-Laurence Rioux

Il est temps d'entamer notre processus de déménagement ! Notre voisine, la planète rouge, semble présentement être le meilleur choix pour notre grand voyage. Pourtant, elle est si différente de notre planète, la Terre... Réussirons-nous à la coloniser ?

Avec la surpopulation, la pollution et le manque grandissant de ressources, la Terre a de plus en plus besoin d'une petite pause de nous, les humains. Alors, pourquoi ne pas nous tourner vers une de nos voisines, la planète rouge ? Les différents aspects qui la rendent unique nous donnent aussi de l'information sur notre capacité à survivre et à nous adapter sur Mars. En jetant un coup d'œil à la météorologie, à la présence d'eau, à la gravité, aux radiations et à l'alimentation sur la planète, nous pourrions conclure s'il est possible ou non de déménager sur Mars.

Si nous voulons considérer un jour vivre sur Mars, nous devons nous attarder à son climat avant tout. Sur Terre, nous avons des océans, une atmosphère protectrice et un axe de rotation incliné qui nous permet d'avoir un climat viable. Cependant, en observant la planète Mars et ses caractéristiques physiques, nous pourrions nous attendre à un climat difficilement viable, car il y existe de grandes variations de température entre le jour et la nuit et entre l'hiver et l'été, compte tenu de son paysage désertique. Nous pourrions également évoquer ses tempêtes de sable, car l'étude menée sur le sujet en 2001 par Conway Leovy, professeur en sciences de l'atmosphère à l'Université de Washington¹, rapporte que les vents à la surface de Mars entraînent des mouvements irréguliers de particules d'environ 100 µm de diamètre. Lorsqu'elles retombent, ces particules entraînent de plus petites dans leur mouvement, créant ainsi de dangereuses tempêtes de sable. Même si des tempêtes de sable peuvent être prévisibles et survenir annuellement, celles qui recouvrent toute la planète sont encore mal comprises. Afin de nous protéger adéquatement, il est indispensable de comprendre ces phénomènes grandioses avant de mettre les pieds sur Mars.

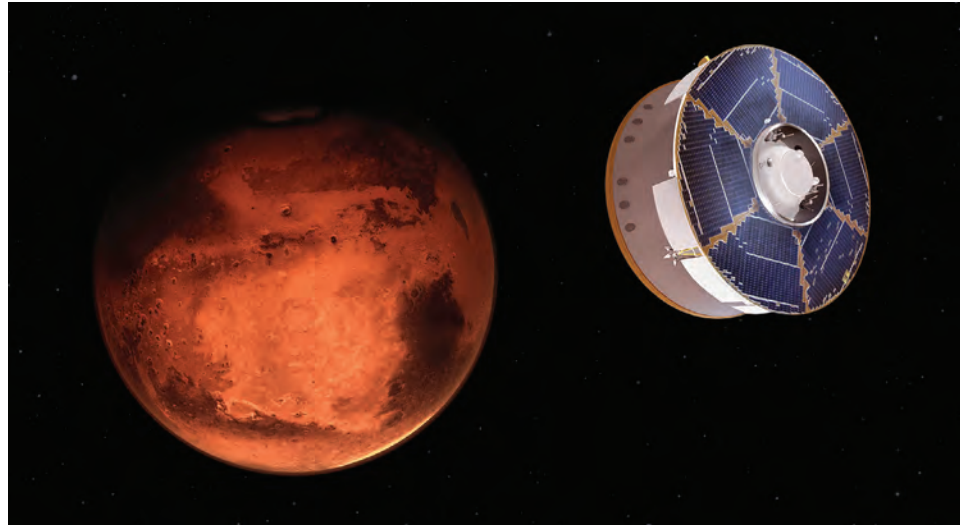


FIGURE 1 L'astromobile (rover) Persévérance qui s'approche de Mars.

Source : NASA/JPL-Caltech <https://www.nasa.gov/image-feature/jpl/perseverance-rover-approaches-mars>

Ensuite, pour survivre sur Mars, il est crucial que nous ayons accès à de l'eau. En ce moment, à cause de la pression trop basse de l'atmosphère de Mars, aucune réserve d'eau liquide n'est présente à la surface de la planète. En effet, avec une valeur de 6 mbar, la pression martienne correspond au point triple de l'eau.² Lorsqu'elle se combine avec des températures inférieures à 0 °C, cette pression permet à l'eau d'être seulement présente sous forme solide et gazeuse, comme on peut le voir sur le diagramme ci-dessous :

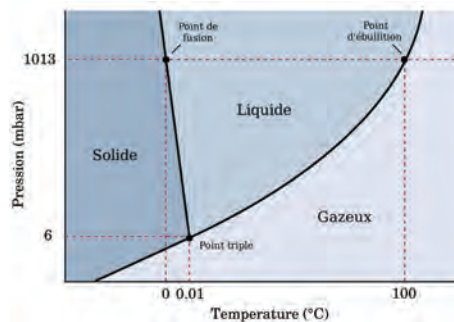


FIGURE 2 Diagramme des phases de l'eau.

Source : Martin Turbet

https://media4.obspm.fr/public/ressources_lu/pages_planetologie-habitabilite/liquide.html

L'eau sur Mars ne peut donc que sublimer de l'état solide vers l'état gazeux lorsqu'elle atteint une certaine température. Or, l'impossibilité d'accumuler une réserve d'eau liquide en surface à cause de la pression atmosphérique pose problème. Sur Terre, nos étendues d'eau sont à la base de la vie, donc il serait impossible d'aller vivre sur une planète où cette ressource est manquante. En ce moment, l'eau sur la surface de Mars se retrouve sous forme de calottes de glace, dans le pergélisol et en vapeur d'eau. La réserve d'eau la plus importante présentement est contenue dans les calottes glaciaires; celles-ci emmagasinaient dix-mille fois la quantité d'eau qu'on retrouve sous forme de vapeur d'eau dans l'atmosphère.²

Pourtant, certaines preuves attestant que l'eau a déjà existé à l'état liquide ont été recueillies. Une question se pose alors : quelles étaient les conditions qui permettaient à Mars d'abriter des étendues d'eau ? Auparavant, l'atmosphère de Mars était plus dense, ce qui lui permettait d'entretenir un plus grand effet de serre et ainsi une température plus élevée.² Selon la formule $pV = nRT$, on peut voir que la variable de pression et la variable de température sont proportionnelles.

Conséquemment, puisque la température sur Mars était plus élevée, la pression atmosphérique l'était aussi, suffisamment pour permettre à l'eau de rester à l'état liquide sur la surface !

Un autre problème est relié à la gravité martienne. En effet, celle-ci est beaucoup moins forte que celle de la Terre. Plus la masse d'un objet est grande, plus sa force gravitationnelle est forte selon l'équation $P = mg$. Puisque le rapport de masse Mars-Terre est de 0,107 : 1, la force gravitationnelle sur Mars est beaucoup plus faible que sur Terre. Le problème, c'est que si nous allions vivre sur Mars, notre corps ne serait pas capable d'endurer cette différence de gravité. Étant moins attiré vers le sol, notre corps perdrait de sa densité osseuse en plus de perdre de la masse musculaire. Cela rendrait presque impossible la survie d'un humain de retour sur Terre après un long séjour sur Mars, car son corps serait devenu trop fragile. Revenir sur Terre nous rendrait très vulnérables aux fractures et à d'autres complications.

Les résultats ont montré que la croissance et la floraison étaient meilleures sur le sol martien que sur le sol lunaire, et même légèrement meilleures que sur l'échantillon de sol terrestre

Les dangers ne se limitent toutefois pas à cela. L'un des plus grands dangers des voyages spatiaux est le rayonnement cosmique. Les rayons cosmiques proviennent des étoiles. Le vent solaire (nom donné aux rayons cosmiques provenant du Soleil) est formé de protons, d'ions et d'électrons très énergétiques qui sont émis de la haute atmosphère du Soleil. Les rayons provenant d'étoiles plus éloignées sont constitués de faibles niveaux de particules lourdes chargées. L'exposition à des protons de haute énergie et à des particules chargées peut endommager des matériaux et être néfaste pour la vie humaine. Plus la durée d'un voyage spatial est longue, plus les astronautes sont exposés à ces flux de particules.

Les risques estimés pour leur santé pourraient inclure le développement de cancers, des dommages au système nerveux central, la formation de cataractes et des dommages à l'ADN.³

D'autre part, le sol où les plantes destinées à l'alimentation seront cultivées est très important. Le sol martien est différent du sol terrestre. Une étude publiée en 2014 a mis à l'épreuve les sols terrestre, martien et lunaire. On a analysé pendant 50 jours les différences de germination d'échantillons plantés dans des simulations des sols martien et lunaire comparativement au groupe contrôle du sol terrestre. Les résultats ont montré que la croissance et la floraison étaient meilleures sur le sol martien que sur le sol lunaire, et même légèrement meilleures que sur l'échantillon de sol terrestre, un sol fluvial pauvre en éléments nutritifs. En pratique, il serait donc possible de faire pousser des plantes comestibles sur le sol martien. Toutefois, il demeure des questionnements quant à la capacité de charge en eau des sols et à d'autres caractéristiques physiques. Il faut prendre en compte que les échantillons de sol sont des simulations et qu'il serait préférable de faire l'expérience avec des échantillons réels.

De plus, la NASA étudie l'effet de la microgravité sur les plantes. Leur projet PESTO (Photosynthesis Experiments and System Testing and Operations) a pour but de comprendre l'effet de la microgravité sur la photosynthèse et les échanges gazeux. Les chercheurs ont utilisé des chambres de culture appelées BPS (Biomass Production System) (voir l'image ci-dessous) pour contrôler l'environnement et simuler la microgravité.



FIGURE 3 Biomass Production System de la NASA. Source : NASA <https://www.nasa.gov/centers/marshall/news/background/facts/bps.html>

Ce système contrôle les variables indépendantes comme la lumière, la température, l'humidité, les nutriments et l'atmosphère. Utilisé dans la station spatiale internationale, il fournit un environnement contrôlé qui permet de faire des recherches scientifiques sur l'effet de la microgravité sur les plantes que nous pourrions retrouver dans les vaisseaux spatiaux ou même sur la surface de la planète Mars. Ce système peut aussi mesurer les échanges de CO₂ et de vapeur d'eau. D'ailleurs, la photosynthèse des plantes pourrait être la solution pour produire de l'oxygène lors des longs voyages dans l'espace et vers Mars. Il est donc essentiel de comprendre comment la microgravité affecte leur capacité de croissance et de photosynthèse.

Pour conclure, plusieurs grands défis devront être relevés avant que nous puissions explorer en personne la planète rouge ou nous y établir. Aujourd'hui, les problèmes les plus importants sont l'accessibilité à l'eau, la faible gravité, l'alimentation durable et les effets néfastes d'un tel voyage sur la santé des astronautes. Il sera primordial de faire des tests avec une simulation d'habitation que l'on pourrait bâtir sur Mars et d'évaluer si la structure peut résister au climat de la planète. Il serait intéressant également de tester la quantité des radiations bloquées par la structure pour protéger la santé des habitants. D'ailleurs, pour pouvoir vivre sur une telle planète, il nous faudra des moyens efficaces pour produire de l'oxygène et de la nourriture. Des recherches sur l'agriculture utilisant le véritable sol martien sont indispensables pour affirmer avec certitude qu'il est possible de se nourrir sur cette planète. Il ne faut pas oublier que les astronautes devront également se nourrir à bord du vaisseau, qui prendra plusieurs mois avant d'atterrir sur Mars, et qu'ils auront besoin de technologies innovantes, comme les chambres de cultures, afin que leurs plantes survivent à de tels changements d'environnement. Nous croyons qu'avec le développement de technologies visant à accroître l'autonomie de l'équipage, une telle mission pourra devenir réalité. Cependant, il ne faut pas oublier que les astronautes seront isolés pendant des mois voire des années seulement pour une mission. L'être humain est-il réellement capable de relever ce grand défi ?

RÉFÉRENCES :

1. Leovy C. Weather and climate on Mars. Nature [Internet]. juill 2001 [cité 4 mars 2021];412 (6843):245-9. Disponible sur : <https://www.nature.com/articles/35084192>
2. CHASSEFIÈRE É, GOURSAC O de, MASSON P, ROCARD F. MARS, planète. In Encyclopædia Universalis; 2021 [cité 1er mars 2021]. Disponible sur : <https://universalis-valleyfield.proxy.collecto.ca/encyclopedie/mars-planete/>
3. Lloyd CW, Townsend S, Reeves KK. Space radiation [Internet]. [cité 1er mars 2021]. Disponible sur : https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/space_radiation_ebook.pdf

Presque ordonné; le chaos

Par Justin Barrette, Maxim Brasseur et Raphaël Lamarche

Tout connaître, un bien grand rêve malheureusement impossible dans notre vie, dans la chaîne et peut-être même dans les autres qui suivent. Cela peut paraître difficile à imaginer, mais l'obstacle posé par le chaos est plus que gigantesque à surmonter.

La théorie du chaos est une théorie qui s'est mise à gagner en popularité à la suite de la fameuse expérience du météorologue américain Edward Lorenz. Cette expérience fut présentée en 1972 lors d'une conférence dont le titre était «Le battement d'ailes d'un papillon au Brésil peut-il provoquer une tornade au Texas ?» Ce titre n'a pas seulement marqué les sciences, il a aussi laissé sa trace dans la culture populaire sous l'appellation de «l'effet papillon», que l'on résume couramment par l'expression «petite cause, grande conséquence». Cette expression, qui s'éloigne de l'idée initiale, contribue à la confusion dans laquelle baigne ce concept déjà assez difficile à comprendre. Comme Lorenz le précise au tout début de son article : «Minuscule disturbances neither increase nor decrease the frequency of occurrence of various weather events such as tornados [but only] modify the sequence in which these events occur [over the years.]»¹. Cet article a d'ailleurs donné naissance à la désormais célèbre théorie du chaos. Cette théorie nous permet d'étudier des systèmes complexes comme la météo, les marchés financiers et la dynamique des populations.

La suite logistique permet de faire un lien entre le chaos et le monde dans lequel nous vivons, car elle permet de prédire la dynamique des populations.

Ces systèmes sont tous affectés par plusieurs variables et évoluent de façon non linéaire. De plus, ils sont dits «chaotiques» et sont très sensibles aux conditions initiales. Cela signifie qu'une petite variation de la position initiale d'un tel système le fait évoluer de façon complètement différente de l'évolution attendue.

Pour bien comprendre ce qu'est réellement un système chaotique et ce qui n'en est pas un, le pendule simple et le pendule double sont de très bons exemples. Les deux sont des systèmes qui peuvent être vus comme déterministes, mais seul le pendule simple peut être considéré comme un système complètement déterministe. Cela s'explique par le fait que celui-ci, pour deux jeux de conditions initiales très semblables, va donner des résultats similaires. Ce résultat diffère dans le cas du pendule double, car celui-ci est un système chaotique, donc soumis à l'effet papillon. Cette dépendance aux conditions initiales pose problème lorsque nous voulons étudier et prédire le comportement d'un tel système. Dans le cas du pendule simple, on peut simuler l'évolution par des calculs ou avec un logiciel et prédire sa position à n'importe quel moment pour une position initiale donnée. L'observation d'un vrai pendule simple à partir d'une position initiale approximative ne cause pas de problème dans l'étude de celui-ci, car une petite variation au départ entraîne une petite variation à l'arrivée.

Dans le cas d'un pendule double, même la plus minime différence dans la position de départ entraîne une trajectoire totalement différente à celle attendue après un court intervalle de temps. Au premier instant, les 2 trajectoires se confondent, tant la différence entre les deux jeux de données initiales est petite. Puis, c'est le chaos; il devient difficile de croire que les deux pendules sont presque partis du même point. Ce résultat se transpose à tous les systèmes chaotiques et est même une caractéristique propre à ce type de systèmes. Cette dépendance aux conditions initiales est communément connue comme «effet papillon». Cette caractéristique découverte dans les années 60 a chamboulé le monde scientifique de l'époque en posant la question suivante : comment étudier ou prédire le comportement de tels systèmes ?

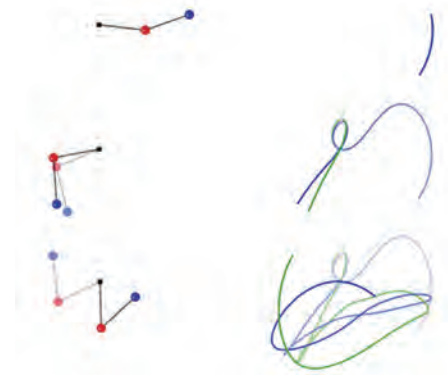


FIGURE 1 Montage d'images obtenues à partir d'un simulateur de trajectoires de pendules doubles. Source : Péchaud M. Chaos : l'exemple du pendule double [Internet]. [cité 30 mars 2021]. Disponible sur : <http://mpechaud.fr/scripts/penduledouble/pendule.html>

Les attracteurs sont ce qui se rapproche le plus d'une réponse à cette question. Un attracteur représente le seul comportement possible d'un système malgré des perturbations. Un pendule simple qui perd continuellement son énergie par frottement est un exemple élémentaire d'attracteur. Cet attracteur est un point appelé «point fixe». En observant toutes les trajectoires possibles de ce pendule sur un graphique de la vitesse en fonction de la position, on remarque qu'elles convergent en spirale vers un même point, soit l'attracteur. Conséquemment, même sans connaître la position de départ de ce pendule, on peut connaître sa position finale. Un pendule simple entretenu par un ressort possède un attracteur périodique. Après un long moment, il va trouver un équilibre en oscillant entre deux positions fixes. Sans connaître sa position initiale, on sait donc qu'après un long moment, la position du pendule variera périodiquement. Les systèmes chaotiques possèdent pour leur part des attracteurs, qu'on dit «étranges», c'est-à-dire non-périodiques (ne se répètent jamais) et d'une taille finie. Un attracteur étrange nous permet d'approximer le comportement d'un système chaotique, car on sait que peu importe les conditions initiales, le système va tendre vers son attracteur. Ce fait n'est malheureusement pas toujours très utile.²

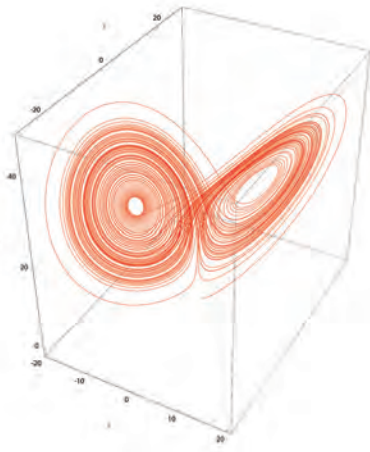


FIGURE 2 L'attracteur étrange de Lorenz dans un espace fini. Source : D.328. Lorenz attractor, boxed ($\rho=28$, $\sigma = 10$, $\beta = 8/3$), ultrahigh resolution [Internet]. 2008 [cité 13 avril 2021]. Disponible sur : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lorenz_attractor_boxed.svg

La suite logistique³ permet de faire un lien entre le chaos et le monde dans lequel nous vivons, car elle permet de prédire la dynamique des populations. La suite logistique prend la forme d'une fonction $x_{n+1} = \mu x_n (1 - x_n)$ où $\mu \in [0,4]$ et $x_0 \in [0,1]$. Cette fonction prédit les changements démographiques d'une population pour les années futures lorsqu'on connaît le paramètre μ , qui représente le taux de croissance de la population, et x_0 , qui correspond au rapport de la population actuelle sur la population maximale, donc la valeur de x_0 se situe entre 0 et 1. La façon de calculer cette équation consiste à itérer la fonction, c'est-à-dire à composer la fonction avec elle-même plusieurs fois. La valeur de la population se maintient toujours entre la valeur maximale et la valeur minimale, car lorsque la population est près de sa valeur maximale, certaines limitations (manque de nourriture, manque d'espace, etc.) la font diminuer, alors que lorsqu'elle est près de sa valeur minimale, les conditions deviennent propices à l'augmentation de la population (nourriture abondamment disponible, beaucoup d'espace disponible, etc.). Par conséquent, le nombre d'individus dans la population oscille et, après un certain temps, se stabilise lorsque la population atteint un équilibre. Prenons l'exemple d'une population de lapins ayant une valeur maximale de 10 000 individus et un $\mu = 2$. Si la population compte actuellement 7 800 individus ($x_0 = 7\,800/10\,000 = 0,78$), elle en comptera 3 432 l'année suivante ($x_1 = 2 \cdot 0,78 \cdot (1 - 0,78) = 0,3432$) et va se stabiliser à 5 000 individus après plusieurs années.

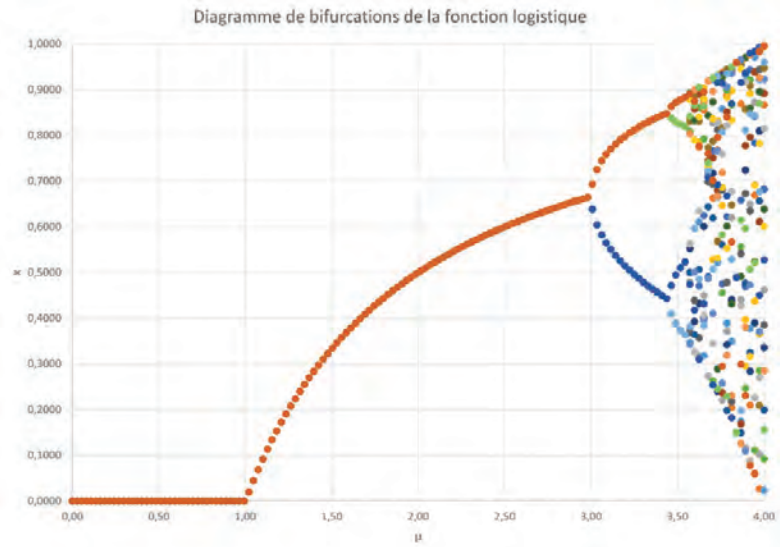


FIGURE 3 Diagramme de bifurcations. Source : Maxim Bresseur, graphique créé à l'aide du logiciel Excel, 2021, Saint-Zotique.

Si nous considérons la même situation, mais avec un $\mu = 3,3$, la population n'atteindra jamais d'équilibre fixe. Elle va plutôt, après plusieurs années, se stabiliser en alternant entre deux valeurs de façon cyclique. Après plusieurs années, il y aura 4 794 individus puis, l'année suivante, il y en aura 8 236, puis 4 794... Ce phénomène d'oscillations cycliques entre plusieurs valeurs peut être représenté graphiquement en utilisant un diagramme de bifurcations. Un diagramme de bifurcations est une représentation graphique des valeurs que peut prendre x (le nombre d'individus) après plusieurs années en fonction de la valeur du paramètre μ .

Le diagramme de bifurcations montre que lorsque $0 \leq \mu \leq 3$, la population se stabilise sur une seule valeur, mais lorsque μ augmente à plus de 3, la population oscille entre deux valeurs, puis entre quatre valeurs si μ augmente encore, puis entre huit valeurs, etc. De plus, lorsque $0 \leq \mu < 3,57$, le nombre d'individus dans la population de départ n'affecte pas la dynamique de la population. Cependant, lorsque $3,57 \leq \mu \leq 4$, la population semble osciller entre des valeurs aléatoires et un changement, même minime, dans la population initiale en affecte drastiquement la dynamique : c'est le chaos.

En fin de compte, la théorie du chaos est bien plus vaste que ce que nous avons présenté. Elle est impliquée non seulement en météorologie et dans la croissance d'une population, mais aussi dans la description de l'orbite des corps célestes, de la fluctuation des marchés boursiers et de bien d'autres phénomènes. Elle pourrait même nous permettre de décrire parfaitement notre futur et notre passé, comme peut le faire le « démon de Laplace », présenté dans l'exercice de pensée de Pierre-Simon Laplace discuté dans son *Essai philosophique sur les probabilités*. Il stipule qu'une « intelligence » qui connaît toutes les lois et les données qui nous entourent serait en mesure de connaître le passé et de prédire l'avenir. La théorie du chaos nous permettrait-elle d'atteindre cet état d'omnipotence ?

RÉFÉRENCES :

1. Lorenz E. The essence of chaos. University of Washington Press; 1993. 227 p.
2. Gleick J. La théorie du chaos vers une nouvelle science. Vol. 1. Flammarion; 1991. 431 p.
3. Perrin D. La suite logistique et le chaos. [cité 8 mars 2021]; 63. Disponible sur : <https://www.imo.universite-paris-saclay.fr/~perrin/Conferences/logistiqueDP.pdf>

Le pouding à l'arsenic

Par Myriam Germain et Emmy Leduc

L'arsenic, un puissant poison autrefois très populaire, peut occasionner la mort par l'ingestion de moins d'un seul gramme. Toutefois, un mystère persiste : comment une molécule si petite peut-elle avoir un effet aussi dévastateur sur un être humain ?

D'Astérix et Obélix en passant par Napoléon Bonaparte, l'arsenic a longtemps été utilisé comme arme meurtrière. Poison prisé pour effectuer des assassinats, il est efficace et agit discrètement lorsqu'il est ingéré à forte dose. Sa forme la plus toxique, l'anhydride arsénieux, est retrouvée dans la nature sous la forme d'une poudre blanche. Elle n'a pas d'odeur et passe donc inaperçue lors de la consommation du poison. Cette poudre se dissout très rapidement dans les milieux basiques. Il suffit donc de trouver un liquide basique pour y dissoudre son poison et commettre un crime mortel. Lorsqu'il agit dans le corps, il a un effet sur les cellules et cause par la suite différents symptômes.

Lorsqu'ingéré, l'arsenic se propage dans les tissus composant les différents organes de notre corps pour ensuite être absorbé par les cellules. Les mécanismes exacts par lesquels l'arsenic attaque les cellules n'ont pas encore été découverts. Toutefois, plusieurs études ont été faites afin de déterminer quelles molécules sont ciblées par l'arsenic et quelles sont les conséquences de ces attaques.

D'Astérix et Obélix
en passant par
Napoléon Bonaparte,
l'arsenic a longtemps
été utilisé comme
arme meurtrière.

En général, il faut savoir que l'arsenic se lie à diverses protéines de notre corps. En modifiant leur structure chimique, l'arsenic les empêche d'effectuer leur fonction, ce qui, lorsqu'on en ingère suffisamment, crée un déséquilibre dans différents systèmes de notre corps. C'est ce qui occasionne les divers symptômes qui seront discutés plus bas.

D'abord, sous sa forme pentavalente (As V), l'arsenic ressemble énormément aux groupes phosphates faisant partie de l'adénosine triphosphate (ATP) présente dans les cellules. L'ATP est une molécule essentielle à notre survie : c'est elle qui procure presque toute l'énergie nécessaire au bon fonctionnement de notre corps ! Grâce à sa ressemblance avec le phosphate, l'arsenic peut remplacer celui-ci dans sa fonction, c'est-à-dire fournir de l'énergie. Sans cette énergie, les cellules ne peuvent plus effectuer les nombreuses réactions chimiques essentielles à leur bon fonctionnement. Parmi ces réactions, on retrouve celles dans le noyau pour la formation de l'ADN, celles avec les protéines transmembranaires qui assurent le passage de molécules entre l'intérieur et l'extérieur des cellules, et bien d'autres encore.

Sous sa forme trivalente (As III), l'arsenic réagit facilement avec les fonctions thiol (R-SH). La cystéine, par exemple, est un acide aminé comportant une fonction thiol. Sachant que les protéines de notre corps sont essentiellement formées de chaînes d'acides aminés, de nombreuses protéines contiennent alors la cystéine. Ainsi, l'arsenic peut facilement venir se lier à la fonction thiol présente sur la cystéine d'une protéine, ce qui modifie, entre autres, la structure de la protéine attaquée, l'empêchant donc d'effectuer sa fonction. En effet, il a été démontré que l'arsenic peut inhiber 200 protéines de toutes sortes, par exemple des protéines jouant un rôle dans la réparation de l'ADN ou la production d'énergie dans les cellules.^{1,2}

L'altération des protéines en présence d'arsenic, lors d'une consommation à long terme, entraîne plusieurs effets. Lorsque l'intoxication se fait sur une période étendue par ingestion récurrente de petites doses, les effets diffèrent légèrement d'une intoxication aiguë. Le premier organe à être attaqué par les molécules d'arsenic est le foie. Les molécules d'arsenic viennent se lier aux protéines du foie, ce qui crée différentes pathologies, dont l'hépatomégalie (une hypertrophie du foie) ou la cirrhose (inflammation chronique du foie).

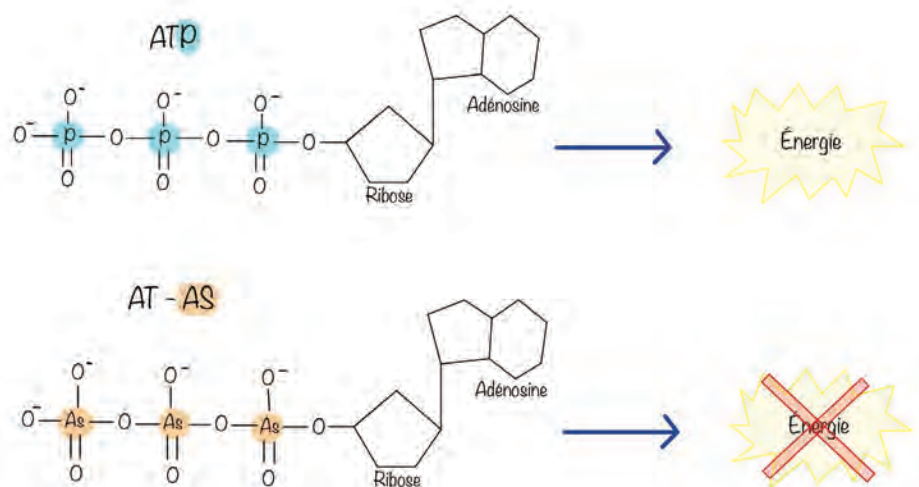


FIGURE 1 La structure de la molécule d'adénosine triphosphate (ATP) avec, en bleu, ses atomes de phosphate. Cette molécule procure de l'énergie à notre corps. Puis, la molécule d'ATP après avoir été attaquée par l'arsenic, qu'on pourrait appeler adénosine triarsénate (AT-As), avec, en orange, les atomes d'arsenic ayant remplacé les atomes de phosphate. Cette molécule ne procure pas d'énergie. Source : Myriam Germain, image créée à l'aide du logiciel GoodNotes, 2021, Châteauguay.

On note aussi des effets sur le système cardiovasculaire. Ce ne sont pas les molécules d'arsenic à elles seules qui causent ces symptômes, mais elles y contribuent. L'arsenic stimule les cellules endothéliales vasculaires, qui augmentent alors l'activité des enzymes NADP-oxydase. Cette variation à la hausse de l'activité enzymatique perturbe la régulation des médiateurs inflammatoires, ce qui provoque ou amplifie des lésions athérosclérotiques. Ces lésions provoquent l'accumulation de plaques dans les vaisseaux sanguins et causent leur rétrécissement et leur durcissement. Ces perturbations des enzymes peuvent créer des dommages comme des maladies cardiovasculaires, l'hypertrophie de la paroi ventriculaire, l'hypertension ou encore de l'arythmie cardiaque.²

Il y a également les cas où l'arsenic cause la mort après une consommation rapide et à forte dose. Lors d'un empoisonnement, l'arsenic est généralement ingéré par la voie digestive et se transmet dans les cellules qui ne deviennent plus en mesure d'effectuer leur travail, surtout lorsque le poison atteint le cerveau et le système nerveux. Il existe différentes réactions et différents symptômes selon la quantité d'arsenic ingérée lors de l'empoisonnement. Une dose correspondant à une intoxication suraiguë, caractérisée par des symptômes qui se développent rapidement et qui entraînent la mort, provoque des vomissements douloureux contenant de la bile et du sang, une diarrhée, une sensation de soif vive et intense ainsi que le resserrement de la gorge.

Puis, dans les heures suivantes, les membres du corps se refroidissent et le pouls devient de plus en plus faible. Alors, il y a perte de conscience et la mort survient après quelques heures.

Pour un empoisonnement aigu, soit une dose d'environ 2 mg/kg, il faut environ 1 à 2 heures avant que les premiers symptômes apparaissent à la suite de l'absorption de l'arsenic dans les cellules et dans le corps. Étant un composé affectant les enzymes du corps, il crée différentes perturbations dans le système puisque les enzymes ne peuvent plus effectuer correctement leur travail. Cela occasionne aussi des troubles digestifs intenses, une sensation de soif ainsi qu'une diminution importante de la production d'urine. Après 3 ou 4 jours, il semble y avoir une amélioration des symptômes, mais elle est trompeuse, puisqu'ils réapparaîtront avec encore plus de force. Il y aura alors apparition de lésions cutanées et des troubles cardiaques qui provoqueront le refroidissement des doigts et des pieds. Ces nouvelles manifestations signalent l'augmentation de la gravité de l'intoxication. C'est après 6 à 10 jours que la mort se produira, résultat d'un effondrement cardiaque dû à une myocardie grasseuse.³

Il a aussi été prouvé que l'arsenic est cancérigène. Sans toutefois connaître les mécanismes exacts expliquant cela, plusieurs faits ont été découverts à ce sujet. Il a été démontré que l'arsenic peut altérer l'ADN, notamment certains gènes responsables de la croissance cellulaire,

comme le P53, responsable de freiner la formation des tumeurs chez l'être humain. De plus, l'effet de l'arsenic sur l'ATP et la cystéine peut causer la mort cellulaire de plusieurs organes, comme le foie, ce qui peut indirectement entraîner le cancer. En effet, pour compenser la mort cellulaire, il se produit une grande régénération cellulaire dans les organes atteints, c'est-à-dire que les cellules se reproduisent rapidement et en grande quantité. En additionnant ces effets néfastes de l'arsenic sur les cellules à quelques autres que nous ne détaillerons pas ici, nous pouvons conclure que l'arsenic favorise la formation et la croissance de cancer.

Bien que l'arsenic soit considéré comme un poison extrêmement dangereux, sa toxicité n'a pas empêché les scientifiques de lui trouver une utilité. En effet, comme mentionné précédemment, les molécules d'arsenic sont cytotoxiques, elles font donc mourir les cellules. La mort des cellules normales est dangereuse, mais qu'arriverait-il si l'on utilisait cette propriété sur des cellules cancéreuses ? Cela n'éliminerait-il pas les tumeurs ? C'est effectivement l'utilisation qu'on en fait en médecine contre une forme rare de leucémie, la leucémie aigüe promyélocytaire.

RÉFÉRENCES :

1. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). TOXICOLOGICAL PROFILE FOR ARSENIC. août 2007 ; 559.
2. Khairul I, Wang QQ, Jiang YH, Wang C, Naranmandura H. Metabolism, toxicity and anticancer activities of arsenic compounds. *Oncotarget*. 18 janv 2017;8(14):23905-26.
3. Khaled T. INTOXICATION PAR L'ARSENIC [Internet]. Documents de Médecine Légale. 2010 [cité 13 mars 2021]. Disponible sur : <https://medecinelegale.wordpress.com/2010/10/31/intoxication-par-l-arsenic/>

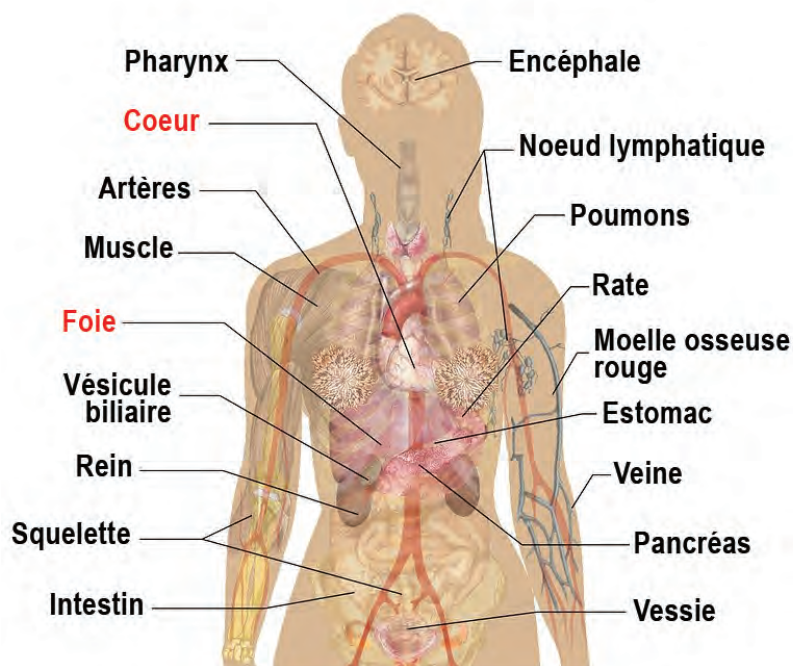


FIGURE 2 Les organes qui sont majoritairement atteints lors d'une consommation d'arsenic à faible dose et à long terme. Le foie devient dysfonctionnel et le système cardiaque est affecté.⁴ Source : Altmann. Image gratuite sur Pixabay - L'Homme, Femme, Schéma, Corps [Internet]. [cité 7 avril 2021]. Disponible sur : <https://pixabay.com/fr/illustrations/l-homme-femme-sch%C3%A9ma-corps-144378/>

Protéger le Fou de Bassan : une idée pas si folle

Par Maude Bettez-Rajotte, Marie-Catherine Gagné
et Alexe Paquette

Si vous vous êtes déjà réjouis de l'augmentation de la température de l'eau lors d'une baignade dans la mer, ravisez-vous : cela peut mener au bouleversement des niches écologiques de plusieurs espèces, dont les Fous de Bassan, un oiseau unique au monde !

Avez-vous profité de l'été confiné pour voyager à travers le Québec et découvrir de nouveaux endroits que vous n'aviez jamais explorés auparavant ? Si oui, vous êtes peut-être allés en Gaspésie, où vous avez sûrement croisé les Fous de Bassan (*Morus bassanus*), une espèce présente en grand nombre sur l'île Bonaventure. Malgré l'odeur inoubliable dégagée par ces ovipares qui en incommodent plus d'un, ils sont tout de même une espèce à protéger, car l'afflux de touristes les affecte négativement. En effet, l'augmentation du tourisme contribue entre autres aux changements climatiques qui viennent perturber la niche écologique des Fous de Bassan. Dans cet article, nous aborderons les caractéristiques principales de cet oiseau et de la manière dont les changements climatiques affectent son aire de répartition, son alimentation et sa reproduction.

Caractéristiques principales

Le Fou de Bassan est un oiseau reconnaissable à son plumage blanc éclatant, à ses larges ailes à pointe noire et à sa grande envergure (voir figure 1). En effet, il est le plus grand oiseau marin d'Amérique du Nord. Cet ovipare est également un chasseur redoutable. Il est doté d'un bec puissant, effilé et long de 100 mm. Grâce à ses yeux situés à l'avant de son crâne, il peut apercevoir ses proies d'une hauteur allant jusqu'à 30 m.¹ Pour les atteindre, cet oiseau se sert des vents, plus précisément des courants d'air causés par la déflexion ascensionnelle créée par les vagues pour planer durant des heures à la recherche de poissons. D'ailleurs, un fait notable sur cet oiseau est que sa capacité de planage surpasse celle de n'importe quel planeur confectionné par l'homme. Par contre, lorsqu'il se trouve sur la terre ferme, le Fou de Bassan est peu à l'aise, puisque ses jambes courtes et ses pattes palmées le ralentissent.

Par ailleurs, il y a trois sous-espèces connues de Fou de Bassan disséminées à travers le monde. On les retrouve au sud de l'Afrique, en Nouvelle-Zélande et dans l'Atlantique Nord. Effectivement, il y a 87900 individus sur la côte atlantique de l'Amérique du Nord.¹ Les Fous de Bassan vivent sur des falaises, sur des crêtes d'îles ou sur des côtes.



FIGURE 1 Un Fou de Bassan en vol. Source : Botha P. Unsplash [Internet]. 2021 [cité 1^{er} avril 2021]. Disponible sur : <https://unsplash.com/photos/ypoQA6B52a4>

Plus précisément, c'est au Québec qu'on retrouve la plus grande concentration de Fous de Bassan, qui se regroupent en trois colonies. La plus grosse se trouve près de chez nous, soit en Gaspésie, sur l'île Bonaventure (voir figure 2). Le rocher aux Oiseaux, situé aux Îles-de-la-Madeleine, et la falaise aux Goélands, situés à l'île d'Anticosti, abritent aussi ces oiseaux.

Alimentation

Comme mentionné précédemment, le Fou de Bassan se nourrit en plongeant sur ses proies. Il chasse parfois en groupe, et lorsque ces oiseaux tombent sur un banc de poissons, ils ont tendance à s'y attaquer à plusieurs. Leurs proies de prédilection sont les harengs, les maquereaux, les capelans, les lançons et les calmars.¹ Les maquereaux sont une des sources principales de nourriture, et quand cette ressource vient à manquer, cela perturbe la niche écologique du Fou de Bassan. En effet, la population de maquereaux est affectée négativement par les changements climatiques. Ceux-ci provoquent, entre autres, la hausse de la température de l'eau, et puisque les maquereaux y sont très sensibles, ils se relocalisent vers des milieux plus froids. Par exemple, en 2012, une des années où la température terrestre globale a été la plus élevée, la température de l'eau a augmenté de 4 degrés.²



FIGURE 2 La colonie de Fous de Bassan sur l'île Bonaventure. Source : Ehlers M. Pexels [Internet]. 2020 [cité 1^{er} avril 2021]. Disponible sur : <https://www.pexels.com/fr-fr/chercher/gannets>

Face à ces augmentations, les maquereaux se dirigent vers des eaux plus profondes ou au large des côtes. Cela fait en sorte que les Fous de Bassan doivent rechercher leur nourriture beaucoup plus loin que leur zone de chasse normale, ce qui les force à désertir leurs nids. Ces longs allers-retours les vident de leurs forces et ils n'ont pas toujours l'énergie pour revenir s'occuper de leurs petits (voir figure 3). Des pêcheurs ont aussi remarqué que les Fous de Bassan plongeaient pour récupérer les restants comestibles des bateaux de pêche, ce qui illustre que certains oiseaux étaient réellement affamés à cause de l'exode des maquereaux.³ Conséquemment, les oisillons se retrouvent abandonnés pour de longues périodes de temps, ce qui les rend vulnérables à des attaques de prédateurs, comme le renard roux, qu'on retrouve notamment sur l'île Bonaventure. Parfois, ces oisillons finissent par mourir de faim quand leurs parents ne reviennent pas ou tombent en bas des falaises, car ils sont trop faibles pour s'y agripper.³

Reproduction

Pour ce qui est du processus normal de reproduction, la nidification est un élément clé du processus. En effet, les Fous de Bassan sont non seulement fidèles envers leur partenaire, mais aussi envers leur nid, qu'ils conservent et épaississent au fil des ans. La parade d'un couple, soit le mâle qui séduit la femelle en déployant ses ailes et en faisant des courbettes, influence l'accouplement de tous les autres couples. Par rapport à la répartition dans la colonie, les oiseaux matures se retrouvent au centre tandis que les plus jeunes sont en périphérie, où ils tentent d'imiter les plus vieux pour apprendre les rôles reproducteurs. À la suite de l'accouplement, la femelle pond un seul œuf entre la fin mai et la mi-juin, puis le couve pour 40 jours. La naissance des premiers petits se fait habituellement au début du mois de juillet.¹ Ceux-ci sont sans défense et incapables de se nourrir par eux-mêmes, ce qui les rend complètement dépendants de leurs parents pour quelques semaines. Il est donc clair que le départ prolongé des parents à la recherche de nourriture conduira à la mort des bébés naissants. De plus, le manque de nourriture affecte à la baisse le succès reproducteur des Fous de Bassan. En effet, le taux de reproduction habituel varie entre 50 et 70 %, tandis qu'en 2012, le succès reproducteur a été de moins de 8 % dans la colonie habitant l'île Bonaventure.² On peut faire le lien avec le fait que cette année était une des plus chaudes, ce qui a augmenté la température de l'eau et chamboulé l'accès à la nourriture. Si la tendance se maintient, l'île Bonaventure ne sera plus un lieu propice à la reproduction de ces oiseaux.



FIGURE 3 Un Fou de Bassan parent qui nourrit son enfant. Source : Botha P. Unsplash [Internet]. 2021 [cité 1^{er} avril 2021]. Disponible sur : <https://unsplash.com/photos/ypoQA6B52a4>

Les Fous de Bassan sont non seulement fidèles envers leur partenaire, mais aussi envers leur nid, qu'ils conservent et épaississent au fil des ans.

Effets des activités humaines

Les activités humaines ont toujours contribué à la disparition des Fous de Bassan. Tout a commencé dans les années 1850, quand des pêcheurs, des chasseurs d'oiseaux de mer et des ravitailleurs de navire ont commencé à s'attaquer aux Fous de Bassan. Leur population est passée de 200 000 en 1830 à 8000 en 1880.¹ De nos jours, la population a augmenté et on retrouve 87 900 individus sur la côte atlantique de l'Amérique du Nord et 444 000 individus de l'autre côté de l'Atlantique.¹ Pourtant, les Fous de Bassan sont encore menacés par les activités humaines. Par exemple, les pesticides, plus précisément l'insecticide DDT, ont causé une diminution de la population dans les années 1970. Ces pesticides étaient ingérés par les poissons, puis les Fous de Bassan mangeaient les poissons et absorbaient ainsi le DDT. Ce pesticide rendait les coquilles des œufs trop minces, ce qui diminuait le taux de succès des éclosions.

Une autre menace causée par les activités humaines, encore à ce jour, est le pétrole qui se répand dans l'eau à la suite des marées noires ou lorsque les bateaux touristiques et de marchandises rejettent l'eau de cale dans la mer. Au contact du pétrole, les plumes des Fous de Bassan perdent leur imperméabilité et en mangeant les poissons contaminés par le pétrole, les oiseaux s'empoisonnent peu à peu.

En somme, les Fous de Bassan sont des oiseaux uniques qui doivent être protégés des menaces provenant de l'activité humaine et des changements climatiques. En effet, les activités humaines causent l'empoisonnement de ces ovipares et la baisse de leur succès reproducteur, tandis que les changements climatiques affectent leur accès à la nourriture. Ainsi, lors de votre prochaine visite en Gaspésie, prêtez attention où vous mettez les pieds, car une visite anodine peut représenter un risque réel pour de nombreuses espèces locales.

RÉFÉRENCES :

1. Fédération canadienne de la faune. Le Fou de Bassan [Internet]. Faune et flore du pays. 1993 [cité 1^{er} avr. 2021]. Disponible sur : <https://www.hww.ca/fr/faune/oiseaux/le-fou-de-bassan.html>
2. Shields A. Le climat menace les Fous de Bassan [Internet]. Le Devoir. 2013 [cité 1^{er} avr. 2021]. Disponible sur : <https://www.ledevoir.com/societe/environnement/380285/le-climat-menace-les-fous-de-bassan>
3. Montgomery M. Climate change and abnormal behaviour of gannets [Internet]. RCI : Radio-Canada International. Radio-Canada International; 2014 [cité 1^{er} avr. 2021]. Disponible sur : <https://www.rcinet.ca/en/2014/09/18/climate-change-and-abnormal-behaviour-of-gannets/>

Les finissant(e)s en Sciences de la nature du



Cégep de Valleyfield et leurs professeur(e)s



Phytoremédiation ? Ça rime avec décontamination !

Par Émilie Legault
et Mégane Sévigny

Dans une société où la pollution est de plus en plus importante, il est primordial de s'attarder à trouver des solutions pour remédier à ce problème. Parmi les types de pollution, la contamination des sols crée des enjeux majeurs dans les écosystèmes. Dans cet article, nous allons aborder une technique innovatrice et prometteuse de décontamination des sols par les plantes, soit la phytoremédiation.

Contamination des sols

Tout d'abord, nous devons considérer le défi sociétal de la contamination des sols. L'activité humaine est au cœur du problème de pollution de nos terres. En effet, parmi ces activités néfastes, on retrouve la pollution industrielle, la circulation automobile, l'accumulation des déchets urbains, l'utilisation de pesticides et bien d'autres. Ces activités polluantes introduisent autant des contaminants organiques, comme les produits pétroliers et les pesticides, que des contaminants inorganiques, comme les métaux lourds. Parmi ceux-ci, nous retrouvons notamment le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et le zinc (Zn). En trop grande quantité dans le sol, ces substances sont nuisibles à l'environnement ainsi qu'à tous les organismes vivants.¹



FIGURE 1 Exemple de sol contaminé par des produits toxiques. Source : Marie-Ève Ouellet-Quenneville, 2021, Montréal.

Avant d'aller plus loin, il est important de comprendre ce qu'est un sol. Celui-ci se forme, avec le temps, par l'érosion des roches en surface et par la décomposition de la matière organique. La composition du sol variera en fonction de la présence plus ou moins grande de sables, d'argiles et de matières organiques décomposées.

Lorsque tous ces éléments seront réunis, on dira d'un sol qu'il est « humifère ». La couche superficielle de la croûte terrestre comporte plusieurs types de sols, parfois bien spécifiques à certaines régions du globe.

La phytoremédiation est la technique la plus prometteuse et durable pour décontaminer les sols de demain.

Habituellement, afin de libérer le sol de ses éléments néfastes, nous utilisons des méthodes traditionnelles, telles que l'excavation, le confinement et le lavage. L'excavation est le fait de creuser afin d'extraire la partie polluée et de la transporter jusqu'à un site d'enfouissement. En plus de déplacer le problème, il y a un risque de contamination lors du transport, c'est-à-dire lorsque des contaminants tombent des camions de transport. Le confinement, quant à lui, consiste à isoler la partie du sol contaminé en construisant une cloison souterraine et étanche autour du terrain. Ainsi, on empêche l'expansion des particules polluantes. Enfin, le lavage est une technique qui implique également d'excaver la terre. Cependant, ce n'est pas pour l'enfouir ailleurs, mais bien pour la traiter. Effectivement, la terre est « lavée » avec des agents chimiques d'extraction tels que l'acide. Cette méthode compromet grandement la diversité biologique du sol ainsi que sa composition chimique. En plus d'être très coûteuses, ces méthodes conventionnelles ne suivent pas le principe de développement durable. Donc, dans le but de traiter réellement le problème, il serait essentiel de se tourner vers des solutions plus responsables.²

Phytoremédiation

Dans la dernière décennie, une nouvelle méthode de décontamination des sols a fait son apparition. Cette nouvelle technique utilise tout simplement le mécanisme naturel d'absorption des plantes pour dépolluer nos terrains. On appelle ce processus la « phytoremédiation ».

Il existe plus d'un mécanisme de décontamination. En effet, les plantes peuvent agir différemment selon l'espèce et le type de polluants retrouvés dans le terrain. Premièrement, on compte la rhizofiltration parmi l'un des mécanismes. Cette méthode est utilisée principalement pour filtrer des plans d'eau. Lors du procédé, les racines de certaines plantes agissent comme des sortes de pompes qui sont capables d'absorber différents contaminants, notamment des métaux lourds. La plante est ensuite capable de concentrer les métaux en elle. Deuxièmement, les plantes ont de petits trous partout sur leurs tissus qui leur permettent de faire des échanges gazeux avec l'air. C'est par ces petits orifices appelés « stomates » que certains polluants peuvent être transformés à l'état gazeux pour ensuite être expulsés dans l'atmosphère. C'est ce qu'on appelle la phytovolatilisation. Troisièmement, on retrouve aussi la phytostabilisation parmi les différents types de phytoremédiation. Cette technique agit de manière à contrôler les polluants plutôt qu'à décontaminer les sols. Effectivement, les racines des plantes sélectionnées agissent comme une sorte de barrière et empêchent les polluants de s'infiltrer et de se répandre dans le sol. Finalement, nous connaissons aussi la phytoextraction. Lors de ce processus, une plante a la capacité d'extraire certains polluants, plus particulièrement les métaux, pour ensuite les stocker dans ses différentes composantes.

Mais comment les plantes peuvent-elles extraire les contaminants ?

Comme nous le savons, les plantes se servent de leurs racines enfouies dans le sol afin de s'approvisionner en eau et en nutriments qui sont essentiels à leur survie.

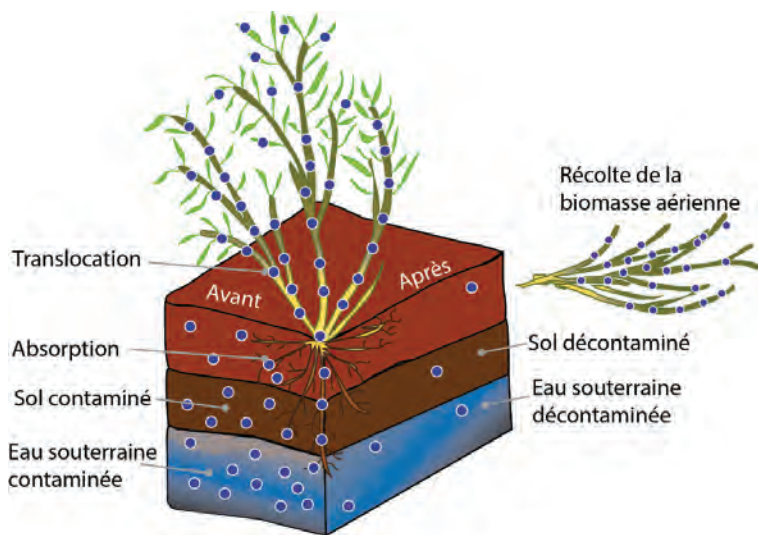


FIGURE 2 Mécanisme de phytoextraction. Source : Société québécoise de phytotechnologies. [Internet]. 2017. [Cité le 12 avril 2021]. Disponible sur : <http://www.phytotechno.com/phytotechnologies/>

Une plante peut absorber des minéraux sur une grande superficie, car elle peut les attirer lorsqu'ils sont situés jusqu'à plusieurs décimètres d'elle à l'aide de ses racines. Un végétal sera en mesure d'absorber des éléments sous forme d'ions à l'aide de ses racines. Les ions métalliques peuvent traverser la membrane des racines grâce à des canaux et des protéines de transport membranaires. Quant aux polluants organiques, non essentiels aux plantes, ils peuvent traverser la membrane plasmique des cellules des racines par diffusion. On peut comparer les racines d'un végétal à une éponge, car comme les éponges, les racines ont la capacité d'absorber en très grande quantité et de retenir ce dont elles s'imbibent. À leur arrivée dans les racines, les polluants peuvent être dégradés ou redirigés vers les parties aériennes de la plante, par exemple la tige et les feuilles, où ils sont stockés. Les végétaux peuvent ensuite être récoltés pour pouvoir disposer des métaux qu'elles contiennent. Il est même possible de recycler ces métaux. Toutefois, les différentes espèces de plantes n'absorbent pas les mêmes polluants dans les mêmes proportions. En effet, afin d'accomplir la tâche de décontaminer les sols, il faut utiliser des plantes qui ont des caractéristiques favorables à la décontamination.²

Plantes hyperaccumulatrices

Pour pouvoir être la plus efficace lors de la phytoremédiation, une plante doit être hyperaccumulatrice. On qualifie un végétal ainsi lorsqu'il peut accumuler, sans être affecté, une quantité impressionnante de métaux et autres polluants à une concentration qui serait normalement dommageable pour l'organisme. Par exemple, on retrouve habituellement 1 à 10 mg de nickel par kilogramme de masse sèche.

Par contre, l'espèce *Hybanthus floribundus* peut accumuler jusqu'à 14000 mg Ni/kg, ce qui la rend très intéressante par rapport à la phytoremédiation. On cherche aussi des plantes capables de résister à un milieu extrême. En effet, les sols trop pollués exercent un grand stress sur certaines plantes puisqu'elles ont de la difficulté à s'approvisionner en nutriments. Les espèces ayant un grand réseau racinaire et une croissance rapide sont à prioriser, car une plus grande superficie de sol pourra être dépolluée rapidement.²



FIGURE 3 L'espèce *Hybanthus floribundus* est une plante hyperaccumulatrice de nickel originaire d'Australie. Source : HYBANTHUS floribundus Shrub Violet. Jean and Fred. 2010. [Internet]. [Consulté le 12 avril 2021]. Disponible sur : https://www.flickr.com/photos/jean_hort/4734670583

À retenir !

La phytoremédiation présente certes des points positifs, mais aussi des points négatifs non négligeables. Un végétal est en mesure de décontaminer le sol au niveau de ses racines.

Voilà également sa limite, car les sols peuvent être contaminés jusqu'à une profondeur beaucoup plus grande que celle qui peut être atteinte par les racines. Également, le temps de croissance d'une plante est allongé lorsqu'elle ne pousse pas dans un milieu favorable, comme dans des sols pollués. En conséquence, lorsqu'on veut décontaminer un sol par la phytoremédiation, il faut prévoir une période de temps assez longue. Afin de maximiser les effets de la méthode, il faut utiliser des plantes spécifiques pour décontaminer des types de sols particuliers. Il est donc nécessaire de faire un travail d'analyse afin de savoir le type de contaminants présents et, ainsi, choisir les végétaux les mieux adaptés.

Malgré les désavantages, la phytoremédiation comporte des points positifs majeurs. Effectivement, cette technique de décontamination est beaucoup moins coûteuse que les autres méthodes traditionnelles. Par exemple, pour décontaminer un terrain d'une superficie de 16 terrains de tennis par les méthodes traditionnelles, il faudra prévoir un coût d'un million de dollars. En contrepartie, le coût de décontamination de ce même terrain avec la phytoremédiation serait de 100 à 10000 fois moins élevé. De plus, il ne faut pas oublier que cette méthode, qui respecte les principes du développement durable, a également un impact positif sur le comportement humain, car les espaces verts et les aménagements paysagers aident à diminuer le niveau de stress des citoyens.³

En conclusion, la phytoremédiation devrait être mise de l'avant puisqu'après analyse, les avantages surpassent les désavantages. Effectivement, l'aspect du développement durable de la méthode fait en sorte qu'elle se démarque positivement des autres. C'est du jamais vu ! La phytoremédiation est la technique la plus prometteuse et durable pour décontaminer les sols de demain.

RÉFÉRENCES :

1. Dosso M. Sols - Dégradation des sols. In Encyclopædia Universalis; 2021. [Consulté le 19 février 2021]. Disponible : <https://universalis-valleyfield.proxy.collecto.ca/encyclopedie/sols-erosion/>
2. Lefebvre R. Réhabilitation d'un site contaminé de la ville de Montréal par des approches de phytoremédiation (mémoire) [Internet]. 2007. [Consulté le 25 mars 2021]. Disponible : https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/bitstream/handle/1866/8144/Lefebvre_Rosalie__memoire.pdf?sequence=1&isAllowed=y
3. Origo N, Wicherek S, Hotyat M. Réhabilitation des sites pollués par phytoremédiation. Vertigo Rev Electronique En Sci L'environnement. 2012;12(2):1-14. Disponible : <https://journals.openedition.org/vertigo/12633?lang=fr>

En route avec les mathématiques !

Par Zacharie Bourassa, Isaac Tremblay et Étienne Perron

Vous conduisez sur l'autoroute et vous devez emprunter la prochaine sortie pour arriver à votre destination. Alors que vous vous trouvez dans la courbe, vous remarquez que le virage se fait tout en douceur. Ceci n'est pas dû au hasard, mais bien à un type de courbure complexe nommé la « clothoïde ».

Mise en contexte¹

Cette dernière a été découverte à trois reprises par des mathématiciens indépendants. Le premier fut Jacques Bernoulli (1655-1705), qui tentait de résoudre un problème d'élasticité. Le deuxième fut Augustin Fresnel (1788-1827), aux prises avec un problème de diffraction de la lumière. Enfin, Arthur Talbot (1857-1942), en quête d'offrir un voyage plus confortable aux utilisateurs de véhicules ferroviaires, la redécouvrit. Les trois mathématiciens avaient observé une courbe similaire. Cependant, ils ignoraient l'importance qu'aurait cette dernière aujourd'hui.

Explication et représentation²

Pour comprendre l'importance de la création d'une courbe graduelle, on doit analyser le concept de frottement. Vous avez probablement déjà fait face à une situation où l'on vous demandait de pousser (ou tirer) une charge relativement élevée. Au premier essai, vous avez constaté le véritable poids de l'objet étant donné votre incapacité à le déloger. Cependant, au second essai, vous réussissez à atteindre votre objectif en appliquant une plus grande force à votre effort. La résistance que vous avez dû vaincre est le phénomène du frottement. Au premier essai, le frottement était statique puisque la force que vous avez apportée n'était pas suffisante pour déplacer l'objet. Toutefois, au second essai, l'effort que vous avez appliqué était supérieur à la résistance offerte par le frottement statique, ce qui a permis à l'objet de se déplacer. Dès que ce dernier est en mouvement, vous faites face au frottement cinétique : l'objet glisse sur la surface.

Lorsqu'une voiture en mouvement tourne, mais conserve sa trajectoire, le frottement statique est toujours en jeu puisque les roues adhèrent toujours à la surface (souvent l'asphalte). Par contre, lorsque les roues commencent à crisser, nous savons que l'on entre en frottement cinétique. Cette situation est communément désignée par le terme « dérapage ».

Un autre phénomène physique que nous observons sur les routes est l'accélération centripète. Ce dernier se manifeste lorsqu'une voiture tourne. Cependant, bien que le nom comporte le terme « accélération », ceci n'implique pas un changement de vitesse. Il est plutôt question de modification continue de l'orientation de la direction. En d'autres mots, l'accélération centripète est ce qui permet à la voiture de tourner. Cette accélération est décrite par la formule suivante : $a_c = v^2/r$. On observe que la vitesse (v) joue un grand rôle : lorsqu'on la double, l'accélération quadruple. En revanche, lorsque le rayon (r) augmente, on diminue ce changement de direction. Une forte accélération centripète signifie que les roues de la voiture subissent une grande force. Les chances que la voiture dérape sont alors plus grandes. Ainsi, les ingénieurs qui conçoivent les routes tentent de diminuer l'accélération centripète. Puisqu'ils n'ont aucun contrôle sur la vitesse des automobilistes, ils préfèrent modifier la valeur du rayon de la courbe à laquelle ils vont faire face. Cependant, ce qui est réellement nécessaire pour éviter le dérapage est une augmentation graduelle de la courbe : si la transition entre la ligne droite et la courbe est trop brusque, les pneus vont crisser et déraiper. Afin de résoudre ce problème, les architectes des routes utilisent une courbe spéciale permettant la diminution graduelle du rayon qui définit la courbe jusqu'à l'atteinte de celui voulu ; c'est la clothoïde !

Dans cette courbe, le rayon de courbure est proportionnel à la distance parcourue. C'est-à-dire que plus on se trouve loin dans le virage, plus il est serré. Ceci permet aux ingénieurs de connecter une ligne droite à la courbe désirée plus doucement. Cette façon de procéder est beaucoup plus sécuritaire que de passer d'une ligne droite directement à une courbe. En effet, dans la clothoïde, comme le rayon de courbure augmente graduellement, l'accélération centripète augmente graduellement elle aussi. L'accélération centripète étant une modification continue de l'orientation du mouvement, et sachant que cette modification de l'orientation est effectuée par les pneus de la voiture, la force appliquée sur ces derniers dépend donc de cette accélération. Cela s'explique par une loi fondamentale de la physique : la deuxième loi de Newton, soit $F = ma$, qui stipule que la force exercée sur un corps dépend de sa masse (m) et de son accélération (a). Reprenons l'exemple d'une voiture dans un virage. Nous pouvons maintenant deviner que dans la courbe comportant une clothoïde, la force sur les pneus augmentera graduellement tandis que dans un virage n'en comportant pas, les pneus subiront toute la force en une fraction de seconde dès que le véhicule entrera dans l'arc de cercle. Même si la valeur maximale de frottement est la même dans les deux cas, cette valeur est atteinte au milieu de la courbe dans le virage en clothoïde.³ C'est un détail crucial, car de cette façon, les véhicules ayant une vitesse trop élevée ont plus de temps pour ralentir et donc rester en frottement statique avec la route. En d'autres mots, ne pas déraiper !

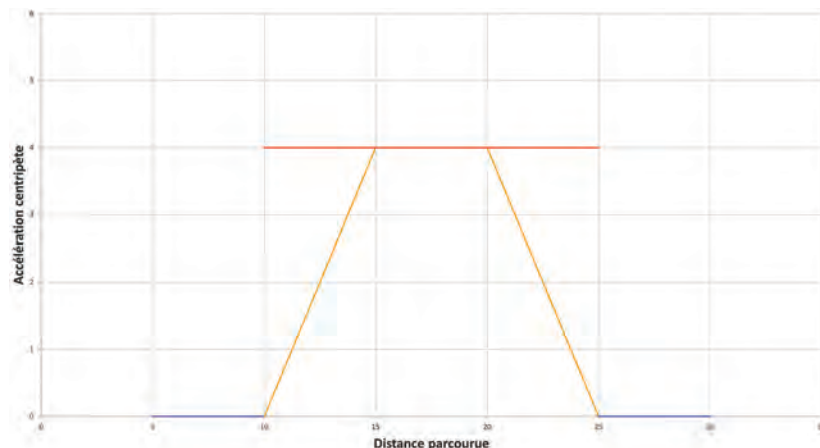


FIGURE 1 On peut voir que dans une clothoïde (en jaune), l'accélération centripète augmente et diminue graduellement et que sans clothoïde (en rouge) elle passe de zéro au maximum en un instant. Source : Isaac Tremblay, image créée à l'aide du logiciel Excel, 2021, Salaberry-de-Valleyfield.

Côté technique

La spirale que forme la clothoïde est décrite par deux coordonnées, soit $x(t)$ et $y(t)$, que nous pouvons exprimer ainsi :

$$x(t) = \int_0^t \cos\left(\frac{A}{2}t^2\right) dt$$

$$y(t) = \int_0^t \sin\left(\frac{A}{2}t^2\right) dt$$

Dans le cas de notre étude, nous avons utilisé la valeur de π pour remplacer le paramètre A . Ceci nous permet d'étudier l'intégrale de Fresnel, qui est plus simple à travailler, mais il aurait été possible d'utiliser n'importe quelle autre valeur de A . Cela nous aurait fourni, cependant, une différente clothoïde. C'est en plaçant sur un graphique tous les points $(x(t), y(t))$ que l'on obtient la spirale de la clothoïde (aussi appelée « spirale d'Euler »). Puisque nous avons utilisé la variable x pour représenter une partie des coordonnées, nous devons désigner une autre variable, soit t , comme variable indépendante.

Pour trouver la valeur des coordonnées, nous devrions utiliser l'outil d'intégration, que l'on étudie au second cours de mathématique du programme Sciences de la Nature, soit *Calcul intégral*. Cependant, la formule que nous devrions intégrer n'est pas intégrable (ironique !). Ainsi, nous devons d'abord approximer la formule à l'aide de séries de Taylor, puis l'intégrer. Cette méthode est possible puisque nous pouvons réécrire les deux formules de la façon suivante :

$$x(t) = \int_0^t \cos\left(\frac{\pi}{2}t^2\right) dt = \int_0^t \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{(2n)!} \left(\frac{\pi}{2} \cdot t^2\right)^{2n} dt$$

$$y(t) = \int_0^t \sin\left(\frac{\pi}{2}t^2\right) dt = \int_0^t \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{(2n+1)!} \left(\frac{\pi}{2} \cdot t^2\right)^{2n+1} dt$$

La dernière partie de l'équation étant intégrable, nous pouvons trouver une bonne approximation des points composant la clothoïde, puis la représenter.

Le rayon de courbure correspond au rayon d'une courbe en un point, comme le nom l'indique. Pour un cercle, le rayon r est le même en tout point. Cependant, pour la clothoïde, le rayon correspond à $1/\pi t$. Ainsi, on remarque que lorsque la valeur de t augmente, le rayon diminue. En d'autres mots, si on se place au point $(0, 0)$ et que l'on suit le trajet de la clothoïde (sur l'intervalle positif) on remarque qu'au fur et à mesure que l'on progresse, le rayon du point où l'on se trouve diminue.

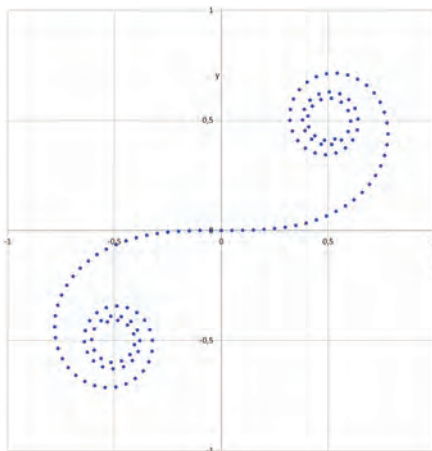


FIGURE 2 Représentation graphique de la clothoïde. Source : Étienne Perron, Image créée à l'aide du logiciel Excel, 2021, Salaberry-de-Valleyfield.

Applications réelles

Avec toutes ces informations sur la clothoïde, on doit bien se demander ce que sont les applications réelles de cette formule. Nous avons mentionné auparavant que la clothoïde joue un rôle majeur dans le domaine des transports. En effet, comme nous l'avons vu précédemment, la clothoïde a un gros impact sur la sécurité des utilisateurs de la route. Elle diminue les chances de déraper dans un virage en créant une courbe dans laquelle l'accélération centripète varie graduellement, mais ses avantages ne se limitent pas à cela. Elle améliore aussi notre expérience de conduite en général. Un virage comportant une clothoïde fait en sorte que le conducteur tourne le volant à vitesse constante et expérimente un trajet plus en douceur. De plus, les passagers (et les marchandises) dans les trains bénéficieraient aussi de ce type de courbure. En effet, comme le virage se fait plus en douceur, les objets présents dans les wagons ont moins de chances d'être abimés. Par exemple, un repas déposé sur une table d'un train de passagers ne sera pas projeté en l'air dans un virage.

Les architectes des routes utilisent une courbe spéciale permettant la diminution graduelle du rayon qui définit la courbe jusqu'à l'atteinte de celui voulu; c'est la clothoïde!

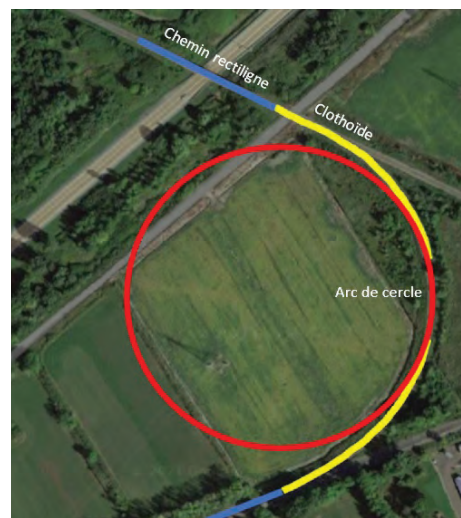


FIGURE 3 Représentation satellite de la clothoïde sur un chemin de fer. Source : Google Maps, modifié par Zacharie Bourassa et Étienne Perron, 2021, Salaberry-de-Valleyfield.

La clothoïde a aussi un impact dans le domaine des voitures autonomes. Cette courbe est utilisée dans la programmation des logiciels de ces voitures. En effet, c'est ce type de courbe qui est utilisé dans les calculs de la voiture pour se stationner. Lorsqu'on demande à un véhicule autonome de se stationner, il se sert d'un algorithme pour créer plusieurs « tentacules » navigables, c'est-à-dire des tracés en clothoïdes que le véhicule pourrait suivre pour entrer dans la place de stationnement. Ensuite, à l'aide de calculs complexes, le véhicule détermine quelle spirale d'Euler est la plus sécuritaire, puis l'emprunte pour rejoindre l'endroit où se garer.

En somme, la clothoïde affecte nos vies surtout en jouant un rôle majeur dans le domaine des transports. C'est elle qui nous permet de nous déplacer plus sécuritairement et d'avoir une meilleure expérience sur la route et les rails. La clothoïde a sans aucun doute sauvé des milliers de vies et évité plusieurs blessures sur la route depuis qu'elle est utilisée dans le domaine de l'ingénierie civile.

RÉFÉRENCES :

1. Levien, Raph. The Euler Spiral: a mathematical history. [cité 15 février 2021] : 1-14. Disponible sur <https://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2008/EECS-2008-111.pdf>
2. Séguin, Marc. Physique XXI tome A. Montréal : ERPI; 2010.
3. Gourdeau, Frédéric. De Koninck, Jean-Marie. Accromath. [Cité 16 février 2021]. Disponible sur : <https://accromath.uqam.ca/2014/10/virer-sans-deraper/>

Le rejet de greffe pose un véritable problème à la transplantation d'organes

Par Iris David et Gabrielle Primeau

La transplantation d'organes comporte un risque significatif : le rejet de greffe. Celui-ci peut être évité par l'immunosuppression, mais une quantité énorme de connaissances sur le système immunitaire, sur la génétique et sur les médicaments est indispensable.

Depuis quelques années maintenant, le monde médical se penche sur les bienfaits et les failles de notre système immunitaire. La recherche scientifique effectuée au cours de ces années a entre autres permis d'identifier l'une de ses plus grandes failles, soit la réponse immunitaire contre les tissus d'organes transplantés. De nos jours, les traitements à base d'immunosuppresseurs sont continuellement utilisés dans le but d'éviter cette réponse qui constitue le principal obstacle à la réussite des transplantations d'organes.

Le système immunitaire est un système essentiellement fonctionnel : il est constitué de molécules ainsi que de cellules immunitaires qui ne forment pas de tissus ou d'organes comme tels. Ses composantes sont plutôt distribuées dans l'ensemble de l'organisme, notamment dans les organes du système lymphatique et en circulation dans les liquides biologiques, soit le sang et la lymphe. Le système immunitaire est responsable de la protection de l'organisme contre les microorganismes infectieux tels que les bactéries et les virus ainsi que contre toute autre substance étrangère.

Le rejet survient lorsque le système immunitaire du receveur reconnaît les cellules du greffon comme des cellules étrangères, donc antigéniques, et déclenche une réponse immunitaire contre celles-ci.

Ce sont des antigènes à la surface des agents infectieux qui provoquent le déclenchement d'une réponse immunitaire. Ces antigènes peuvent être des protéines, des lipides, des polysaccharides ou encore des acides nucléiques. L'essentiel est que cet antigène soit reconnu comme étranger à l'organisme par les cellules du système immunitaire.

L'organisation du système immunitaire peut sembler moins complexe lorsque l'on comprend bien ses subdivisions, soit l'immunité innée et l'immunité adaptative. L'immunité innée est présente dès la naissance de l'individu et est active en permanence. Elle agit comme une barrière immédiate contre les agents infectieux. La peau, les muqueuses, la fièvre et les réactions inflammatoires sont des exemples de protection de l'immunité innée. Pour sa part, l'immunité adaptative a pour rôle d'engager des réactions immunitaires contre des antigènes spécifiques qui n'ont pas été neutralisés par le système de défense inné. Ce système de défense s'enclenche seulement lorsque des cellules immunitaires, comme des lymphocytes ou des macrophagocytes, rencontrent directement un antigène. L'immunité adaptative est à son tour subdivisée en deux composantes, soit la réponse à médiation humorale et la réponse à médiation cellulaire. La réponse à médiation humorale se produit

dans le sang, la lymphe ou les liquides tissulaires, et agit sur les antigènes qui ne se sont pas déjà logés dans les cellules. Les cellules immunitaires impliquées dans la réponse à médiation humorale sont principalement les lymphocytes B. Les lymphocytes B détiennent des récepteurs appelés « immunoglobuline » à la surface de leur membrane sur lesquels les antigènes se lient. À la suite de cette liaison, les antigènes activent les lymphocytes B, ce qui a pour effet de les faire croître et de les cloner. Les copies de ces lymphocytes B sont appelées des « plasmocytes » (ou « lymphocytes B effecteurs »). Ceux-ci sécrètent des anticorps spécifiques à chaque antigène. Ce sont ces anticorps qui attaquent les antigènes et les neutralisent.

La deuxième subdivision de l'immunité adaptative est la réponse à médiation cellulaire. Cette réponse fait intervenir principalement les lymphocytes T cytotoxiques. La réponse cellulaire débute lorsqu'un antigène rencontre un macrophagocyte. Il s'agit d'une cellule qui a pour fonction de phagocytter l'antigène (virus ou bactérie) qu'il rencontre. Une fois englobé, l'antigène est détruit par le macrophagocyte et ce dernier présentera des fragments de l'antigène à la surface de sa membrane. Il deviendra alors une « cellule présentatrice d'antigène » ou CPA.

Type cellulaire	Fonction de la cellule
Lymphocyte T auxiliaire : TH1 et TH2 (TH pour T helper)	Favorise l'immunité cellulaire et participe également à l'immunité humorale : Déclenchement et augmentation de la réponse inflammatoire par sécrétion de cytokines (TH1) Augmentation de la production d'anticorps par les lymphocytes B (TH2) Augmentation de l'activité des lymphocytes T cytotoxiques (TH2)
Lymphocyte T suppresseur *	Diminution de la production d'anticorps par les lymphocytes B Diminution de l'activité des lymphocytes T cytotoxiques
Lymphocyte T cytotoxique	Lyse des cellules qui expriment des antigènes spécifiques (cytotoxicité)
Lymphocyte B	Participation à l'immunité humorale par la production d'anticorps

* Il n'est pas certain que ces lymphocytes constituent une sous-population distincte; la fonction auxiliaire ou suppressive d'un lymphocyte T pourrait résulter de cytokines différentes exerçant des effets inhibiteurs.

FIGURE 1 Le rôle des lymphocytes dans la réponse immunitaire. Source : L'Italien R, Leblanc B. Le Monde en Images [Internet]. 2008 [cité 4 avril 2021]. Disponible sur : <http://monde.ccdmd.qc.ca/ressource/?id=55966&demande=desc>

L'antigène ainsi présenté peut être reconnu par des cellules particulières qui ultimement activeront les lymphocytes T. Ce sont ces derniers qui détruisent les agents infectieux. Pour arriver à les détruire, le lymphocyte T cytotoxique se lie à la cellule infectée et sécrète des perforines et des granzymes, des substances chimiques qui détruisent la cellule antigénique. En somme, le système immunitaire présente plusieurs processus différents mais complémentaires qui agissent tous dans un seul but précis : la défense de l'organisme contre les agents étrangers.

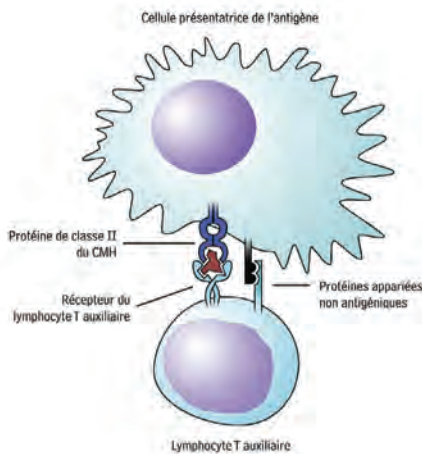


FIGURE 2 Liaison du lymphocyte T auxiliaire à la cellule présentatrice d'antigène pour l'activation de la réponse cellulaire (LT cytotoxique). Source : L'italien R, Leblanc B. Le Monde en Images [Internet]. 2008 [cité 4 avril 2021]. Disponible sur : <http://monde.ccmdm.qc.ca/ressource/?id=55893&demande=desc>

Cependant, l'accomplissement de la fonction du système immunitaire peut engendrer des effets nuisibles et non désirés dans certaines situations précises telles que lors de la transplantation d'organes. La transplantation d'organes consiste à greffer, chez un individu, un tissu ou un organe provenant d'une autre partie du corps ou d'un autre individu. L'individu qui reçoit le greffon, soit le tissu ou l'organe transplanté, est le receveur et celui sur lequel est prélevé le greffon est le donneur. Il existe plusieurs types de transplantation d'organes. Les autogreffes sont les transplantations dans lesquelles le greffon est prélevé sur le receveur lui-même. Les xélogreffes sont des transplantations dans lesquelles le donneur et le receveur ne sont pas de la même espèce. Ce type de transplantation est très peu fréquent de nos jours. Finalement, les allogreffes, qui sont les plus communes et dont nous parlerons par la suite, sont des transplantations d'un donneur à un receveur de la même espèce, mais qui ne sont pas génétiquement identiques.

De nos jours, la transplantation d'organes représente une avancée majeure dans le monde médical. En effet, celle-ci permet aux individus possédant un organe non fonctionnel, comme un cœur ou un rein, de survivre en le remplaçant par un organe viable et capable d'accomplir ses fonctions. Toutefois, les allogreffes comportent un risque énorme de rejet de greffe, c'est-à-dire de destruction des cellules du greffon par le système immunitaire. Le rejet survient lorsque le système immunitaire du receveur reconnaît les cellules du greffon comme des cellules étrangères, donc antigéniques, et déclenche une réponse immunitaire contre celles-ci. Il existe deux facteurs qui expliquent la raison pour laquelle le greffon est reconnu comme étranger : l'incompatibilité des groupes sanguins et une histocompatibilité imparfaite entre le donneur et le receveur. En ce qui concerne les groupes sanguins, il est plutôt facile de s'assurer, avant la transplantation, que le receveur et le donneur sont compatibles puisqu'il existe seulement huit groupes sanguins. Pour ce qui est de l'histocompatibilité, celle-ci représente le taux de compatibilité génétique entre les cellules du receveur et du donneur. En fait, chaque individu possède une protéine unique à la surface de la membrane plasmique de chacune des cellules nucléées qui le constituent. Cette protéine est codée par une multitude de gènes différents qu'on appelle « complexe majeur d'histocompatibilité » (CMH). Les combinaisons possibles des allèles se trouvant sur ces gènes sont quasi infinies, ce qui fait en sorte qu'il existe un nombre incalculable de protéines différentes. Ainsi, il est impossible pour deux individus génétiquement distincts de posséder la même protéine du CMH. De façon simplifiée, le complexe majeur d'histocompatibilité est comme l'empreinte digitale d'une personne, mais au sens génétique. Pour diminuer les risques de rejet rapide, les CMH du donneur et du receveur doivent être les plus semblables possible. Les protéines du CMH jouent un rôle important dans la fonction immunitaire. Ce sont elles qui permettent aux cellules immunitaires de reconnaître les agents étrangers qui pénètrent dans l'organisme. Comme les protéines du CMH du donneur et du receveur sont différentes, le système immunitaire du receveur ne reconnaît pas les protéines du CMH présentes sur les cellules du greffon et donc les identifie comme des antigènes étrangers, ce qui engage la réponse à médiation cellulaire. Les macrophagocytes englobent les antigènes des cellules du greffon, les détruisent et deviennent des CPA en présentant des fragments d'antigènes sur leur membrane. Les lymphocytes T cytotoxiques s'activent et attaquent les cellules du greffon. De cette façon, le système immunitaire détruit les cellules du greffon et entraîne le rejet de la greffe.

Le rejet de greffe mène assurément à l'échec de la transplantation d'organes. Pour éviter cela, le seul traitement effectif utilisé à ce jour est l'immunosuppression. On définit l'immunosuppression comme étant la diminution ou la suppression complète des activités du système immunitaire. Pour ce faire, le receveur d'une transplantation d'organes doit s'administrer des médicaments précis : des immunosuppresseurs. Ces médicaments sont tous différents quant à leur mécanisme d'action. Prenons, par exemple, la ciclosporine, un des immunosuppresseurs les plus utilisés. Ce médicament a pour fonction d'inhiber la fonction des lymphocytes T auxiliaires qui participe à l'activation des lymphocytes T cytotoxiques, ce qui les empêche de détruire les cellules antigéniques du greffon. De cette manière, les cellules du greffon peuvent rester intactes et le rejet de greffe est évité. La prise d'immunosuppresseurs doit être exécutée à vie. Grâce à la mise au point d'immunosuppresseurs tels que la ciclosporine, le taux de réussite des transplantations d'organes a considérablement augmenté par rapport aux débuts de l'allogreffe.

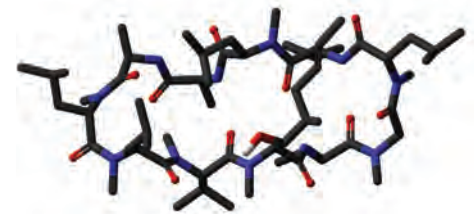


FIGURE 3 Ciclosporine¹ Source : Mills B. Stick model of ciclosporin. [Internet]. 2008 [cité 22 avril 2021]. Disponible sur : <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ciclosporin-A-neutron-3D-sticks.png>

Pour conclure, soulignons que le bon fonctionnement du système immunitaire rend complexe l'allogreffe puisque celui-ci est automatiquement porté à défendre l'organisme contre le greffon. Heureusement, les immunosuppresseurs rendent possible cette intervention médicale. Toutefois, ils apportent leur lot d'effets indésirables. Espérons que l'avancement des recherches dans ce domaine au cours des prochaines années mène à une solution miracle contre les rejets de greffe.

RÉFÉRENCES :

1. ALOUF J, FOUGEREAU M, KAISERLIAN-NICOLAS D, REVILLARD J-P. IMMUNITÉ, biologie. In Encyclopædia Universalis; 2021 [cité 6 mars 2021]. Disponible sur : <https://universalisvalleyfield.proxy.collecto.ca/encyclopedie/immunité-biologie/>
2. Jizi K. Modulation par le récepteur neurokinine-1 du mécanisme d'action des immunosuppresseurs chez les cellules T. [PDF]. Université de Montréal; 2012. Disponible sur : https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/bitstream/handle/1866/10906/Jizi_Kha_dje_2012_m%C3%A9moire.pdf?sequence=2&isAllowed=y
3. Marieb EM, Keller SM. Biologie humaine. 3e éd. Montréal : Person ERPI; 2020. 641 p.

Quand la Terre exprime ses émotions, ça ressort en Islande!

Par Jasmine Guerra et Cassandra Sarro

Une île mouvementée où se manifestent de multiples éruptions thermiques, des coulées de lave et des jaillissements d'eau brûlante : cette parcelle de Terre fascinante nous transporte au cœur des phénomènes géologiques.

L'Islande est un pays insulaire situé au nord-ouest de l'Europe. Ce pays nordique, autrefois habité par des Vikings, est le résultat de nombreuses transformations géologiques. L'activité souterraine particulière de cette île entraîne des phénomènes thermiques qui font de celle-ci une attraction touristique unique. En effet, on y retrouve une abondance de volcans et de geysers. Ces derniers piquent la curiosité des spécialistes qui se posent des questions sur leur origine et leur fonctionnement.

L'activité volcanique de l'Islande^{1,2}

Le volcanisme important sur l'île de l'Islande s'explique principalement par sa situation géographique. En effet, l'Islande est au centre de l'Atlantique, plus précisément sur une portion de la dorsale qui s'élève jusqu'au-dessus du niveau de la mer.

Une dorsale océanique est simplement le résultat d'une montée de chaleur arrivant du manteau terrestre causant une divergence, un éloignement de plaques tectoniques créant un rift océanique au centre de celle-ci. Le rift est un fossé d'effondrement où l'on observe la création d'une chaîne de volcans océaniques ainsi que l'expansion de la croûte océanique par la cristallisation du magma. On peut donc dire que le volcanisme de dorsale provient de la séparation de deux plaques tectoniques causée par le mouvement de convection, qui est un flux de chaleur venant de l'asthénosphère et qui remonte vers la croûte. Ce flux de chaleur est donc lié à l'arrivée du magma qui crée de nouvelles fissures dans le rift océanique menant à la formation d'une chaîne de volcans sous l'eau.

Les principales contraintes le long d'une dorsale sont la tension et le cisaillement, qui provoquent des fissures et des séismes par le mouvement continu des plaques. Aussi, la divergence de deux plaques tectoniques entraîne la création de failles transformantes qui, elles, sont des fissures perpendiculaires

au rift océanique permettant l'ajustement des mouvements de deux portions de la dorsale. En effet, chacune des portions travaille, glisse et bouge à différentes vitesses créant encore des contraintes de cisaillement et des séismes. Ainsi, une dorsale océanique est une zone volcanique causée par la montée du magma à travers ses fissures et elle est également une zone sismique très active à cause des contraintes de tensions et de cisaillement.

Lorsqu'on observe la position de l'Islande sur une carte des plaques tectoniques de la Terre, on voit clairement qu'elle est située à la jonction divergente de deux plaques. Cela explique pourquoi la majorité des volcans se retrouve au milieu de l'île, le long de l'axe du rift océanique de l'Atlantique Nord sous la forme d'une chaîne de volcans. Le fait que l'Islande fasse partie d'une gigantesque dorsale tout le long du milieu de l'océan Atlantique crée une activité thermique unique et impressionnante.

Cette explication théorique de l'activité volcanique de l'Islande permet d'analyser et de comprendre une situation récente. En effet, au début du mois de février 2021, une équipe de géologues et de scientifiques a capté, à l'aide d'appareils sismiques, une importante quantité de séismes, soit environ 5000 séismes par jour, d'ampleur et d'intensité variables, majoritairement situés dans la péninsule de Reykjanes (au sud-ouest de l'Islande). La fréquence de ces séismes a attiré l'attention de la population mondiale pendant des semaines. Cette activité sismique a amené des scientifiques prédire ce qui pourrait arriver par la suite. Grâce aux théories et aux connaissances sur les activités volcaniques et sismiques des dorsales, les scientifiques ont pu prédire qu'il y aurait possiblement une éruption volcanique fluide et inoffensive d'ici quelques semaines. Puis, effectivement, cela s'est produit. Un volcan est entré en éruption effusive le 17 mars 2021, attirant le regard de plusieurs de par le monde.

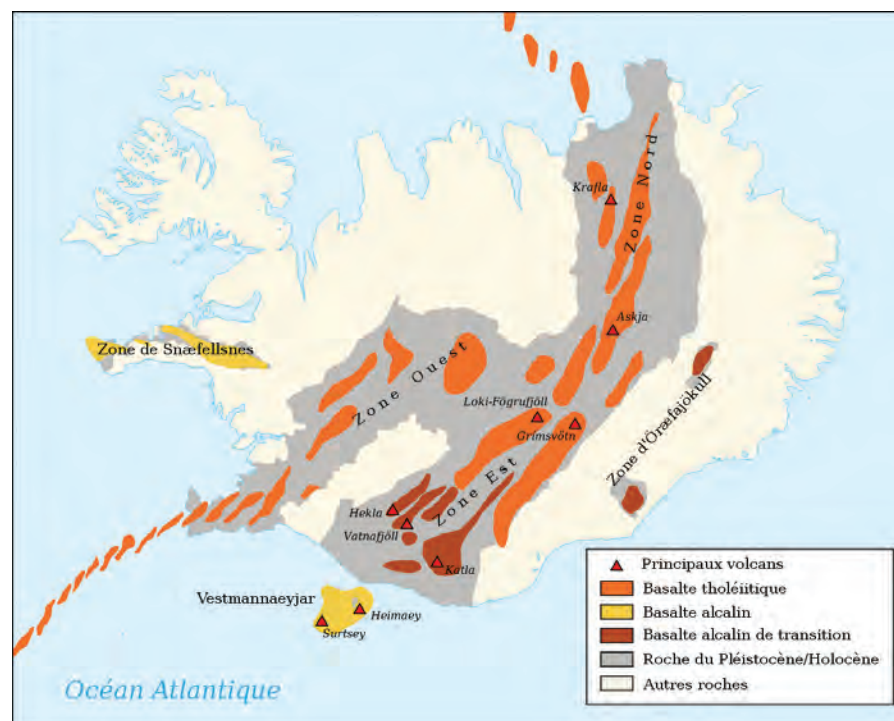


FIGURE 1 Carte des zones volcaniques de l'Islande. Il est intéressant de remarquer que la majorité des zones volcaniques suivent l'axe de la dorsale océanique de l'Atlantique.

Source : Pinpin. Français : Carte en français du système volcanique de l'Islande [Internet]. 2008 [cité 12 avril 2021]. Disponible sur : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Volcanic_system_of_Iceland-Map-fr.svg



FIGURE 2 Volcan sur la péninsule de Reykjanes en Islande entré en éruption le 17 mars 2021. Photo prise par la caméra de RUV.is, filmant le volcan en direct. Source : Reykjanes Peninsula, Iceland, eruption. 2021 : eruption and activity updates in live blog style [Internet]. [cité 12 avril 2021]. Disponible sur : <https://www.volcanodiscovery.com/reykjanes/crisis2021/current-activity.html>

Les geysers de l'Islande³

Outre les volcans, l'Islande regorge aussi de geysers, un autre phénomène géologique fascinant qui attire les touristes et les spécialistes des quatre coins du monde.

Les geysers sont des sources d'eau chaude qui projettent par intermittence des jets d'eau brûlante et de la vapeur dans les airs. La hauteur du jet et la durée des éruptions varient beaucoup d'un geyser à l'autre. Ceux-ci se forment, initialement, lorsque l'eau à la surface de la Terre s'infiltré dans la roche poreuse à travers les fractures du sol et s'accumule dans des poches souterraines pouvant aller jusqu'à des centaines de mètres dans la croûte terrestre.

L'activité volcanique contribue à la formation de geysers, car elle réchauffe l'eau souterraine. En effet, la température des matériaux sous la surface de la Terre augmente d'environ 30 °C à chaque kilomètre, jusqu'à une profondeur approximative de 10 km. Le magma associé aux différents types de volcanisme, tel que celui de dorsale que l'on retrouve en Islande, entraîne donc la chaleur des profondeurs de la Terre vers la surface. Pouvant atteindre une température de 1200 °C, il transfère de la chaleur aux eaux souterraines par conduction thermique. Les roches ignées solidifiées, mais encore chaudes, peuvent également participer au réchauffement des eaux. Ce type de roches est formé par la cristallisation du magma avant que celui-ci arrive à sortir de la croûte lors d'une éruption volcanique. Les eaux souterraines accumulées dans les poches souterraines forment alors des réservoirs d'eau bouillante et de vapeur. Ainsi, les nombreux volcans actifs et endormis de l'Islande font de cette île un lieu très propice à la formation de geysers.

L'activité volcanique de l'Islande contribue à la formation des nombreux geysers présents sur l'île par le réchauffement des eaux souterraines.

La proximité d'une chambre magmatique augmente grandement la température de l'eau prisonnière dans le sol, allant même au-delà de 100 °C. Cependant, cette eau reste majoritairement sous forme liquide en raison de la pression souterraine. Cette pression élevée est causée par la profondeur dans le sol. Ainsi, ce changement de pression augmente le point d'ébullition de l'eau. En effet, à la pression atmosphérique normale, c'est-à-dire à la surface de la Terre, l'eau bout à une température moyenne de 100 °C. Toutefois, à 300 mètres de profondeur, cette température s'élève plutôt approximativement à 230 °C.

Par la suite, de petites bulles de vapeur se forment progressivement. Elles montent le long de la colonne d'eau et se dilatent. Leur expansion provoque inévitablement la sortie d'eau chaude par l'extrémité du geyser, nommée « événement ». Cette expulsion soudaine diminue la pression de l'eau sous-jacente, et par le fait même, la température d'ébullition. L'eau en profondeur se transforme rapidement en vapeur remontant vers la surface, ce qui cause une éruption typique de geyser. Une grande colonne d'eau jaillit par l'événement du geyser et cette réaction peut se répéter plusieurs fois, jusqu'à l'épuisement de la source d'eau alimentant le geyser.

À la suite de l'éruption, le cycle recommence. Les conduits souterrains se remplissent à nouveau d'eau arrivant de la surface de la Terre et qui se réchauffera en profondeur.

Pour certains geysers, le cycle se produit sur une période régulière, alors que pour d'autres, le temps de recharge est plutôt erratique.

Ainsi, l'activité volcanique de l'Islande contribue à la formation des nombreux geysers présents sur l'île par le réchauffement des eaux souterraines.

Pour résumer, la position de l'Islande sur la dorsale océanique de l'Atlantique explique donc la formation des nombreux volcans que l'on y retrouve. La chambre magmatique qui nourrit ces volcans réchauffe également les eaux souterraines et mène à la formation des geysers. Toute cette activité thermique ainsi que les touristes qu'elle attire ont nécessairement un impact sur la faune et la flore du pays. Il serait intéressant de porter également un regard sur la diversité et l'adaptation des écosystèmes en Islande.

RÉFÉRENCES :

1. Debelmas J, Mascle G. Les grandes structures géologiques Ed. 5 [Internet]. 5^e éd. Paris : Dunod ; 2008 [cité 22 févr. 2021]. 322 p. Disponible sur : <https://cyberlibris-valleyfield.proxy.collecto.ca/catalog/book/docid/45001718?searchterm=dorsales>
2. Increased seismic tremor measured southwest of Keilir at Reykjanes Peninsula | News [Internet]. Icelandic Meteorological office. [cité 8 mars 2021]. Disponible sur : <https://en.vedur.is/about-imo/news/earthquake-swarm-in-reykjanes-peninsula>
3. P. RAFFERTY J, al. Volcano - Hot springs and geysers. In: Encyclopedia Britannica [Internet]. Encyclopedia Britannica; 2021 [cité 19 mars 2021]. Disponible sur : <https://www.britannica.com/science/volcano>



FIGURE 3 Le geyser « Strokkur » en Islande expulse de l'eau bouillante jusqu'à une hauteur de 40 mètres dans les airs. Source : Howard N. Strokkur geyser in Iceland [Internet]. 2018 [cité 12 avril 2021]. Disponible sur : <https://www.flickr.com/photos/neilsingapore/30314191537/>

Prisonnier de son sommeil

Par Kaylee Bernard, Mélissa Guay et Jérémy Trudeau

La paralysie du sommeil se produit à la fin de la phase de sommeil paradoxal, lorsque le cerveau s'éveille, mais que le corps est figé. Ainsi, l'angoisse s'installe chez le dormeur pendant qu'il se retrouve littéralement paralysé, bien que son esprit soit actif.

Au cours de notre vie, près du tiers de notre temps est consacré à dormir.¹ Cette période durant laquelle nous croyons être en repos complet est en fait beaucoup plus complexe qu'il n'y paraît. Contrairement à celles sur l'éveil, nos connaissances sur le sommeil sont beaucoup plus limitées. En effet, certains problèmes de sommeil, comme la paralysie du sommeil, restent peu connus. Que connaissons-nous vraiment sur la paralysie du sommeil ? Nous y répondrons en abordant, notamment, les types de sommeil ainsi que la paralysie du sommeil.

Tout d'abord, il faut savoir que lorsqu'on dort, on passe par deux types de sommeil, soit le sommeil lent et le sommeil paradoxal. Une nuit est composée d'environ 4 à 6 cycles, contenant chacun les 2 types de sommeil. En effet, dans chaque cycle, le sommeil lent précède le sommeil paradoxal. Après un premier cycle, on entre dans un deuxième, puis dans un troisième et ainsi de suite. Le temps passé en sommeil lent et en sommeil paradoxal varie à chaque cycle.

Le sommeil lent est la conception typique que l'on se fait du sommeil. C'est le moment où notre corps se repose véritablement. En effet, pendant cette période du sommeil, toutes les fonctions vitales du corps sont au ralenti et les mouvements sont très peu fréquents. Le sommeil lent se compose de 4 stades successifs. Lorsqu'on tente de s'endormir, on entre dans le premier stade. Le corps commence alors à se relâcher. Nous sommes dans un état de détente et nous commençons à être moins alertes à ce qui se passe autour de nous, bien que nous ne soyons pas totalement inconscients. Ensuite, nous entrons dans le stade 2. Dans celui-ci, nous commençons à dormir, mais restons dans un sommeil léger. Nous pouvons nous réveiller, mais seulement par de gros stimulus. C'est dans ce stade que l'on passe presque la moitié de notre nuit.

Au stade 3, nous nous endormons encore plus profondément et nous devenons de moins en moins réactifs aux situations extérieures. C'est un stade très peu présent au cours d'une nuit normale de sommeil. Finalement, nous accédons au stade 4. Lors de ce quatrième stade, le sommeil est le plus profond. C'est le stade où il est très difficile de se faire réveiller. Ce stade est essentiel à la survie de l'être humain. En effet, le corps fonctionne au ralenti, ce qui lui permet de récupérer. Nous pouvons tout de même bouger certaines parties de notre corps, telles que nos bras et nos jambes. Par la suite, nous traversons de nouveau les stades 3, 2, puis 1, pour ensuite entrer dans le sommeil paradoxal. Le sommeil paradoxal est celui qui termine le cycle. Ces différents types et stades du sommeil sont observables grâce à l'électroencéphalogramme. Cet appareil permet d'enregistrer l'activité globale des neurones du cortex cérébral, une partie du cerveau, durant le sommeil. L'activité sera représentée sous forme d'ondes de fréquences et amplitudes différentes. Ces variations permettent d'identifier le type ou stade du sommeil du dormeur.¹

Si l'on se concentre sur le sommeil paradoxal, communément appelé REM (*rapid eye movement*), on distingue un tracé électroencéphalographique de faible amplitude et de fréquence élevée. Ceci représente une activité cérébrale élevée, comparable à l'état d'éveil. La consommation d'oxygène du cerveau sera alors très grande, parfois même plus élevée que celle du cerveau éveillé. Lors du sommeil paradoxal, nos muscles volontaires, comme les bras et les jambes, sont paralysés. En revanche, nos muscles respiratoires, cardiaques et oculaires continuent de fonctionner. Certains changements physiologiques vont être observés, tels que la modification de la température corporelle et l'augmentation irrégulière de la fréquence cardiaque et respiratoire. C'est lors de cette période que se produisent la plupart des rêves.¹ Pendant ceux-ci, il est nécessaire que le corps ne puisse pas bouger, sinon nous réagirions aux stimulus de nos rêves. Cela permet d'éviter de commettre les actions que l'on fait dans ses rêves, ce qui peut éviter des blessures.²

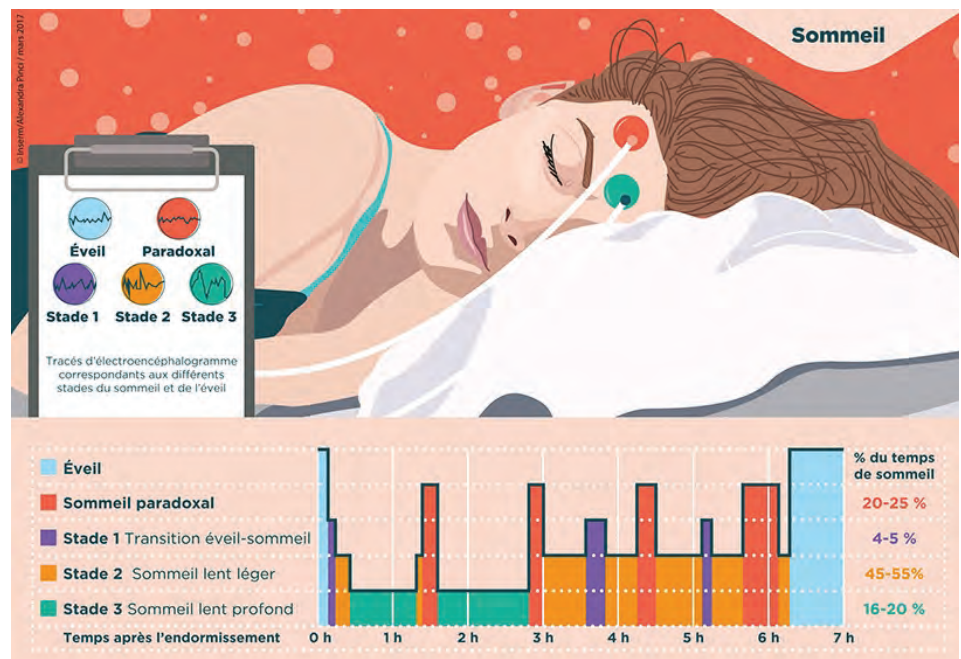


FIGURE 1 Stades du sommeil. Source : Alexandra P. Inserm [Internet]. 2017 [cité 22 avril 2021]. Disponible sur : https://www.inserm.fr/sites/default/files/styles/thumbnail_scale_w816/public/media/entity_images/Inserm_62741_StadesSommeil_Plargeur.jpg?itok=7xXia-M7

Pour permettre la paralysie, notre corps produit de la glycine, un neurotransmetteur. Le rôle d'un neurotransmetteur est d'activer ou non d'autres neurones dans le but de transmettre des messages à travers le corps. Un neurotransmetteur peut être inhibiteur ou excitateur. Dans le premier cas, il empêche la propagation du message, et dans le second, il permet la transmission du message. Dans le cas de la glycine, il s'agit d'un neurotransmetteur inhibiteur. Elle empêche donc la transmission des messages jusqu'aux muscles et donc, leurs mouvements. Lorsque la glycine agit normalement, elle va causer une paralysie seulement lors du sommeil paradoxal. Cependant, en cas de dysfonctionnement, la période de sécrétion de la glycine s'étendra jusqu'à la phase d'éveil. Dans ce cas, le dormeur maintenant conscient sera incapable de faire fonctionner ses muscles volontaires, donc de bouger. Cela peut durer de quelques secondes à quelques minutes. Cette atonie musculaire est un symptôme de ce qu'on appelle la paralysie du sommeil. Généralement, il est très terrifiant pour l'être humain de se réveiller paralysé. Le cerveau, qui est en train de passer de l'état de sommeil à l'état d'éveil, tente de trouver une explication à cette paralysie. La réaction de figer face à des situations qui nous angoissent est une réaction naturelle chez l'humain. Ainsi, lorsque nous sommes paralysés, notre cerveau associe l'impossibilité de bouger au fait qu'il y a une menace dans l'environnement. Or, pour expliquer cette angoisse qui n'est pas réellement causée par une menace, le cerveau peut générer des hallucinations qui justifieraient que le corps est figé. En quelque sorte, le cerveau crée ses propres situations de danger sous forme d'hallucinations.



FIGURE 2 Une présence maléfique hallucinée. Source : Keller S. Pixabay [Internet]. 2017 [cité 6 avril 2021]. Disponible sur : <https://pixabay.com/fr/photos/fantaisie-esprit-cauchemarr%C3%AAve-2847724/>

Celles-ci peuvent être autant visuelles, auditives que tactiles. Souvent, les gens vont halluciner une présence qui leur veut du mal.

Lors du sommeil paradoxal, nos muscles volontaires, comme les bras et les jambes, sont paralysés. En revanche, nos muscles respiratoires, cardiaques et oculaires continuent de fonctionner.



FIGURE 3 Représentation simplifiée du cerveau humain. Source : Altmann G. Pixabay [Internet]. 2019 [cité 6 avril 2021]. Disponible sur : <https://pixabay.com/fr/illustrations/intelligence-artificielle-cerveau-4389372/>

Selon les cas, le cerveau ne créera pas toujours des hallucinations. Certaines personnes vont se réveiller paralysées avec le même sentiment d'angoisse, mais sans halluciner quoi que ce soit. La paralysie du sommeil fait partie des parasomnies, une famille qui regroupe plusieurs autres troubles du sommeil. Ce problème se distingue non seulement par la paralysie et les hallucinations, mais aussi par l'incapacité à parler.²

Environ un tiers de la population a vécu ou vivra au moins une fois dans sa vie la paralysie du sommeil, les adolescents étant les plus touchés. Toutefois, seulement une minorité de la population, soit 2 à 4 %, vivra ce problème de manière récurrente. Le stress, l'anxiété et un sommeil anormal augmentent la possibilité de vivre des épisodes de paralysie du sommeil. En effet, les personnes qui n'ont pas une bonne qualité de sommeil ou qui sont atteintes de narcolepsie sont plus sujettes à la paralysie du sommeil. Les narcoleptiques ne peuvent pas contrôler l'heure et l'endroit où ils tombent endormis. Ceux-ci, lorsqu'ils s'endorment, passent directement au sommeil paradoxal, sans passer par le sommeil lent. Malheureusement, il n'y a pas de remède miracle contre la paralysie du sommeil. Lors d'un épisode, la personne ne peut qu'attendre que la situation passe, malgré l'inconfort. Sachant que la paralysie n'a pas d'effets néfastes sur le corps

ou le cerveau, le sujet pris d'un épisode de paralysie peut se servir de cette information pour garder son calme et attendre que l'effet de la glycine se dissipe.²

En conclusion, nos connaissances sur les différentes phases du sommeil et le fonctionnement de la glycine dans le cerveau au moment du sommeil paradoxal nous ont permis d'approfondir notre compréhension des symptômes associés à la paralysie du sommeil et d'identifier les sujets plus à risque. Les nouvelles informations sur ces différents aspects permettent de mieux comprendre ce qu'est le phénomène de la paralysie du sommeil. Tout de même, nos connaissances sur le sommeil en général restent bien limitées. Considérant qu'on passe une grande partie de notre vie à dormir, accroître notre savoir sur le sommeil pourrait notamment nous permettre de trouver de nouvelles façons de mettre à profit ce temps d'inactivité.

RÉFÉRENCES :

1. Dubuc B. LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX! [Internet]. 2002 [cité 3 mars 2021]. Disponible sur : https://lecerveau.mcgill.ca/flash/a/a_11/a_11_m/a_11_m_cyc/a_11_m_cyc.html
2. Bilodeau, François. La paralysie du sommeil [Internet]. Clinique de psychologie Berri. 2019 [cité 3 mars 2021]. Disponible sur : <https://psyberri.com/paralysie-du-sommeil-dormir-experience-terrifiante/>

Sommes-nous seuls dans l'Univers ?

Par David Bertrand et Alexandra Massicotte

Cet article pose la question : la vie sur une autre planète est-elle possible ? Pour y répondre, il faut déterminer quels éléments sont nécessaires à la vie. Par la suite, il faut savoir si ces éléments peuvent se retrouver sur d'autres planètes.

L'Homme a toujours été sujet à se poser des questions métaphysiques. Plusieurs de celles-ci sont en lien avec notre existence. L'une des façons d'aborder ce type de questionnement en science est de se demander : la vie ailleurs que sur Terre est-elle possible ? C'est ce que cet article tentera de démystifier malgré la complexité du sujet. La réponse à ce questionnement restera donc hypothétique. En premier lieu, les éléments essentiels à la vie seront déterminés. Par la suite, nous traiterons des découvertes permettant de croire en la présence de ces éléments sur d'autres planètes.

Effectivement, nous avons de plus en plus de preuves que la planète Mars est pourvue d'eau et peut-être même de la vie.

Tout d'abord, il existe différents critères permettant d'établir ce qu'est la vie. Dans ce texte, nous allons considérer que la vie correspond à certaines capacités d'un organisme. Par exemple, un être vivant est capable de se reproduire, de se développer, de réagir aux stimulus provenant de son environnement et utilise de l'énergie. Les sources d'énergie des êtres vivants sont diversifiées. Celles du règne animal et végétal reposent sur le cycle du carbone. Bien qu'il existe d'autres types de vie moins complexe, c'est à partir des règnes végétal et animal que nous allons déterminer les composés essentiels à la vie. L'énergie de végétaux leur provient d'une réaction nommée la « photosynthèse ».

En résumé, lors de ce phénomène, les végétaux captent l'énergie lumineuse et absorbent du dioxyde de carbone et de l'eau. Cette réaction produit de l'oxygène et un composé organique (le 3-phosphoglyceraldéhyde (PGAL)) permettant à la plante de se procurer de l'énergie. Quant à lui, le métabolisme du règne animal repose sur une réaction nommée la « respiration cellulaire ». Ce type de métabolisme nécessite comme réactif un composé organique (par exemple un glucose), ainsi que de l'oxygène. La réaction produit du dioxyde de carbone, de l'eau et de l'énergie. Il existe un lien étroit entre ces deux réactions : le cycle du carbone. En effet, les végétaux sont la source de glucose des animaux herbivores. Pour ce qui est des carnivores, ils dépendent indirectement des végétaux, car sans ceux-ci il n'y aurait pas d'herbivores à manger. De plus, il est important de remarquer que les végétaux utilisent le dioxyde de carbone pour produire de l'oxygène et que les animaux utilisent l'oxygène pour produire du dioxyde de carbone. Ainsi, il y a une interrelation étroite entre ces deux règnes. Sur la Terre, l'essentiel de l'oxygène aujourd'hui présent a été produit par la photosynthèse. C'est pourquoi il n'est pas nécessaire d'avoir de l'oxygène sur une planète pour permettre l'émergence de la vie. Une planète doit cependant détenir les composés permettant aux végétaux de produire de l'oxygène. Pour récapituler, la photosynthèse nécessite de l'eau, un gaz carbonique et de la lumière. La respiration cellulaire nécessite du glucose et de l'oxygène, mais ces deux éléments peuvent être produits grâce au métabolisme des végétaux. Par la suite, pour qu'un organisme puisse se reproduire, il doit pouvoir léguer son bagage génétique à sa descendance. Ce bagage génétique, que l'on désigne par les sigles « ARN » et « ADN », est constitué de bases azotées. On croit que l'origine de ces macromolécules sur la Terre est liée à ce qu'on appelle une « protocellule ». Cette dernière possède une membrane qui isole son contenu du monde extérieur. Ainsi, en isolant des composés organiques, la protocellule a favorisé la formation de liaisons entre ceux-ci pour former peu à peu des molécules semblables aux bases azotées. Conséquemment, pour qu'une planète puisse abriter la vie, elle doit contenir des composés organiques en quantité considérable.

Il est aussi primordial que l'atmosphère offre une protection aux organismes vivants contre les rayons nocifs tels que les rayons UV. Sur la Terre, c'est la couche d'ozone qui remplit cette fonction en les absorbant. Bref, pour permettre un mode de vie reposant sur le cycle du carbone, une planète doit avoir de la lumière, de l'eau et du gaz carbonique. Sa surface doit aussi être riche en composés organiques pour permettre la formation d'un bagage génétique. Son atmosphère doit finalement être en mesure d'offrir une protection contre les rayons nuisibles à la vie. Bien que, pour l'instant, l'homme ne connaisse aucune autre planète présentant simultanément toutes ces caractéristiques, il est possible que certaines planètes présentent une seule composante essentielle à la vie.



FIGURE 1 Image d'une forêt exposée aux rayons du Soleil. Source : David Bertrand, Aout 2019, [consulté le : 14 avril 2021]. Disponible sur : <https://www.instagram.com/p/BOuEY0gB-fX/>

Effectivement, nous avons de plus en plus de preuves que la planète Mars est pourvue d'eau et peut-être même de la vie. En effet, en 2002 la mission de la NASA l'*Odyssey* a décelé d'importantes concentrations d'hydrogène dans l'atmosphère de Mars, plus particulièrement autour des calottes glaciaires situées aux pôles Sud et Nord. Également, l'astromobile (rover) *Curiosity* de la NASA a trouvé, en 2012, de l'eau douce dans les échantillons d'argile récupérés sur le site Yellowknife Bay de Mars. D'ailleurs, on a constaté que les échantillons possédaient un dégradé de couleur passant du gris au rouge, ce qui, sur Terre, est connu pour signaler la présence de microorganismes.

Aussi, la plus récente découverte est celle de la présence d'eau liquide dans 4 lacs souterrains couvrant une étendue d'environ 75 kilomètres de large sous la calotte glacière Sud de Mars. Ils furent détectés par la sonde Mars Express lancée en 2003 par l'Agence spatiale européenne (ESA). Cependant, à cause de la température froide et l'atmosphère de Mars, les scientifiques croient que ces lacs auraient une teneur très élevée en sel (perchlorate). Ceci justifierait la présence d'eau sous forme liquide, mais ferait aussi en sorte qu'elle serait nuisible à certaines formes de vie. Malgré tout, les scientifiques ont espoir d'y retrouver des microorganismes semblables à ceux proliférant sur Terre dans les lacs salés de l'Antarctique. Ainsi, afin de découvrir de possibles signatures de vie sur Mars la NASA a envoyé l'astromobile (rover) *Persévérance* en 2020. Son but principal est de récolter des échantillons qui seront ramenés vers la Terre en 2031 par le véhicule « Mars Ascent Vehicle » de la mission « Sample retrieval lander » mise sur pied par la NASA et l'ESA.

D'autre part, l'atmosphère de Vénus est principalement constituée de CO₂, un gaz vital aux organismes dépendant du cycle du carbone. Cependant, elle contient d'épais nuages d'acide sulfurique à une altitude de 50 à 70 km de la surface. Ces gaz absorbent les rayons du Soleil et emprisonnent la chaleur grâce à un effet de serre. Il en résulte des températures qui s'élèvent à plus de 470 °C. L'atmosphère de Vénus est donc très dense, ce qui cause de fortes pressions à la surface de Vénus. Malgré ces conditions défavorables pour la vie, des radioastronomes du Royaume-Uni ont possiblement découvert, à l'aide de télescopes, la présence de phosphine (PH₃). Elle fut localisée à 50 km de la surface de Vénus, où la température est environ la même que sur Terre.

L'abondance de ce composé laisse présager qu'il serait continuellement renouvelé par une quelconque source. Compte tenu des caractéristiques de Vénus, la présence de microorganismes pourrait expliquer la présence de ce gaz. De plus, la mission Vénus Express mise sur pied par l'ESA a permis de découvrir la présence de vapeur d'eau. Cette découverte est due à d'importantes quantités de H₂ ainsi qu'à de plus faibles quantités de O₂ s'échappant de l'atmosphère de Vénus. Dans le but d'en apprendre plus sur la possible présence d'eau et de vie sur Vénus, la NASA envisage la mission DAVINCI+, qui implique un vaisseau spatial contenant un orbiteur et une sonde. Son objectif est d'analyser l'atmosphère de Vénus.

En ce qui a trait à la recherche de vie à l'extérieur de notre système solaire, les scientifiques recherchent des exoplanètes qui ne sont ni trop près ni trop loin de leur étoile. Une telle configuration permet une température assez clémente pour que l'eau liquide y soit présente. De plus, elles doivent avoir une surface rocheuse stable, une taille semblable à la Terre et une atmosphère propice à la vie. Jusqu'à présent, 4375 planètes extrasolaires ont pu être identifiées principalement grâce aux télescopes Kepler et TESS de la NASA.¹ Cependant, l'analyse de la composition atmosphérique des planètes reste un domaine relativement récent et un défi technologique. Pour ces raisons, la recherche de vie sur les exoplanètes est présentement limitée. Toutefois, le télescope James Webb qui sera lancé sous peu par la NASA permettra de nouvelles percées dans ce domaine. En effet, grâce à une technologie de pointe, il sera en mesure d'analyser l'atmosphère de certaines planètes en plus d'en découvrir de nouvelles.



FIGURE 2 Les planètes Vénus, Terre et Mars. Source : Deutsch. Pixabay [Internet]. 2011 [cité 12 avril 2021]. Disponible sur : <https://pixabay.com/fr/photos/plan%C3%A8te-plan%C3%A8tes-internes-11060/>

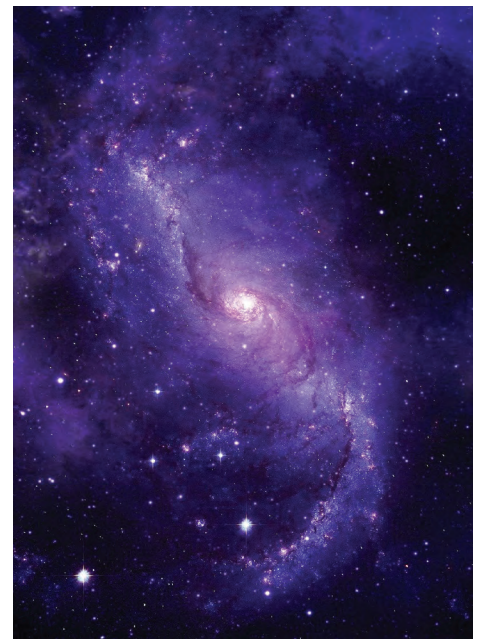


FIGURE 3 Une galaxie. Source : Obscura L. Pixabay [Internet]. 2018 [cité 12 avril 2021]. Disponible sur : <https://pixabay.com/fr/photos/galaxy-star-univers-ciel-%C3%A9toile-%C3%A9-3607885/>

En conclusion, les éléments essentiels à la vie coexistent probablement ailleurs dans l'Univers, mais pour l'instant aucune planète connue ne présente l'ensemble des critères permettant l'émergence de la vie. Ainsi, pour répondre à la question de l'existence de la vie sur une autre planète, deux hypothèses peuvent être émises. La première soutient que la vie sur une autre planète est impossible puisqu'elle est le résultat d'un ensemble d'événements complexes relevant du hasard et il est peu probable que les mêmes circonstances se reproduisent ailleurs dans l'Univers. Selon un autre point de vue, l'Univers est constitué de 2000 milliards de galaxies, chacune contenant elle-même plusieurs dizaines voire plusieurs centaines de milliards d'étoiles.² Sachant que des planètes orbitent autour de plusieurs d'entre elles, on réalise que l'Univers reste encore inexploré par l'homme et que la vie pourrait exister ailleurs que sur la Terre.

RÉFÉRENCES :

1. Brennan P. Missions | Discovery [Internet]. Exoplanet Exploration: Planets Beyond our Solar System. 2020 [cité 5 avr. 2021]. Disponible sur : <https://exoplanets.nasa.gov/discovery/missions>
2. Pelletier D. Astrophysique. Introduction à l'astronomie et à l'astrophysique. 5e édition. Valleyfield. Hiver 2021.

Concours de photos scientifiques

Voici les photos gagnantes sélectionnées par le comité de rédaction de la Revue scientifique 2021. Elles mettent en valeur des phénomènes physiques, la beauté des astres et la diversité des paysages québécois.



L'effet Kaye est un phénomène qui caractérise les liquides visqueux organiques non newtoniens lorsqu'ils entrent en contact avec eux-mêmes. Le liquide se voit alors être projeté dans les airs après avoir rebondi sur la substance visqueuse, et ce, pendant un temps moyen de 300 millisecondes.

Alexandra Lefebvre, mars 2019

Je souhaitais capturer la beauté de cet astre dans l'Univers sans autres distractions. C'est pourquoi elle s'y trouve seule. Étant dans son premier quart du cycle lunaire, on peut apercevoir tous les détails de sa surface ainsi que sa partie cachée par l'obscurité.

Jolyan Gagnard, 2021, Les Coteaux



La beauté de la nature et des écosystèmes aquatiques.

Sarah-Ann Duval, 20 octobre 2018, Parc des Îles de Saint-Timothée



La flamme de la chandelle ne possède pas d'ombre. Il y a une ombre dans le cas où il y a un blocage de la lumière par un objet.

Clara Botros, juin 2019

Parc national des Grands-Jardins dans la région de Charlevoix. On peut voir le paysage hivernal au relief montagneux façonné par le passage des glaciers il y a plus de 15 000 ans.

Florence Maheu, 9 février 2019, St-Urbain



RÉFÉRENCES - Images présentes sur le frontispice de la revue

Rangée du haut :

1. Getty. Vaccin contre le cancer [Internet]. 2020 [cité 3 mai 2021]. Disponible sur : <https://nouvelles.umontreal.ca/article/2020/05/14/une-methode-elaboree-a-l-iric-est-designee-decouverte-de-l-annee-par-quebec-science/>
2. Freepik. Low Angle Shot Of The Antelope Canyon In Arizona At Daytime for free [Internet]. 2020 [cité 3 mai 2021]. Disponible sur : https://www.freepik.com/free-photo/low-angle-shot-antelope-canyon-arizona-daytime_7899977.htm

Rangée du bas :

3. Mosher SN Dave. NASA launch Perseverance [Internet]. 2020 [cité 3 mai 2021]. Disponible sur : <https://www.businessinsider.com/watch-live-nasa-mars-rover-perseverance-launches-thursday-2020-7>
4. Mysticsartdesign. Fractale Julia [Internet]. 2014 [cité 3 mai 2021]. Disponible sur : <https://pixabay.com/fr/illustrations/fractales-vert-r%C3%A9sum%C3%A9-math%C3%A9matique-429033/>
5. vchal/Shutterstock.com. CRISPR-Cas 9 [Internet]. 2015 [cité 3 mai 2021]. Disponible sur : https://www.pourlascience.fr/theme/biologie-synthese/index_2.php

SCIENCES DE LA NATURE AU CÉGEP DE VALLEYFIELD

>> ton passeport pour l'université !

2 profils disponibles

SCIENCES DE LA SANTÉ
SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES

Double DEC

SCIENCES DE LA NATURE
& ARTS VISUELS

>> 3 ans + 2 formations =
la combinaison parfaite pour TES passions !



Au Cégep de Valleyfield, le programme Sciences de la nature t'offre :

- Des projets uniques comme la Revue scientifique des finissants; une première rédaction scientifique distribuée à raison de 3 000 exemplaires dans plusieurs écoles et commerces de la Montérégie et du Grand Montréal
- Des activités pédagogiques concrètes comme :
 - l'utilisation d'un observatoire d'astronomie sur le toit du Cégep
 - une excursion géologique sur le terrain
- Des laboratoires à la fine pointe de la technologie
- Plusieurs mesures d'aide pour faciliter ton intégration à la 1^{re} session

Programmes universitaires contingentés intégrés par nos diplômés en Sciences de la nature au cours des dernières années : MÉDECINE | PHARMACIE | SCIENCES BIOMÉDICALES | GÉNIE | DROIT COOPÉRATIF | ERGOTHÉRAPIE | KINÉSIOLOGIE | NUTRITION | ARCHITECTURE

*Envie de visiter nos installations
et de rencontrer nos équipes ?*

Découvre nos différentes activités d'exploration
(portes ouvertes, étudiant d'un jour, etc.)

> www.colval.qc.ca/visiter-le-cegep



L'HISTOIRE • L'EXPÉRIENCE • LE SUCCÈS

communication@colval.qc.ca