

Présentent

Donne ta **langue**
au



**JOURNÉE
DE LA**

BIOLOGIE

Livre imprimé dans le cadre de Donne ta langue au chercheur – Journée de la Biologie, 2023.



Licence Creative Commons – creativecommons.org

Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification
CC BY-NC-ND

©Canva pour les illustrations

Couverture, illustrations : Mélissa Charrier, Récréasciences

Mise en page : Léa Lefort, Récréasciences

Imprimé à Limoges par le service de reprographie de la FLSH, Faculté de Lettres et de Sciences Humaines, Université de Limoges

Sommaire

Introduction.....	5
Comment fonctionnent les tests ADN ?	6
Un protocole pour extraire et purifier les protéines présentes dans la spiruline ?	9
À quoi est due la trisomie 21 ? Et quels sont les facteurs de risque ?	11
Les espèces animales vont-elles pouvoir s'adapter assez rapidement au réchauffement climatique ?	13
Quand vous faites des découvertes, comment diffusez-vous l'information ?	14
Souvent, on dit que les êtres vivants sont des animaux ou des végétaux. Est-ce qu'il en existe qui ne sont ni l'un ni l'autre et qui sont-ils ?	16
Est-ce vrai cette légende qui dit que les hormones des adolescents ramollissent leur cerveau ?	18
Pourquoi les jeunes sont-ils plus sensibles aux addictions ?	20
Lors de vos observations, avez-vous déjà constaté des modifications dans le comportement et la physiologie des animaux qui seraient liées au changement climatique ?	21
Allons-nous devoir changer toute notre alimentation à cause du changement climatique ?	22
Qui est arrivé le premier ? La poule ou l'œuf ?	25
Quelles conséquences pour notre santé, pour le fonctionnement de nos organes s'il n'y a plus d'eau potable dans les années à venir ?	27
Pourquoi l'ornithorynque est-il classé dans les mammifères alors que la femelle pond des œufs ?	30
Le système digestif et le système cérébral des animaux sont-ils très différents de ceux des humains ?	31
Qu'est-ce qui ne fonctionne pas correctement dans le cerveau d'un serial killer ?	38
Avec les avancées technologiques et scientifiques qui existent aujourd'hui, sera-t-il possible un jour de pouvoir réparer des lésions cérébrales ?	40
Quels sont les liens entre le climat et la biodiversité ?	42
Quels impacts le réchauffement climatique peut-il avoir sur la biodiversité et la santé de tous ?	45
Les scientifiques	50
Remerciements	62

Introduction

En 2021, l'université de Limoges se voyait attribuer le label « Sciences Avec et Pour la Société (SAPS) » par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche pour l'ensemble des actions de diffusion de la culture scientifique réalisées et à venir auprès du grand public. Pour obtenir ce label, l'université, en partenariat avec le Centre de Culture Scientifique Technique et Industrielle du Limousin, Récréasciences, a imaginé le projet **Donne ta langue au chercheur** qui permet au grand public de poser des questions aux scientifiques. Une première édition a porté sur l'environnement, la seconde édition sur la santé et actuellement la troisième édition porte sur le numérique. Toutes les réponses sont en libre accès sur <https://www.unilim.fr/science-et-societe-donner-sa-langue-au-chercheur/>

En 2022, lors d'une journée de formation de l'Éducation Nationale, les biologistes qui travaillent dans les laboratoires de recherche de l'université de Limoges ont rencontré de nombreux enseignants de Sciences de la Vie et de la Terre (SVT) et de Biochimie/Biotechnologie/Génie Biologique (BGB, une discipline en lycée technologique) de l'académie de Limoges. Eh oui, même les professeurs redeviennent comme des élèves le temps d'une journée ! Au vu du succès de l'événement, il a été décidé de renouveler la formation et de la proposer à nouveau en 2023.

L'idée a alors émergé d'associer en 2023 la Journée de la Biologie, journée de formation pour les enseignants, avec le projet Donner sa langue au chercheur. C'est ainsi qu'est née **Donne ta langue au chercheur, édition Biologie pour collégiens et lycéens**.

Nous sommes ravies de vous présenter ce recueil de réponses des scientifiques aux questions posées par les collégiens et les lycéens de l'académie de Limoges. Nous espérons que vous prendrez autant de plaisir à le lire que nous en avons eu à réaliser ce livret.

Nous sommes convaincues que la collaboration entre établissements scolaires et scientifiques est essentielle afin d'encourager la curiosité intellectuelle et l'engagement des jeunes pour les sciences.

Scientifiquement vôtre,

Claire Lefort, représentant l'université de Limoges

Julie Lairesse, représentant Récréasciences

Anne Druilhe, représentant les organisateurs de la Journée de la Biologie

Comment fonctionnent les tests ADN ?

Réponse de Morgane Maniveau



Un test ADN est un test biologique permettant d'analyser l'ADN d'une personne (séquence d'ADN: enchaînement des lettres ATCG dans un ordre précis permettant de former des gènes). Ces gènes fonctionnent comme des plans de construction permettant de créer les acteurs de notre corps accomplissant différentes fonctions. Ces tests sont prescrits et réalisés dans un but précis [1]: (1) **détection d'anomalie génétique (mucoviscidose)**, (2) **de gènes de prédisposition à une maladie**, (3) **test de dépistage d'infections**, (4) **lien de parenté entre individu**, (5) **identification d'un individu**, (6) **test d'origine**, etc. En fonction du type de tests, les informations recherchées sont différentes et ne nécessitent donc pas les mêmes techniques! La plupart du temps, la première étape reste cependant commune: prélèvement d'un échantillon biologique tel que de la **salive**, des **cheveux**, du **sang**. À partir de cet échantillon, une **extraction d'ADN** est réalisée, une fois l'ADN dans un tube, on peut réaliser le test.

Prenons l'exemple des types de test (4) et (5), dans ces deux cas l'identification peut reposer sur la **recherche de minisatellites ou microsatellites** [2]. Ces satellites sont des **séquences d'ADN répétées** (ex: CTGG CTGG CTGG CTGG CTGG CTGG; répétition du motif CTGG) recherchées à des endroits précis. D'une personne à l'autre, le nombre de répétitions varie permettant ainsi une reconnaissance. Des parents aux enfants, ces séquences peuvent être transmises, ainsi, si deux individus possèdent des satellites de taille commune, un lien de parenté pourra être établi. Afin d'identifier le nombre de répétitions, il est possible d'utiliser la PCR (*Polymerase chain reaction*): une partie de l'ADN, une séquence précise est recherchée et amplifiée, en l'occurrence la région génétique où se trouve les minisatellites. Si la séquence est présente, alors elle sera multipliée de nombreuses fois. Les échantillons sont ensuite déposés dans des puits dans un gel qui va permettre de séparer les morceaux d'ADN en fonction de leur taille. Poussés par un champ électrique dans le gel, c'est une course qui commence, les fragments les plus légers vont avancer vite et les plus lourds resteront plus au départ du gel (technique de l'électrophorèse). En effet, l'échantillon sera plus grand

en fonction du nombre de répétitions et permettra ainsi une identification d'individu. Comme la PCR permet de multiplier une séquence particulière, il est aussi possible de vérifier si une séquence est présente ou non, cela peut être utile dans le cadre des tests de type (3). En exemple, cette technique est beaucoup utilisée en cas de suspicion d'infection à la bactérie *Chlamydia trachomatis* en recherchant de l'ADN qui correspond à cet organisme et qui n'est pas retrouvé habituellement chez l'Homme [3].

Dans le cadre des tests (1) et (2), ce sont souvent des **mutations** qui sont recherchées (on s'attend par exemple à avoir la séquence suivante: ATCG; mais on observe celle-ci AGTG). La mucoviscidose est une maladie génétique provoqué par une **anomalie dans un gène**, à un endroit précis du chromosome: le **gène CFTR**. Dans le cadre des cancers, certaines personnes présentent ce qu'on appelle « des gènes de prédisposition ». Ces gènes mutés vont faciliter le développement d'un cancer mais ne vont pas être la cause seule. Dans ces cas précédents, un test ADN peut être prescrit afin de mieux observer la séquence des gènes précédents, par séquençage par exemple. Le séquençage permet d'obtenir l'ordre des lettres ATCG dans une séquence et ainsi vérifier si une mutation est présente ou non. Cependant, réaliser cette analyse directement sur un échantillon n'est pas possible car la quantité d'ADN serait trop faible. De nouveau une PCR doit être effectuée, comme dit précédemment, elle permet de multiplier une séquence d'ADN, c'est cette propriété qui intéresse ici afin d'avoir une quantité suffisante de matériel.

Enfin, les tests (5) apportant des informations sur ses origines ethniques. Certaines régions de l'ADN présentent ce qu'on appelle « des polymorphismes » [4]. Par exemple, sur le chromosome 3, à une position précise (167978688), les Européens ont 50 % de chance d'avoir un A et 50 % de chance d'avoir un G. En revanche, en Asie de l'Est, le G est retrouvé dans moins de 5 % des cas et le A dans moins de 20 %. L'ensemble de ces variations recensées ont été stockées sur des bases de données. Pour travailler sur ces variations, il est de nouveau nécessaire de réaliser des PCRs afin d'obtenir une quantité d'un ensemble de régions d'ADN présentant ces polymorphismes. Ces échantillons sont ensuite déposés sur ce qui est appelée: une puce à ADN. La puce à ADN permet de réaliser un grand nombre de séquençage à la fois à des endroits précis et différents de l'ADN. Composée de nombreux pores, trous (700 000 dans le test My heritage [5]), chacun des espaces va permettre d'analyser un endroit différent dans l'ADN (on peut imaginer que l'un des espaces va donc permettre de voir si à l'emplacement mentionné au début sur le chromosome 3, on va plutôt avoir un A, un G ou autre). Ces résultats sont ensuite analysés et vous obtenez votre test d'origine.

Néanmoins, une myriade d'autres techniques existent ! Le choix va se porter sur différents paramètres: ai-je besoin d'une technique très précise ? Ai-je l'équipement nécessaire ? Quel est son coût ? En combien de temps aurai-je les résultats ?

Bibliographie

- [1] « **Pourquoi se servir d'un test ADN ?** ». The Warning. 2019. Disponible sur : https://thewarning.info/pourquoi-se-servir-dun-test-adn%E2%80%89/#Plusieurs_types_de_tests_ADN
- [2] « **Fiabilité du test ADN de paternité par analyse des microsatellites** ». Expert ADN. Disponible sur : <https://expertadn.fr/fiabilite-du-test-adn-de-paternite-par-analyse-des-microsatellites/>
- [3] Greub, Gilbert et Katia Jaton. « **PCR en microbiologie : de l'amplification de l'ADN à l'interprétation du résultat** ». 2007. Disponible sur : <https://www.revmed.ch/revue-medicale-suisse/2007/revue-medicale-suisse-106/pcr-en-microbiologie-de-l-amplification-de-l-adn-a-l-interpretation-du-resultat>
- [4] « **Que valent les tests ADN pour décrire nos origines ?** ». The Conversation, 2019. Disponible sur : <https://theconversation.com/que-valent-les-tests-adn-pour-decrire-nos-origines-117144>
- [5] « **Comment fonctionnent les tests ADN** ». My Heritage. Disponible sur : <https://education.myheritage.fr/article/how-dna-testing-works/>

Un protocole pour extraire et purifier les protéines présentes dans la spiruline ?

Question complète :

Bonjour, nous sommes trois élèves de terminale en spécialité STL et nous nous permettons de vous envoyer ce message afin que si vous le voulez, vous nous aidiez à répondre à une problématique qui compléterait notre projet de grand oral. Notre sujet d'oral étant « Comment la spiruline peut-elle contribuer à notre alimentation ? ». Nous devons donc réaliser des manipulations expérimentales, cependant nous cherchons un moyen d'extraire et de purifier les protéines présentes dans la spiruline, grâce à des techniques réalisables en laboratoire de lycée (avec des matériaux de lycée). Si vous pouviez nous conseiller ou nous trouver un protocole, nous vous en serions très reconnaissantes. Merci d'avance pour votre aide.

Réponse de Tan-Sothea Ouk

La spiruline, ou *Spirulina platensis*, est une **algue microscopique** connue pour être **riche en vitamines, en fer et autres oligoéléments**. Elle est connue aussi pour sa richesse en **protéines** assimilables par notre organisme. Les protéines représentent une grande famille de molécules biologiques qui sont impliquées dans le bon fonctionnement de notre organisme. On peut retrouver jusqu'à 65 grammes de protéines pour 100 grammes de spiruline (65 %), soit presque trois fois plus que le poisson (24 %) ou la viande (22 %).

Si les protéines sont destinées à être consommées, certaines méthodes d'extraction sont à éviter comme celles utilisant un **solvant chimique**.

L'extraction des protéines à partir de paillettes de spiruline est réalisée grâce à une succession d'étapes :

- 1 – Solubilisation de la spiruline dans une solution constituée d'**eau ultrapure**,
- 2 – Rupture des parois et membranes cellulaires de la spiruline par des étapes de **congélation** à -20°C suivies de **décongélation** réalisée à $+4^{\circ}\text{C}$ ou par l'application de méthodes physiques comme les **ultrasons**,
- 3 – Clarification de l'extrait par une méthode de **séparation liquide-solide** (centrifugation) et **récupération du surnageant** de centrifugation,
- 4 – **Filtration stérilisante** du surnageant de centrifugation avec un filtre de porosité de $0,45\mu\text{m}$ et récupération du filtrat, constituée majoritairement de protéines et d'éléments non-protéiques comme des glucides,

5 – Pré-purification des protéines du filtrat par l'**ajout d'un sel** (sulfate d'ammonium) qui va permettre de récupérer de manière spécifique les protéines. Celles-ci sont ensuite récupérées grâce à une nouvelle étape de centrifugation. Cette fois-ci, c'est le **culot** qui est conservé, car il sera constitué des protéines. Le culot de protéines est repris dans une solution aqueuse pour obtenir un **extrait liquide enrichi en protéines**.

L'extraction de protéines à partir de la spiruline peut être expérimentée au sein du Département Génie Biologique de l'IUT du Limousin (<https://www.iut.unilim.fr/les-formations/but/genie-biologique/>). Les réactifs et les différents outils d'analyse nécessaires à l'obtention d'un extrait riche en protéines pourront être mis à disposition. L'équipe pédagogique du département Génie Biologique se fera un plaisir d'accueillir les élèves ayant posé la question pour préciser le protocole et voir comment le réaliser dans leur lycée d'origine.

Bibliographie

- 1 « **Comment extraire la phycocyanine de la spiruline ?** ». Performe. 2021. Disponible sur : <https://www.performe.co/blog/comment-extraire-la-phycocyanine-de-la-spiruline/>
- 2 Sguera, Sébastien. « **Spirulina platensis et ses constituants : Intérêts nutritionnels et activités thérapeutiques** » (Thèse d'exercice). 2008. Disponible sur : <https://www.technap-spiruline.fr/images/pdf/TECHNAP-These-S-SGUERA2008-la-spiruline-aspects-nutritionnels-therapeutiques.pdf>
- 3 Bodeau, Christine. « **Extrait peptidique de spiruline et son procédé d'obtention, qui permet d'améliorer les performances biologiques d'un extrait protéique de spiruline** » (Brevet français n° FR 2857978A1). Technature Fr, Université de Bretagne Occidentale. 2003. Disponible sur : <https://patents.google.com/patent/FR2857978A1/fr>

À quoi est due la trisomie 21 ? Et quels sont les facteurs de risque ?

Réponse de Sylvia M Bardet

En 1846, le Dr Edouard Séguin analyse pour la première fois le **visage très caractéristique** des individus trisomiques et en 1866, le Dr John Langdon Haydon Down fait une **description détaillée** des personnes trisomiques.

La trisomie 21 est ainsi appelée **syndrome de Down** et ne peut pas être considérée comme une maladie mais une **malformation congénitale**, qui peut provenir d'une non-disjonction des chromosomes homologues (lors de la première division de méiose) ou des chromatides sœurs (lors de la seconde division de méiose) au cours de la formation des gamètes. Dans 90 % des cas, les erreurs proviennent d'erreurs chez la mère alors que dans moins de 10 % chez le père (spermatogenèse).

Elle est donc due à la présence d'un **chromosome surnuméraire sur la 21^e paire** de chromosomes, c'est-à-dire qu'au lieu d'avoir au total 46 chromosomes, l'individu trisomique en possède 47. La trisomie 21 est l'aberration chromosomique la plus fréquente (il y a aussi la trisomie 18, 13 et 8).

On compte aujourd'hui 50 000 personnes atteintes en France, 400 000 en Europe et 8 millions dans le monde.

La probabilité d'avoir un enfant trisomique augmente avec l'**âge de la mère**: 1 pour 2000 naissances vers 20 ans et 1 pour 100 vers 40 ans. C'est le facteur de risque le plus connu avec l'accumulation d'effets toxiques au cours de la méiose de l'ovocyte et le vieillissement ovarien (dégradations des protéines de cohésion, microtubules, environnement ovarien et utérin...). Il existe des facteurs de risque génétiques chez la mère jeune pour les gènes qui concernent le métabolisme de l'**acide folique** (une des vitamines B). La prise d'acide folique avant la grossesse diminuerait le risque de survenue de trisomie 21 en venant compenser un éventuel manque d'activité par les gènes portés par le chromosome 21.

L'espérance de vie d'un enfant trisomique a fortement augmenté. Dans les années 50, elle était **d'environ 20 ans**, aujourd'hui, les personnes atteintes de trisomie 21 arrivent à vivre **jusqu'à plus de 60 ans**.

Il n'y a **pas de traitements** contre cette aberration chromosomique mis à part ceux destinés à prévenir ou à corriger les nombreux symptômes ophtalmiques, neurologiques, respiratoires, endocrines, cardio-vasculaires...

Bibliographie

Vekemans, Michel. « **Âge maternel et autres facteurs de risque de la trisomie 21** », in Annales de Biologie Clinique, vol. 61, no. 4, Juillet 2003, pp. 497-499. Disponible sur : https://www.jle.com/fr/revues/abc/e-docs/age_maternel_et_autres_facteurs_de_risque_de_la_trisomie_21__260399/breve.phtml

Aboudafir, Émilia. « **Trisomie 21 : Perspectives actuelles de recherche de traitements** » (Thèse). 2017. Disponible sur : <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01932163/document>

« **Les anomalies de la méiose** ». Maxicours. Disponible sur : <https://www.maxicours.com/se/cours/les-anomalies-de-la-meiose/>

Perbet, C. « **La trisomie 21** ». Caducee.net. Disponible sur : <https://www.caducee.net/DossierSpecialises/genetique/trisomie-21.php>

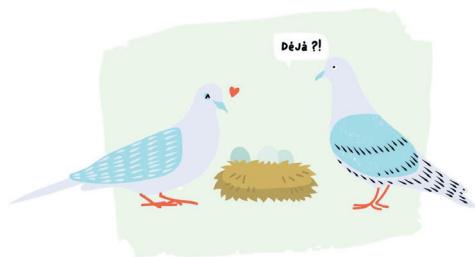
Les espèces animales vont-elles pouvoir s'adapter assez rapidement au réchauffement climatique ?

Réponse de Michel Galliot

L'adaptation des espèces a déjà débuté. Certaines se déplacent vers le nord (des araignées, la chenille processionnaire du pin) d'autres modifient leur migrations (il y a de plus en plus d'oies cendrées en France en hiver). On détecte même des **modifications morphologiques**, les chamois voient leur poids moyen diminuer, des bourdons aux États-Unis ont vu une diminution de la longueur de leur langue à cause de la modification des fleurs qui les entoure.

Mais ces **changements sont lents**, plus lents que le changement climatique. Une augmentation de 1 °C de la température moyenne de la France (ce qu'on note entre 1980 et 2020) décale les isothermes de 150 à 200km vers le nord. Les animaux devraient se déplacer aussi loin vers le nord. Mais on constate que si les insectes ou les oiseaux peuvent se déplacer aussi vite, de nombreuses espèces ne se déplacent que de quelques kilomètres en 10 ans. **L'espace viable de ces espèces diminue peu à peu** et certaines d'entre-elles vont disparaître. Citons le cas de certains serpents et de certaines grenouilles qui sont très menacés.

Et les espèces dont le comportement dépend de la hauteur du soleil en fonction de la saison (hauteur qui ne change pas) auront plus de mal à s'adapter, par exemple à avancer ou reculer leur **date de ponte pour les oiseaux**.



Bibliographie

Massu, Natacha et Guy Landmann, coord. « **Connaissance des impacts du changement climatique sur la biodiversité en France métropolitaine** » (Synthèse de la bibliographie). Mars 2011. Disponible sur : <http://ccbio.gip-ecofor.org/index.php?sujet=synthese>

Mulot, Rachel. « **Adaptation climatique : des bourdons voient leur langue raccourcir** ». Sciences et Avenir. 2015. Disponible sur : <https://reppi.ovh/wp-content/uploads/2016/01/AdaptationLangueBourdon-1.pdf>

Ministère en charge de l'écologie. « **Les impacts du réchauffement climatique sur la biodiversité** ». Écologie.gouv. 2017. Disponible sur : <https://www.ecologie.gouv.fr/impacts-du-rechauffement-climatique-sur-biodiversite>

Quand vous faites des découvertes, comment diffusez-vous l'information ?

Réponse de Claire Demiot

Une des missions des enseignants-chercheurs et/ou des chercheurs est de diffuser leur travail de recherche quelle que soit leur discipline. Nous prendrons l'**exemple des chercheurs en sciences** pour répondre à cette question.

Qu'est-ce qu'un travail de recherche en sciences ?

En sciences du vivant, le chercheur **teste une hypothèse de travail** (une question scientifique) par l'expérimentation la plus appropriée sur du vivant tel qu'une cellule, un animal ou l'Homme. Il peut, par exemple, étudier l'effet de la stimulation d'une protéine sur une cellule en utilisant des technologies adaptées pour détecter les signaux induits par cette stimulation.

Quand le chercheur a obtenu assez de **résultats fiables**, robustes qui permettent de répondre avec certitude à son ou ses hypothèses de travail ou questions scientifiques, il va alors passer à la 2^{de} étape de son travail, à savoir, la **diffusion de ses résultats**. Ces découvertes, correspondant à ses résultats, peuvent être importantes dans le domaine de la recherche et intéresser des chercheurs d'autres pays qui travaillent sur le même sujet. Elles peuvent également intéresser les citoyens, le grand public quand le sujet les touche comme, par exemple, la pandémie de COVID-19.

Quels sont les différents formats de diffusion ?

1. **La publication** : Il faut distinguer trois types de publications :
 - La publication scientifique : Elle **décrit rigoureusement le travail de recherche** qui a été mené en suivant une trame. Elle débute par une introduction qui ouvre sur la question scientifique, puis mentionne le matériel et la méthode qui a permis de répondre à la question, présente de façon descriptive les résultats obtenus et poursuit par une discussion des résultats comparés à ceux déjà publiés, avant de conclure sur l'intérêt de ce travail. Ces publications sont soumises le plus souvent en **anglais** dans des **journaux internationaux** reconnus du domaine, de haut niveau scientifique. L'éditeur du journal associé à des chercheurs internationaux experts du domaine critiquent le travail et décident si le travail peut être publié en l'état ou a besoin d'être modifié/corrigé s'ils le jugent nécessaire. Cette étape permet de **garantir la véracité des connaissances**.

- Les articles et ouvrages de diffusion des connaissances, à destination d'un public plus large d'étudiants et de professionnels: Il ne s'agit plus ici de convaincre les chercheurs internationaux mais de **mettre la connaissance à disposition d'un public plus large**. Les publications seront rédigées en **français**. Elles transposent de façon didactique le savoir scientifique dans une forme plus **accessible** et plus concrète pour un **professionnel**.
- Les articles de vulgarisation destinés au grand public: Il est important que les citoyens puissent avoir accès, connaître, comprendre les découvertes scientifiques et leurs applications. Les articles scientifiques écrits avec un langage accessible à tous, **donne au citoyen les moyens de comprendre et de s'intéresser aux nouveautés de la découverte**.

2. **La communication**: Il faut distinguer deux types de communications:

- Congrès / journées thématiques de sa discipline:

Un bon moyen de diffuser son travail de recherche est de fréquenter les congrès spécialisés/journées thématiques de sa discipline de recherche. La communication peut se faire sous la forme d'une **présentation orale ou affichée**. Les présentations peuvent être **internationales** en langue anglaise ou **nationales** en langue française. Dans tous les cas, fréquenter les congrès permet de **se faire «connaître»** par une grande partie des personnes de sa discipline et d'**avoir un regard critique extérieur** le plus souvent très constructif qui permet de réajuster sa réflexion.

- Actions de diffusion / vulgarisation de sa recherche:

Les chercheurs peuvent être amenés à communiquer sur leurs recherches devant le **grand public** ou devant un **public particulier non-scientifique** (ex: élèves du primaire ou du secondaire). Des associations, des centres culturels, des écoles, des universités, les médias tels que les radios ou chaînes de télévision peuvent les contacter et leur proposer de communiquer sur des sujets importants, délicats qui nécessitent d'être expliqués au mieux au grand public.

Bibliographie

- 1 Abbadia, Jessica. « **Qu'est-ce que la diffusion de la recherche et pourquoi est-elle si importante ?** ». Mind the graph. 2022. Disponible sur : <https://mindthegraph.com/blog/fr/diffusion-de-la-recherche/> (consulté le 18/01/2023).
- 2 Debret, Justine. « **Tout savoir sur la publication d'un article scientifique** ». Scribbr. 2020. Disponible sur : <https://www.scribbr.fr/article-scientifique/publication-article-scientifique/> (consulté le 18/01/2023)

Souvent, on dit que les êtres vivants sont des animaux ou des végétaux. Est-ce qu'il en existe qui ne sont ni l'un ni l'autre et qui sont-ils ?

Réponse de Guy Costa

Oui sur terre il y a des êtres vivants qui ne sont ni des animaux ni des végétaux.

Mais avant d'aller plus loin, il nous faut définir ce qu'est un être vivant. Pour toute la communauté scientifique, et ceci jusqu'à Stanley Prusiner, un être vivant se définit comme une **forme de vie individualisée capable de se reproduire identique à elle-même**.

Les plantes, les animaux, les champignons, les bactéries répondent pleinement à cette définition. Les cellules, qui sont l'individu comme les levures ou les bactéries, ou qui constituent des organismes complexes, ont de l'ADN porteur de l'hérédité de l'espèce et donc capable de reproduire, en autonomie, des individus identiques aux variantes près de la reproduction sexuée et des modifications nucléotidiques lors des divisions cellulaires.

Mais il y a d'autres êtres vivants, bien plus abondants sur terre que les précédents : **les virus**. Vous en connaissez de nombreux. À la différence des systèmes cellulaires, les virus sont des **organismes rudimentaires en termes d'organisation moléculaire**. Les plus complexes d'entre eux ont une enveloppe, une membrane, protégeant un cœur constitué de protéines et d'acides nucléiques, la **capside** (grippe, SIDA, SARS etc.). Les plus simples, comme le virus de l'herpès, ne sont constitués que de protéines et d'acides nucléiques. Mais ici le portage de l'hérédité de l'espèce se fait soit par une molécule d'ADN double brin / simple brin, soit par de l'ARN simple brin / double brin. Ces êtres vivants ont la particularité de devoir leur **duplication à la présence d'un hôte** : ce sont des parasites obligatoires.

Mais il y a plus encore, les **viroïdes** sont des particules infectieuses constituées que d'une molécule d'ARN qui porte l'hérédité de l'espèce. Les viroïdes sont des **parasites dont l'hôte est une plante** comme la pomme de terre.

Jusqu'à présent, tous les êtres vivants que je vous ai présentés sont des **organismes disposant d'un acide nucléique garant de l'hérédité de l'espèce**. Avec la découverte du prion (la tremblante du mouton, la maladie de la vache folle, ou la maladie de Creutzfeldt-Jakob), Stanley Prusiner, qui obtiendra le prix Nobel pour ses travaux en 1997, montre qu'une **protéine seule peut être qualifiée d'être vivant** puisqu'elle se reproduit identique à elle sans aucun support génétique lors de l'infection. Ici, la protéine du prion, appelée PrP, se duplique par contact entre une isoforme pathogène et une isoforme normale de PrP.

Demain que trouverons-nous...

Bibliographie

Selosse, Marc-André. « **Jamais seul : Ces microbes qui construisent les plantes, les animaux et les civilisations** ». Éditions Actes Sud. 2017.

Tsagris, Martínez et al. « **Viroids** ». in *Cellular Microbiology*, vol. 10, no. 11, 2008, pp. 2168- 2179. Disponible sur : https://www.researchgate.net/publication/23231166_Viroids

Prusiner, Stanley. « **Novel proteinaceous infectious particles cause scrapie** », in *Science*, vol. 216, no. 4542, 1982, pp. 136-144.

Est-ce vrai cette légende qui dit que les hormones des adolescents ramollissent leur cerveau ?

Réponse de Bertrand Olliac

Plus qu'une légende c'est une façon imagée de voir les choses.

Ce qui est en jeu c'est une **modification dans l'organisation du cerveau liée au développement**. On sait maintenant, grâce à la science, pourquoi les adolescents ont un fonctionnement un peu « particulier ».

Longtemps on a pensé que les bébés naissaient avec un cerveau achevé et qu'ensuite les humains devaient vivre et se débrouiller avec. C'était sans compter sur la **plasticité cérébrale** ! On sait maintenant que des modifications se font tout au long de la vie. Si le développement du cerveau et de ses fonctions sont particulièrement importants et rapides pendant la grossesse, puis pendant la petite enfance, ils se poursuivent longtemps (jusqu'à plus de 20 ans).

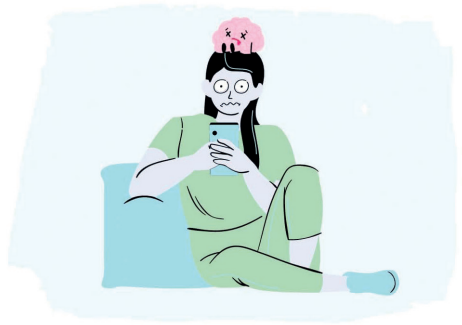
Pour comprendre les modifications de fonctionnement des comportements, mais en fait du cerveau, à l'adolescence on peut simplifier et considérer que nous avons dans le cerveau des **fonctions de base simples, nécessaires et mises en place très tôt dans la vie** (comme la gestion de la respiration, du rythme veille sommeil, de l'alimentation et des émotions, etc.) et à côté de cela des **fonctions plus complexes** (comme le raisonnement, la pensée, les prises de décision).

En simplifiant encore beaucoup, on peut se représenter que les **fonctions simples** sont traitées dans les **parties profondes du cerveau**, et les **parties plus complexes** dans la **périphérie**, en particulier le **cortex cérébral**.

Les deux catégories de fonctions vont se développer. Mais pas avec la même temporalité. Et c'est là que cela devient important pour comprendre le cerveau des adolescents.

Les fonctions « simples », même si elles existent dès la naissance vont se développer beaucoup **pendant l'enfance**. Donc à l'adolescence les parties du cerveau qui fabriquent des émotions sont déjà bien développées.

Par contre les parties du cerveau périphériques qui gèrent les fonctions complexes vont **se développer plus tard**.



Il ne s'agit pas en recherche de ne considérer que le volume (en imagerie) mais aussi de pouvoir analyser le fonctionnement (en imagerie fonctionnelle qui permet de voir le travail des parties du cerveau, mais aussi le fonctionnement des neurones et de leurs connexions).

Et pour répondre à la question il faut comprendre que les émotions vont, à l'adolescence, en plus, être stimulées par les hormones, mais aussi l'ouverture au monde et une plus grande compréhension des interactions.

Il existe donc une période pendant l'adolescence durant laquelle les émotions s'intensifient et la régulation n'est pas encore complètement efficace. Les conséquences sont des **prises de décision pas forcément optimales** et un **attrait pour de nouvelles expériences sans bien tenir compte des risques**. Les changements de comportement, l'impulsivité ou la difficulté à contrôler ses émotions sont aussi la conséquence d'un **manque d'entraînement à traiter des informations de plus en plus nombreuses et sophistiquées**.

Ensuite, les choses se rééquilibrent et les parties plus complexes du cerveau finissent par rattraper leur retard de développement. Il aura fallu cependant être passé à travers les accidents, les risques d'addictions ou toutes les mauvaises décisions qui peuvent avoir des conséquences fâcheuses.

Bibliographie

Gledd, Jay. « **L'étonnante plasticité du cerveau adolescent** ». Pour la Science. 2015. Disponible sur : <https://www.pourlascience.fr/sd/neurosciences/l-etonnante-plasticite-du-cerveau-adolescent-8681.php>

Giedd, Jay. « **Maturation du cerveau adolescent** ». Encyclopédie sur le développement des jeunes enfants. 2011. Disponible sur : <https://www.enfant-encyclopedie.com/cerveau/selon-experts/maturation-du-cerveau-adolescent>.

« **Comprendre le cerveau des adolescents** ». Parlons sciences. Disponible sur : <https://parlonssciences.ca/ressources-pedagogiques/les-stim-en-contexte/comprendre-le-cerveau-de-ladolescent>

Dayan, Jacques, et Bérangère Guillery-Girard. « **Conduites adolescentes et développement cérébral : psychanalyse et neurosciences** », in Adolescence, vol. 293, no. 3, 2011, pp. 479-515. Disponible sur : <https://www.cairn.info/revue-adolescence-2011-3-page-479.htm?contenu=article>

Pourquoi les jeunes sont-ils plus sensibles aux addictions ?

Réponse de Marcello Solinas

Effectivement, les données épidémiologiques montrent que la consommation des drogues présente un pic chez les jeunes adultes (entre 20 et 25 ans) et qu'ensuite cette consommation diminue dans la plupart des cas. Ce qui est plus inquiétant, montré par ces études, est que **plus la consommation des drogues est précoce**, y compris de tabac et d'alcool, **plus le risque est élevé de développer une véritable addiction** ensuite. Plusieurs disciplines telles que la psychologie et la sociologie ont essayé d'apporter des explications à ce phénomène. Plus récemment, les neurosciences et notamment l'imagerie cérébrale ont montré que la **maturation du cerveau est plus longue que la maturation corporelle**. Ainsi, si à 18 ans la croissance physique est terminée, la maturation cérébrale se termine vers les 25 ans. De manière importante, les régions cérébrales qui mûrissent tardivement sont les régions comme le **cortex préfrontal** qui sont impliquées dans le jugement, la planification et la prise de décision. Ces données non seulement expliquent pourquoi les jeunes ont tendance à avoir des comportements à risque mais surtout indiquent que les **drogues peuvent interagir avec ce processus de maturation** avec des conséquences irréversibles catastrophiques sur le fonctionnement de ces régions et ainsi sur le comportement d'addiction. Un grand nombre d'expériences menées dans les modèles animaux confirme cette hypothèse et montre clairement que la consommation de drogues pendant l'adolescence induit des **modifications structurales et fonctionnelles plus graves et persistantes** qu'une consommation équivalente à l'âge adulte.

Bibliographie

Mission interministérielle de lutte contre les drogues et les conduites addictives (MILDECA). « **Conduites addictives et adolescence** ». Santé.fr. 2023. Disponible sur : <https://www.sante.fr/conduites-addictives-et-adolescence>

Jensen, Frances, et Amy Ellis Nutt. « **Le cerveau de l'adolescent : Guide de survie à l'usage des parents** ». J.C. Lattès. 2016.

Lors de vos observations, avez-vous déjà constaté des modifications dans le comportement et la physiologie des animaux qui seraient liées au changement climatique ?

Réponse de Michel Galliot

De nombreuses observations montrent des **changements de comportement chez les animaux**.

Parmi les **oiseaux migrateurs**, les oies cendrées qui n'hivernaient pas en France en 1960 sont maintenant plus de 20 000 à le faire. Le passage des Milans noirs ou des Busards des roseaux au cap Gris Nez, de retour de leur hivernage, s'est avancé de 10 à 13 jours entre 1987 et 2018.

On trouve désormais des **chenilles processionnaires du pin** à Paris: elles ont gagné plus de 100 km en 40 ans.

Le **poids moyen des chamois a diminué** car ils doivent monter plus en altitude pour trouver des températures plus fraîches, là où la végétation est moins dense et les obligeant à plus d'efforts. Les bourdons des montagnes Rocheuses ont vu leur langue rétrécir à cause du changement de la diversité des fleurs lié au réchauffement climatique.

Dans le sud-est de la France, la **naissance des chenilles** que les mésanges bleues donnent à leurs petits est plus **précoce**. Les mésanges n'ont pas ou peu modifié leur date de ponte et il y a moins de chenilles lorsque leurs petits naissent. Il y a donc plus de **mortalité et une baisse de l'abondance de ces oiseaux**.

Bibliographie

Ministère en charge de l'écologie. « **Impacts du changement climatique : Eau et Biodiversité** ». Écologie.gouv. 2022. Disponible sur : <https://www.ecologie.gouv.fr/impacts-du-changement-climatique-eau-et-biodiversite>

Toïgo, Carole, et al. « **Réchauffement climatique et performance chez le bouquetin des Alpes : L'exemple de la population de Belledonne** ». Faune Sauvage, no. 312, 2016, pp. 27-31. Disponible sur : https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/RevueFS/FauneSauvage312_2016_Art5.pdf

UICN. « **Biodiversité et changement climatique** ». UICN. 2018. Disponible sur : <https://uicn.fr/biodiversite-et-changement-climatique/>

Allons-nous devoir changer toute notre alimentation à cause du changement climatique ?

Réponse d'Anne Druilhe

Le changement climatique est un **processus naturel** au cours duquel **la température, les pluies et le vent varient dans le temps**. Cependant actuellement, la Terre vit un changement climatique particulier : non seulement ce changement est **provoqué par l'activité humaine** mais aussi sa **rapidité** est sans précédent. Le changement climatique actuel est dû à une **accumulation anormalement élevée des gaz à effet de serre (GES)** dans l'atmosphère. Les GES sont essentiels à la vie sur Terre puisqu'ils constituent une **enveloppe qui empêche une partie de l'énergie solaire d'être renvoyée vers l'espace**. Sans eux, la température à la surface de la Terre serait de l'ordre de -20°C . Entre l'année 1800 et maintenant, la température a globalement augmenté de $1,1^{\circ}\text{C}$ ce qui a des conséquences pour la planète, par exemple, **l'augmentation de la fréquence des épisodes de canicules et des incendies**, et **l'accroissement de la sécheresse** dans certaines zones. Si l'Homme ne réduit pas les émissions de GES, la température pourrait augmenter de **$4,4^{\circ}\text{C}$ d'ici à 2100** ce qui ne ferait qu'accroître les conséquences pour la planète.



Comme tout être vivant, l'Homme a besoin de se nourrir. La source première de nourriture pour l'Homme vient de **l'agriculture** (élevage et culture). Or l'agriculture, comme toutes les autres activités humaines, **produit des GES**. Les GES produits par l'agriculture proviennent en grande partie de la **fermentation** (transformation de la matière par des microbes) dans le tube digestif lors de la digestion ou dans les déjections animales (exemple : fumier) qui sont stockées. Les animaux qui contribuent le plus à la production de GES par fermentation sont les **ruminants** avec, au premier rang, les bovins. Dans une moindre mesure, certaines pratiques de culture (exemple : inondation des rizicultures) conduisent à de la fermentation génératrice de GES. La **modification de l'usage des terres**, surtout par la **déforestation**, libère des GES naturellement stockés dans ces milieux et contribue pour une grande part à leur accumulation dans l'atmosphère. Certaines cultures comme celle de la canne à sucre ou du cacaoyer dont la fève permet la fabrication du chocolat, ou celle du palmier à huile dont est extraite l'huile de palme qui entre dans la composition de nombreuses préparations sucrées industrielles (pâtes à tartiner, biscuits, glaces...) sont mises en cause dans la déforestation. L'élevage des crevettes contribue aussi à la déforestation. En effet, l'élevage des crevettes occupe souvent des zones côtières autrefois couvertes de forêts de mangroves. **L'apport d'engrais azotés** et la **combustion de charbon, fioul ou gaz** pour le fonctionnement des installations agricoles sont aussi des

sources de GES mais elles sont moins importantes que celles venant de la fermentation et de la modification d'usage des terres. À elle seule, l'agriculture serait responsable de près d'un quart des émissions de GES à l'échelle mondiale et d'un cinquième en France.

La production de GES résulte aussi de la **fabrication d'emballage alimentaire**, de la réfrigération des aliments, de leur **transport** et du **gaspillage alimentaire**. Dans le Monde, on estime qu'un tiers de la nourriture produite serait gaspillée ce qui représente 10 % de production de GES qui pourrait être évitée.

Début 2023, la population mondiale est de **plus de 8 milliards d'habitants** et pourrait augmenter **jusqu'à 11 milliards d'habitants en 2100**. Actuellement, près de **2,8 milliards d'individus souffrent de malnutrition** dont **800 millions sont dénutris**; la sous-nutrition touche les pays asiatiques hors Chine et une grande partie du continent africain, zones dans lesquelles la plus forte augmentation de population est attendue. Au contraire, dans une grande partie de l'**Amérique**, en **Europe** et en **Australie**, la population a une alimentation trop abondante et trop riche en aliments dérivés des animaux et en sucre. On estime que **1,9 milliard d'individus mangent plus** voire beaucoup plus qu'ils n'ont besoin pour être en bonne santé.

Un des défis à relever est de produire de la nourriture pour que tous les hommes, partout sur Terre, aient à manger en quantité suffisante et en qualité adéquate, sans augmenter, ou mieux en diminuant, la production des GES liée à l'agriculture et à l'industrie alimentaire. En France, il existe un institut de recherche dédié à l'Agriculture, à l'Alimentation et à l'Environnement (INRAE). Des scientifiques de l'INRAE se penchent sur ce **défi d'alimentation durable pour la planète**. Ils pensent que nous pouvons relever ce défi mais **cela nécessitera des changements sans aller jusqu'à changer toute notre alimentation**.

Ces changements concernent à la fois les producteurs de nourriture (agriculteurs, industries alimentaires, commerçants) et les consommateurs. Les « producteurs » doivent diminuer les GES ce qui est possible en **développant l'agriculture dite durable** et les **circuits commerciaux courts pour limiter le transport et la réfrigération**, en **limitant l'utilisation d'emballages** et en ajustant la production au plus près des besoins pour **limiter le gaspillage**. Quant aux consommateurs, en France, dans le reste de l'Europe, en Amérique du Nord et en Australie, ils doivent **réduire leur consommation de produits dérivés d'animaux et de produits sucrés**, et **favoriser les produits locaux** et issus de producteurs utilisant des **méthodes de production durable**.

Enfin, les **pays doivent coopérer**; les plus riches doivent aider les pays en voie de développement pour trouver des solutions locales permettant d'apporter une alimentation en quantité suffisante et de bonne qualité dans le **respect de la planète**. La France contribue à cette coopération en mobilisant les scientifiques du CIRAD, organisme français de recherche agronomique et de coopération internationale pour le développement durable des régions tropicales et méditerranéennes.

Bibliographie

Pour la définition du changement climatique

« **L'action pour le climat en bref** ». Nations Unies. Disponible sur : <https://www.un.org/fr/climatechange/science/key-findings>

GoodPlanet. « **Le changement climatique expliqué par Jamy** » (Vidéo). Youtube. 2020. Disponible sur : <https://www.youtube.com/watch?v=dnhMJ3inEks>

Pour des informations sur changement climatique et alimentation

« **Alimentation et changement climatique : une alimentation plus saine pour une planète en meilleure santé** ». Nations Unies. Disponible sur : <https://www.un.org/fr/climatechange/science/climate-issues/food>

UN Environment Programme. « **Pourquoi devons-nous changer notre système alimentaire** » (Vidéo). Youtube. 2016. Disponible sur : <https://www.youtube.com/watch?v=6q0fMMLPMY4>

Ministère en charge de l'agriculture et de l'alimentation. « **Infographie : Le secteur agricole et forestier est à la fois émetteur et capteur de gaz à effet de serre** ». Agriculture.gouv. 2022. Disponible sur : <https://agriculture.gouv.fr/infographie-le-secteur-agricole-et-forestier-la-fois-emetteur-et-capteur-de-gaz-effet-de-serre>

Chaulin, Charlotte. « **Quels aliments favorisent le réchauffement climatique** ». Magazine Géo. 2022. Disponible sur : <https://www.geo.fr/environnement/quels-aliments-favorisent-le-rechauffement-climatique-210216>

« **10 % des gaz à effet de serre mondiaux liés aux pertes et gaspillages alimentaires** ». CIRAD. 2021. Disponible sur : <https://www.cirad.fr/les-actualites-du-cirad/actualites/2021/10-des-gaz-a-effet-de-serre-mondiaux-lies-aux-pertes-et-gaspillages-alimentaires>

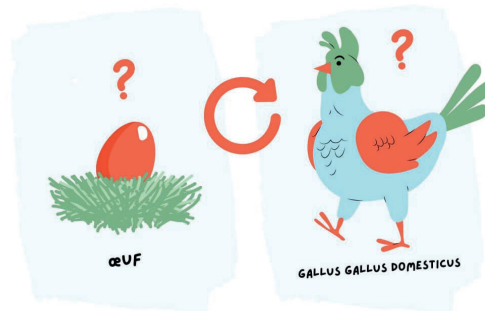
« **Quels sont les bénéfices et les limites d'une diminution de la consommation de viande ?** ». INRAE. 2019. Disponible sur : <https://www.inrae.fr/actualites/quels-sont-benefices-limites-dune-diminution-consommation-viande>

Pour mieux comprendre l'agriculture durable

C'est pas sorcier. « **AGRI.BIO** » (Video). Youtube. 2008. Disponible sur : <https://www.youtube.com/watch?v=QioWHYGCX70>

Qui est arrivé le premier? La poule ou l'œuf?

Réponse de Daniel Petit



Il s'agit de la naissance d'une espèce à partir d'une autre. Il y a **2 cas**, ou bien on a **passage d'une espèce à une autre** (= processus d'anagenèse = gradualisme phylétique) ou bien c'est une **population qui s'isole de l'aire de répartition d'une espèce** et on obtient **2 espèces à partir d'une seule** (processus de cladogenèse).

Dans l'**anagenèse**, le nombre d'espèces ne varie pas mais on observe que la transition entre les 2 espèces successives est tellement brusque dans le temps que cela justifie le changement de nom. Il faut croire que la **nouvelle espèce présente des avantages de survie plus importantes** que la précédente car tous les individus de l'espèce précédente meurent. Avant l'hécatombe de la première espèce, il y a forcément une **période de cohabitation** des 2 espèces...

Dans le registre fossile, le débat n'est pas clos. L'exemple qui me vient est celui des huîtres du genre *Gryphaea* au cours du Jurassique. Quand je classe les *Gryphaea* de notre collection de paléontologie, il y a des cas où je n'arrive pas à donner un nom net et précis car la morphologie est intermédiaire entre des spécimens bien caractérisés.

- Johnson A.L.A. (1993) – Punctuated equilibria versus phyletic gradualism in European Jurassic *Gryphaea* evolution. *Proceeding of the Geologists' Association*, 104: 209–222
- Johnson A.L.A. (1994) – Evolution of the European Lower Jurassic *Gryphaea* and contemporaneous bivalves. *Historical Biology*, 7: 167–186.

Revenons à la question de l'œuf et de la poule. Cela n'a pas de sens, car (i) une espèce n'est pas représentée par un seul individu mais par une population, et (ii) il faut beaucoup de générations pour que l'on observe des changements morphologiques par l'action de la sélection naturelle ou de la dérive génétique (variations aléatoires qui se manifestent surtout dans des populations de faible effectif).

Cette notion du temps est importante. Dans l'immense majorité des cas, il faut **des centaines, voire des milliers d'années pour que les espèces cohabitantes ne puissent plus se reproduire entre elles**. Dans le concept de l'œuf ou de la poule, on sous-entend qu'en une seule génération, on puisse passer d'une espèce à une autre !

Dans la cladogenèse, on passe d'une espèce mère à deux espèces filles, ce qui donne obligatoirement trois noms d'espèces différents. Dans ce cas, le concept de l'œuf et de la poule devient : une femelle pond 2 œufs d'espèces différentes. Cela n'a pas de sens non plus !

Peut-on sauver le concept ? Je ne vois qu'un seul cas, celui des **mutations chromosomiques avec changement de ploïdie**. De quoi s'agit-il ? Dans le cas d'une espèce hermaphrodite (organes mâles et femelles sur le même pied), comme la majorité des plantes à fleurs, il faut envisager un problème dans une division cellulaire de bourgeon à fleur, ce qui donne un clone où toutes les cellules se retrouvent à $4N$ chromosomes (tétraploïdie) et non à $2N$ chromosomes (diploïdie normale). Après la méiose, les gamètes se retrouvent à $2N$ chromosomes (diploïdes), et non à N chromosomes (haploïdes). En conséquence, les zygotes deviendront à $4N$ chromosomes, et produiront des gamètes à $2N$ chromosomes. Imaginons un croisement entre des gamètes du pied mère (donc à N chromosomes) et du pied fille (à $2N$ chromosomes) : le zygote produit sera à $3N$ chromosomes, ce qui n'est en principe pas viable. Dans ce cas, il y a isolement génétique entre les 2 générations successives et on a bien 2 espèces différentes. Le concept est donc applicable. Reposons la question : l'œuf ou la poule ? C'est dans le pied mère qu'il y a eu la mutation de doublement du nombre de chromosomes, non dans le zygote. Donc pour ce cas, c'est la poule !

Pour les animaux, les sexes sont séparés mais on observe malgré tout des cas de polyploïdie. Le raisonnement s'appliquera de la même façon, pour aboutir à la même conclusion : la stérilité des produits entre un gamète haploïde et un gamète diploïde entraîne un isolement génétique entre les 2 générations. Une fois de plus, c'est la poule.

En conclusion, il y a peut-être d'autres cas mais je ne les connais pas : le concept d'œuf et de poule n'a pas de sens, sauf dans le cas où la cause de l'isolement reproductif est une mutation chromosomique portant sur la ploïdie. L'apparition d'une nouvelle espèce se fait en une seule génération.

Bibliographie

Générmont, Jean. « **Les mécanismes de la spéciation** ». in Société Française de Génétique, vol. 7, no. 6, juin-juillet 1991, pp. 1-6. Disponible sur : https://www.ipubli.inserm.fr/bitstream/handle/10608/4427/MS_1991_6_R1.pdf?sequence=1

Quelles sont les conséquences pour notre santé et pour le fonctionnement de nos organes s'il n'y a plus d'eau potable dans les années à venir ?

Réponse de Geneviève Feuillade

De l'eau potable, voilà un ingrédient que nous, français, nous consommons sans modération. Et pourtant ce bien si précieux risque ne plus être accessible aussi facilement dans les années à venir !

Lorsque nous ouvrons le robinet, l'eau coule et cette eau est **l'un des aliments les plus contrôlés en France**. Elle fait l'objet d'un suivi sanitaire garantissant la santé de celui qui la consomme.

Mais que veut dire contrôle sanitaire ?

Que l'eau est analysée en permanence pour vérifier sa **qualité microbiologique**, sa **qualité chimique** et sa **qualité physico-chimique**. Plus la ressource en eau, c'est-à-dire l'eau que l'on va puiser dans le milieu naturel, est de bonne qualité et plus il sera facile de produire une eau potable. Inversement si la qualité de la ressource se dégrade alors il sera plus difficile de la traiter pour la rendre potable.

Mais qui dégrade la qualité de l'eau ?

Nous, les humains, de par nos activités anthropiques. Au quotidien nous rejetons de nombreuses substances vers l'environnement qui vont s'accumuler dans les cours d'eaux, les retenues, les nappes souterraines, et ainsi polluer les eaux. Sous l'effet de ces polluants organiques ou minéraux, les micro-organismes (bactéries, virus, parasites) vont se développer, certains de ces organismes étant **pathogènes** et provoquant des **maladies ou des troubles digestifs** s'ils ne sont pas correctement éliminés. La qualité bactériologique de l'eau repose donc sur la **détermination de germes témoins de contamination fécale** (*Escherichia coli* et entérocoques).

Et qui sont les agents chimiques responsables de la dégradation de l'eau ?

De nombreux composés vont être considérés comme polluants si on les retrouve en **trop forte concentration** dans l'eau. On peut citer par exemple les **ions nitrates** qui proviennent des rejets humains industriels ou de l'usage agricole, ou encore les pesticides ou les résidus médicamenteux...

Quel est l'effet de ces polluants sur notre organisme ?

Les effets peuvent être nombreux et variables si on ne retire pas ces polluants de l'eau. Par exemple, les nitrates vont se transformer en nitrites et les ions nitrites peuvent **modifier les propriétés de l'hémoglobine du sang** en perturbant le transport de l'oxygène par les globules rouges. Les nourrissons y sont très sensibles et cette anomalie est responsable d'une maladie, la **méthémoglobinémie** qui provoque des cyanoses. Chaque polluant aura un effet différent sur notre organisme si nous en consommons trop.

Mais comment faire pour éviter ces maladies ?

La première chose est de **limiter la pollution des eaux** et de **contrôler nos rejets** en les réduisant au maximum pour protéger nos ressources en eau. Surtout que la ressource en eau va s'appauvrir dans les années à venir avec les changements climatiques et les périodes de sécheresse. La seconde chose est de mettre en place des **usines de traitement des eaux** pour retirer tous ces polluants.

Comment fonctionne une station de traitement des eaux ?

En fonction de la qualité de la ressource en eau, le traitement de l'eau se fera en un nombre d'étapes plus ou moins important. Si l'eau est de très bonne qualité alors une **simple désinfection avec du chlore** peut suffire. Si la qualité de la ressource a été dégradée alors il faudra cumuler de **nombreuses étapes de traitement**: filtration, coagulation, floculation, adsorption, ozonation, chloration... Et toutes ces étapes vont coûter cher à mettre en place. Mais c'est le prix à payer pour avoir une eau potable et une bonne santé!

De quelle quantité d'eau avons-nous besoin au quotidien ?

On considère qu'un français consomme en moyenne entre **120 et 150 L d'eau par jour**. Dans les pays en développement la moyenne est de 30 L d'eau par jour. Si on considère l'eau utilisée pour la boisson et la cuisine, c'est au maximum 5 L par jour et par personne. Donc une grosse partie de l'eau potable que nous consommons n'est pas utilisée par notre organisme mais pour des **usages très variés**: douche, chasse d'eau, arrosage, entretien...

Faut-il une eau potable pour tous ces usages ?

Non, en dehors des 5 L nécessaires pour l'alimentation, l'eau n'a **pas besoin de répondre aux normes eau potable**. Cependant nous avons été habitués à disposer au robinet d'une quantité suffisante et d'une qualité satisfaisante d'eau potable pour l'ensemble de nos usages du quotidien. Certainement que ces habitudes vont évoluer dans les années à venir...

Allons-nous vers l'absence d'eau potable en France ?

Non, la terre est recouverte à 72 % d'eau ce qui représente 1 400 millions de km³ d'eau. Même si la part réellement disponible pour l'homme ne représente que 1 % de l'eau sur terre, elle est largement suffisante pour répondre à l'ensemble de nos usages. Elle est cependant **inégalement répartie sur terre**, la France faisant partie des pays raisonnablement riches en eau. Nous devons préserver sa qualité pour éviter des traitements trop complexes, énergivores et coûteux. Et nous devons déjà **engager une démarche plus responsable pour réduire nos usages, garantir une protection des ressources et considérer l'eau avec bienveillance**.

Bibliographie

Ministère de la santé et de la prévention. « **Qualité de l'eau potable** ». Santé.gouv. 2023. Disponible sur : <https://sante.gouv.fr/sante-et-environnement/eaux/eau>

La rédaction de Curieux. « **Qu'est-ce que l'arsenic ?** » (Vidéo). Curieux. 2021. Disponible sur : <https://www.curieux.live/2021/04/06/video-quest-ce-que-larsenic/>

Canalsup, la chaîne de l'université de Limoges. « **L'Eutrophisation, c'est quoi ?** » (Vidéo). Youtube. 2020. Disponible sur : <https://www.youtube.com/watch?v=iwyGqHtkS-U>

Pourquoi l'ornithorynque est-il classé dans les mammifères alors que la femelle pond des œufs ?

Réponse de Sandra Da Re

Un **mammifère** est un animal dont la femelle **produit du lait** pour nourrir ses petits.

L'ornithorynque pond des œufs, mais c'est bien un mammifère car la femelle **allaite ses petits pendant 3 à 4 mois**. Les espèces caractérisées par le fait d'être à la fois ovipares et mammifères (ils pondent des œufs mais allaitent leurs petits) sont des **monotrèmes**.

Contrairement à ceux des oiseaux, les œufs des ornithorynques **ne contiennent pas les réserves pour alimenter le petit**. Les œufs (1 à 3) se développent dans l'utérus de la mère pendant 28 jours (à la différence des oiseaux où ils ne restent qu'un jour) avant d'être pondus. La mère les incube ensuite pendant 10 jours en se roulant en boule autour d'eux (contre une vingtaine de jours chez les oiseaux). Dès la sortie de l'œuf, les petits s'accrochent à la mère qui les allaient. La mère **n'a pas de mamelles avec des tétons**. Le lait coule à travers de **petites ouvertures dans la peau** (les pores) **à certains endroits sur son ventre**, et le petit lèche le lait qui s'amasse en gouttelettes sur ses poils. À la naissance, les jeunes sont très vulnérables, aveugles et dépourvus de poils.

L'ornithorynque est un **animal semi-aquatique** qui vit dans l'est de l'Australie et en Tasmanie. Il a une apparence étrange ; il a une mâchoire cornée qui fait penser au bec d'un canard, et il ressemble à un castor par son pelage, le corps et la queue, larges et plats, sont couverts d'une fourrure marron qui emprisonne entre ses poils de l'air afin d'isoler l'animal du froid. Comme les canards, il a des pieds palmés surtout au niveau des pattes antérieures, qu'il utilise pour nager ou pour se déplacer sur des sols vaseux. Il a la **démarche d'un reptile** avec les pattes situées sur les côtés du corps au lieu d'être en dessous comme chez les autres mammifères. Le mâle porte sur les pattes postérieures un aiguillon qui peut libérer du venin capable de paralyser une jambe humaine ou même de tuer un chien.

Le système digestif et le système cérébral des animaux sont-ils très différents de ceux des humains ?

Réponse d'Anne Druilhe

Les animaux appartiennent à des **espèces** (ex: *Homo sapiens*). Les espèces sont regroupées en **genres** (ex: Homo), eux-mêmes regroupés en **familles** (ex: Hominidae), qui sont regroupées en **ordres** (ex: Primate), eux-mêmes regroupés en **classes** (ex: Mammalia ou mammifère), qui sont regroupées en **embranchements** (ex: Chordata ou chordés; les vertébrés sont le sous-embranchement le plus important des chordés). L'ensemble des embranchements reconstitue le **règne animal**. Chaque regroupement se fait sur la base de points communs; initialement les regroupements avaient été faits sur la base de similitudes de différents caractères biologiques comme l'apparence extérieure. Plus récemment, la comparaison de l'acide déoxyribonucléique (ADN) a permis d'**affiner la classification des êtres vivants dont les animaux**, et de les **organiser sous forme d'un immense arbre généalogique**. Pour faire simple, plus les animaux sont proches dans l'arbre généalogique, plus ils partagent de points communs; plus les animaux sont éloignés plus ils ont de différences. Ce raisonnement est vrai pour le système digestif et pour le système nerveux. Ainsi, **en fonction de l'espèce animale, le système digestif et le système nerveux peuvent être soit très similaires soit très différents de ceux des humains**. Voilà la réponse à la question posée. Et pour les plus curieux, la réponse très détaillée est ci-dessous.

À noter que j'ai choisi de traiter le **système nerveux** et non pas le « système cérébral » qui est une expression que nous n'utilisons pas vraiment en biologie. « Cérébral » fait référence au **cerveau** qui est une **partie du système nerveux**.

Pour rappel, en biologie, un système est un **ensemble d'éléments** (organes, tissus, cellules, substances, molécules) qui permettent d'**assurer une fonction particulière de l'organisme**. Le système digestif assure ainsi la digestion, c'est-à-dire la **transformation d'un aliment en des molécules que l'organisme peut utiliser pour générer de la matière** (ex: os), pour **fabriquer des substances de communication entre les cellules** (ex: hormones), pour **générer de l'énergie**. Le système nerveux assure la **transmission de l'information d'un bout à l'autre de l'organisme** et **permet la coordination des différentes parties du corps**, par exemple pour faire un mouvement.

Le système digestif des hommes et des autres animaux

Chez l'Homme, le système digestif se présente sous forme d'un **tube dont certaines zones sont élargies** et dans lequel **se déverse des substances venant de différents organes**. Dans l'ordre, on trouve :

- la **bouche** qui est la porte d'entrée des aliments,
- la **cavité orale** (qui contient la langue, les dents, et dans laquelle se déverse des sucs digestifs venant des glandes salivaires, et se termine par le pharynx) dans laquelle les aliments sont réduits en bouillie par un effet mécanique (broyage) et chimique (suc digestif),
- l'**œsophage** qui conduit les aliments plus bas,
- l'**estomac** qui poursuit la digestion par brassage en présence de suc gastrique,
- l'**intestin grêle** (dans lequel se déverse des substances venant du foie, de la vésicule biliaire et du pancréas) dans lequel a lieu la majorité de l'absorption des nutriments vers le sang,
- le **gros intestin** (qui débute par le cæcum qui forme une poche appelée appendice chez l'homme), dans lequel l'eau, les sels minéraux et les vitamines sont absorbées vers le sang,
- le **rectum**, zone de « stockage » des matières fécales à éliminer,
- l'**anus** qui est la porte de sortie des déchets fécaux, porte qui s'ouvre sous l'effet du relâchement des muscles sphincter.

Il est aussi important de noter que chez l'Homme la digestion nécessite l'action du **microbiote**, c'est-à-dire l'ensemble des micro-organismes (beaucoup de bactéries) qui colonisent le tube digestif et s'accumulent en particulier dans le cæcum. Le nombre de micro-organismes dans le tube digestif, son poids et son importance dans la digestion conduisent certains scientifiques à considérer le microbiote digestif comme un tissu à part entière du système digestif.

Certains animaux, très éloignés d'*Homo sapiens* dans la classification, ont un **système digestif très différent de celui des humains** ; c'est le cas des **éponges** (embranchement Porifera), être marin, qui s'alimentent de micro-organismes unicellulaires comme des bactéries. L'eau contenant les bactéries passe dans un pore appelé « inhalant » et ressort par un pore dit « exhalant ». La paroi du pore est tapissée de cellules qui englobent (ou phagocytent) les bactéries ; celles-ci se retrouvent enfermées dans des vacuoles à l'intérieur des cellules des éponges ; des substances, appelées enzymes, sont déversées dans ces vacuoles et digèrent les aliments en nutriments. Chez ces animaux, la **digestion est intracellulaire**. Dans les **espèces de l'embranchement Cnidaria** comme les hydres, les méduses, les anémones, les coraux, il n'y a **pas de tube digestif** mais il existe une **cavité dite gastro-vasculaire**. L'entrée de l'eau et des aliments et la sortie de l'eau chargée de déchets se fait par le même orifice. Chez ces espèces une partie de la digestion se fait de façon **extracellulaire** et l'autre partie est réalisée, comme pour les éponges, au niveau **intracellulaires** : les aliments sont réduits en micro-aliments sous l'action d'enzymes déversées dans la cavité gastro-vasculaire puis les micro-aliments sont phagocytés par les cellules qui bordent la cavité. La transformation finale en nutriments se fait à l'intérieur des cellules.

Chez les autres animaux, le **système digestif ressemble à celui de l'Homme** dans le sens où il y a un orifice d'entrée des aliments suivi d'un tube contenant différentes parties plus ou moins élargies dans lequel a lieu la digestion mécanique et chimique et à l'extrémité duquel se trouve un orifice de sortie.

Il y a également de nombreuses différences en fonction du régime alimentaire et du mode de vie des animaux. Voici quelques différences notables : les **étoiles de mer** ont un anus mais ce dernier ne fonctionne pas et les **déchets ressortent par la bouche** ; de plus ces animaux sortent leur estomac par leur bouche (on dit qu'ils dévaginrent l'estomac) et l'introduisent à l'intérieur du mollusque dont ils ont écarté la coquille. Les sucs digestifs agissent sur le mollusque à l'intérieur de sa coquille et l'étoile de mer n'a plus qu'à récupérer la bouillie ainsi formée. Comme l'étoile de mer, d'autres animaux commencent à **digérer leur proie à l'extérieur de leur système digestif**. Ainsi, certaines araignées plantent leurs pièces buccales dans le corps de leur proie et y déversent des sucs digestifs ; les araignées aspirent la bouillie ainsi générée. Chez certains amphibiens et reptiles, la langue sert à attraper les proies. Chez certains mollusques, la langue, qui porte alors le nom de radula, est munie d'espèces de minuscules dents et sert à râper les aliments. Les oiseaux n'ont pas de dents ; ils possèdent par contre un organe, le gésier, associé à leur estomac qui permet de broyer les graines. Le broyage est possible grâce à l'action combinée des muscles puissants du gésier et des cailloux stockés dans le gésier et ingérés volontairement par l'oiseau. Les oiseaux ont aussi une espèce de zone de stockage de la nourriture partiellement digérée ; il s'agit du jabot placé avant l'estomac. Comme les oiseaux, les annélides (ex : vers de terre) possèdent un jabot, un gésier et en plus, ils utilisent les muscles de leur pharynx pour broyer les aliments. Le broyage des aliments peut aussi se faire grâce à un appareil masticateur constitué de puissantes mâchoires et qui est retrouvé chez les arthropodes écrevisse ou criquet, et chez les rotifères. Ces petits animaux, comme certains mollusques, les oiseaux, les reptiles, les amphibiens et de rares mammifères dont l'ornithorynque, ont également un cloaque qui est une zone multifonction. Par exemple, chez les oiseaux, le tube digestif, les conduits urinaires et sexuels débouchent tous dans le cloaque qui est situé juste avant l'anus.

Chez les mammifères, dont le tube digestif est identique à celui de l'Homme, les dents, la longueur de l'intestin grêle, du cæcum et du gros intestin et l'estomac présentent des différences. Les carnivores ont des canines développées et des molaires tranchantes pour déchiqueter la viande, alors que les herbivores ont des canines plus aplaties et des molaires plates et développées pour broyer l'herbe. La longueur de l'intestin et du cæcum des carnivores est très réduite par rapport à celle des herbivores ; les herbivores ont au contraire un intestin long et un cæcum volumineux qui contient un important microbiote facilitant ainsi la digestion des végétaux qui est plus difficile et plus longue que celle de la viande. Pour digérer les végétaux, certains mammifères comme les lapins réingèrent les crottes molles ; le cæcum est placé entre l'intestin

grêle où les nutriments sont absorbés et le gros intestin où les crottes sont formées. La matière sortie du cæcum est riche en nutriments mais ces nutriments ne peuvent pas être absorbés dans le colon; en réingérant les crottes molles, le lapin assure ainsi une récupération optimale des nutriments. Chez les ruminants, la digestion optimale de l'herbe est possible par un procédé particulier: l'animal broute l'herbe et l'avale sans la mastiquer. L'herbe arrive dans le compartiment le plus important de l'estomac où elle est en quelque sorte « stockée ». Lorsque le compartiment est plein, l'animal arrête de brouter, se met au repos et par réflexe régurgite régulièrement de petites quantités d'herbe et les mastique longuement. Imprégnée de salive, l'herbe en partie digérée revient dans l'estomac et passe dans les autres compartiments de l'estomac où la digestion se poursuit.

Le système nerveux des hommes et des autres animaux

Chez l'Homme, le système nerveux est composé de l'**encéphale**, de la **moelle épinière** et d'un **réseau de nerfs** parcourant tout l'organisme. L'encéphale, appelé aussi cerveau chez l'Homme, comprend 4 parties principales: les 2 **hémisphères cérébraux** qui occupent la plus grande partie du cerveau et sont divisés en **lobes** (frontal, pariétal, occipital, temporal), une zone plus petite masquée par les hémisphères qui comprend l'**hypothalamus** et l'**hypophyse**, le **tronc cérébral** et le **cervelet**. Chaque partie du cerveau coordonne des fonctions particulières. Par exemple, les hémisphères contrôlent la **parole**, la **lecture**, le **raisonnement**, le **calcul**, la **prise de décision**, le **jugement**, la **sensibilité**, la **mémoire**. L'hypothalamus et l'hypophyse régulent la **température**, la **sensation de faim et de soif**, la **sexualité**. Le tronc cérébral commande les **fonctions vitales du corps** comme les battements du cœur et la respiration. Le cervelet coordonne les **mouvements** et nous permet d'avoir des réflexes et de garder l'équilibre. L'encéphale et la moelle épinière constituent le système nerveux central qui est protégé par une structure osseuse, à savoir la **boîte crânienne** et les **vertèbres**. Le réseau de nerfs parcourant le corps est défini comme système nerveux périphérique; il comprend des **nerfs sensitifs** qui transmettent l'information des organes et tissus vers le système nerveux central et des **nerfs moteurs** qui envoient l'information du système nerveux central vers les muscles et différents organes. Ainsi, le système nerveux central recueille les informations, les intègre et interprète et élabore une réponse adaptée et coordonnée. L'élément de base commun au système nerveux central et au système nerveux périphérique est une cellule appelée **neurone** présentant une forme particulière avec un corps à partir duquel partent de nombreux prolongements appelé **axone** (transmet des informations à partir du corps du neurone) et **dendrites** (amènent l'information vers le corps du neurone); dans le système nerveux, les neurones forment des réseaux.

Les éponges n'ont pas de neurone. D'autres animaux, comme les méduses, les coraux et les étoiles de mer ont un système nerveux qui est défini comme simple;

il y a des neurones qui s'organisent en réseaux mais ils ne sont pas regroupés en centre coordonnateur de l'information.

Chez les autres animaux, le système nerveux ressemble à celui de l'Homme dans le sens où il y a :

- un **regroupement de neurones en position antérieure** (vers la bouche) qui permet d'intégrer les signaux venant de différentes zones et de coordonner les réponses des cellules, tissus, et organes,
- des **paquets de neurones** qui forment comme des cordons et transmettent l'information de et vers le centre nerveux coordonnateur.

Le centre coordonnateur porte le nom de **ganglion nerveux central, cérébral ou cérébroïde** chez les animaux dits invertébrés comme les rotifères, les annélides, les mollusques et les arthropodes. Certains animaux ont un, deux ou trois ganglions cérébraux qui se situent en position dorsale ou forment une sorte d'anneau autour de l'œsophage. Chez ces animaux, les paquets de neurones portent le nom de **cordons**, de **chaînes**, de **trunks nerveux** ou encore de **chaîne ganglionnaire** lorsque le paquet de neurones forme à intervalle régulier un mini ganglion. Les chaînes ganglionnaires sont retrouvées principalement dans les animaux qui ont des segments ; il y a alors un ganglion par segment. Les paquets de neurones, placés en position ventrale, sont soit uniques soit existent sous forme de paires qui partent du centre coordonnateur et se prolongent sur toute la longueur de l'animal. Parmi les invertébrés, les céphalopodes, comme les seiches, sont particuliers : leur centre coordonnateur est très développé et est protégé par une structure de type cartilagineuse. Pour ces animaux, on parle d'ailleurs de cerveau et de crâne.

L'embranchement des chordés comprend l'ensemble de tous les animaux qui ne sont pas dits invertébrés, c'est-à-dire les animaux marins urochordés, céphalochordés, myxines et les vertébrés dans lesquels on trouve les poissons, les amphibiens, les mammifères, les oiseaux et les reptiles. Les urochordés et les céphalochordés ont un système nerveux proche des invertébrés avec un ganglion cérébral appelé **vésicule cérébrale** et un paquet de neurones appelé **tube neural**. La différence majeure avec les invertébrés est la **position dorsale**, et non pas ventrale, du tube neural. Chez les myxines et les vertébrés, le système nerveux s'organise comme celui de l'Homme avec un encéphale en position antérieure, une moelle épinière en position dorsale et un réseau de nerfs parcourant tout l'organisme. En fonction de l'espèce, l'encéphale est plus ou moins développé et remplit ou non la boîte crânienne. Certaines parties de l'encéphale sont plus ou moins importantes. Ainsi, chez les poissons, comme l'esturgeon, les parties qui correspondent aux hémisphères et au cervelet sont moins développées que la partie correspondant au tronc cérébral. Au contraire chez les mammifères comme le chien, la baleine ou l'Homme, les hémisphères et le cervelet sont plus grands que le tronc cérébral.

Bibliographie

« **Dictionnaire des sciences animales** ». Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD). Disponible sur : <https://dico-sciences-animales.cirad.fr/>

À propos du système digestif des animaux de l'embranchement des chordés dont l'Homme

« **La digestion chez les animaux** ». Parlons sciences. 2021. Disponible sur : <https://parlonssciences.ca/ressources-pedagogiques/documents-dinformation/la-digestion-chez-les-animaux>

« **L'appareil digestif non mammifère** ». Biodeug. 2012. Disponible sur : <https://www.biodeug.com/licence-3-bio-cellulaire-chapitre-3-lappareil-digestif-non-mammifere/>

Société canadienne de recherche intestinale. « **Appareils digestifs des animaux** ». Badgut.org. Disponible sur : <https://badgut.org/centre-information/sujets-de-a-a-z/appareils-digestifs-des-animaux/?lang=fr>

Inserm. « **Microbiote intestinal (flore intestinale) : Une piste sérieuse pour comprendre l'origine de nombreuses maladies** ». 2021. Disponible sur : <https://www.inserm.fr/dossier/microbiote-intestinal-flore-intestinale/>

Moyart, Fanny. « **Les systèmes digestifs des animaux** ». SVT connectées. Disponible sur : <https://svtconnectees.files.wordpress.com/2016/11/les-systc3a8mes-digestifs-des-animaux-sont-adaptc3a9s-c3a0-leur-rc3a9gime-alimentaires.pdf>

« **Les manières de se nourrir** ». Mathrix. Disponible sur : <https://mathrix.fr/svt/les-animaux-se-nourissent/appareils-digestifs-adaptes-7840>

« **Pourquoi le lapin mange-t-il ses crottes ?** ». Muséum national d'Histoire naturelle. 2022. Disponible sur : <https://www.mnhn.fr/fr/actualites/pourquoi-le-lapin-mange-t-il-ses-crottes>

À propos du système nerveux des animaux de l'embranchement des chordés dont l'Homme

Institut national du cancer. « **Le cerveau : Les différentes parties** ». E-cancer.fr. Disponible sur : <https://www.e-cancer.fr/Patients-et-proches/Les-cancers/Tumeurs-du-cerveau/Le-cerveau/Les-differentes-parties>

Cartier, Julien, et Sandrine Beaudin. « **Le cerveau, un outil de phylogénie** » (voir le schéma de l'encéphale de différents vertébrés). IFÉ. 2019. Disponible sur : <http://accs.ens-lyon.fr/accs/thematiques/neurosciences/actualisation-des-connaissances/phylogenie-et-evolution-des-systemes-nerveux/comprendre/le-cerveau-un-outil-de-phylogenie/methodologie-et-principales-mises-en-garde>

Beaudin, Sandrine, et Julien Cartier. « **Récapitulatif de l'anatomie et de l'ontogénèse de l'encéphale** » (voir le tableau citant toutes les parties de l'encéphale humain). IFÉ. 2021. Disponible sur : <http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/neurosciences/actualisation-des-connaissances/phylogenie-et-evolution-des-systemes-nerveux/comprendre/anatomie-et-ontogenese-du-systeme-nerveux-des-vertebres>

À propos des animaux appartenant aux embranchements autres que Chordata

Saadoun, Adel. « **Classification des animaux invertébrés** ». Planète Animal. 2021. Disponible sur : https://www.planeteanimal.com/classification-des-animaux-invertebres-3787.html#anchor_10

Bertrand, Paloma. « **Un ancêtre carnivore, transparent et gélatineux** ». Science actualités. 2013. Disponible sur : <https://www.cite-sciences.fr/archives/science-actualites/home/webhost.cite-sciences.fr/fr/science-actualites/actualite-as/wl/1248140343619/un-ancetre-carnivore-transparent-et-gelatineux/>

« **Les spongiaires** ». Université catholique de Louvain. Disponible sur : https://oer.uclouvain.be/jspui/bitstream/20.500.12279/322/10/syllabus_spongiaires.pdf

« **Les Cnidaires** ». Université catholique de Louvain. Disponible sur : <https://www.zoologie-uclouvain.be/new/cnidaires.html>

« **Les Echinodermes** ». Université catholique de Louvain. Disponible sur : <https://www.zoologie-uclouvain.be/docs/syllabus-interactif/echinodermes.pdf>

« **Les Rotifères** ». Université catholique de Louvain. Disponible sur : https://oer.uclouvain.be/jspui/bitstream/20.500.12279/322/9/syllabus_rotiferes_biol.pdf

« **Les Nématodes** ». Université catholique de Louvain. Disponible sur : https://www.zoologie-uclouvain.be/docs/syllabus-interactif/syllabus_nematodes_biol.pdf

« **Les Platyhelminthes** ». Université catholique de Louvain. Disponible sur : https://oer.uclouvain.be/jspui/bitstream/20.500.12279/322/7/syllabus_platyhelminthes_biol.pdf

« **Les Annélides** ». Université catholique de Louvain. Disponible sur : https://www.zoologie-uclouvain.be/docs/syllabus-interactif/syllabus_annelides_biol.pdf

« **Les Mollusques** ». Université catholique de Louvain. Disponible sur : <https://www.zoologie-uclouvain.be/new/mollusques.html>

« **Les Arthropodes** ». Université catholique de Louvain. Disponible sur : https://www.zoologie-uclouvain.be/docs/syllabus-interactif/syllabus_unamur_arthropodes.pdf

Qu'est-ce qui ne fonctionne pas correctement dans le cerveau d'un serial killer?

Réponse de Sylvia M Bardet

Il est légitime de se demander si un tueur en série, c'est-à-dire un individu qui aurait commis **au moins 3 meurtres** tout en tirant du **plaisir** et **sans connaître ses victimes**, possède un cerveau « normal » ou s'il présente des anomalies.

Chaque jour dans le monde, 541 personnes sont tuées. Les pays où sont commis le plus de meurtres sont dans l'ordre: le **Brésil**, le **Mexique**, la **Russie**, les **États-Unis**, l'**Estonie**, le **Chili** et l'**Israël**. En France, en 2017, il y a eu 825 victimes. Le meurtre en série est lui un événement **plutôt rare** (estimé à moins de 1 % des homicides volontaires). La littérature décrit des tueurs en série **depuis l'Antiquité**, ce n'est donc pas un phénomène nouveau ni lié à une ethnie ou une nation. Malgré la croyance populaire, les femmes sont tout aussi enclines à être des tueurs en série comme les hommes (15 % versus 85 %), même si les hommes sont sur-représentés car ils comptent pour 90 % des meurtres violents en tout genre.

Le cerveau de 808 meurtriers américains a été inspecté en détail par IRM et ils auraient **moins de matière grise dans des zones cérébrales** (donc **moins de neurones**) ayant un impact sur le traitement affectif, l'empathie ou la prise de décisions morales. D'autres études avaient déjà démontré **une activité réduite** surtout au niveau du **cortex préfrontal**, une zone importante pour modérer un comportement social, et dans l'**amygdale**, très importante dans la gestion des émotions.

Il a été aussi mis en évidence des **niveaux endogènes élevés** d'une hormone stéroïdienne, la **testostérone**, dans le cerveau des psychopathes. La testostérone diminue la connectivité entre le cortex préfrontal et l'amygdale, provoquant des réponses brutales depuis le cortex préfrontal.

Le **gène MAO-A** (porté par le chromosome X), aussi appelé **gène du guerrier**, entraîne une surexposition à la **sérotonine** durant le développement embryonnaire. La sérotonine est un **neurotransmetteur** plutôt impliqué dans la **sensation de détente et de calme**, mais une surexposition au plus jeune âge rend les psychopathes **insensibles** à ce neurotransmetteur durant leur vie adulte.

Cependant, l'origine de toutes ces différences n'est pas connue. Les meurtriers sont-ils nés avec ces déficiences neuroanatomiques ou ces dernières ont-elles évolué avec le temps ?

Bibliographie

De Tapie, Raphaëlle. « **Que se passe-t-il dans le cerveau d'un meurtrier ?** ». Pourquoi docteur. 2019. Disponible sur : <https://www.pourquoidocteur.fr/Articles/Question-d-actu/29715-Quelle-passe-t-il-cerveau-d-un-meurtrier>

Rosier, Florence. « **Le cerveau des meurtriers sous la loupe des neurosciences** ». Le Monde. 2019. Disponible sur : https://www.lemonde.fr/sciences/article/2019/07/17/le-cerveau-des-meurtriers-sous-la-loupe-des-neurosciences_5490146_1650684.html

« **Qu'est-ce qui se cache dans la tête d'un tueur en série** ». Ça m'intéresse. 2022. Disponible sur : <https://www.caminteresse.fr/sante/quest-ce-qui-se-cache-dans-la-tete-dun-tueur-en-serie-11144555/>

Fezzani, Nadia. « **Auriez-vous pu être un tueur en série ? Les nouvelles réponses des scientifiques sur ce qui produit un monstre** ». Atlantico. 2016. Disponible sur : <https://atlantico.fr/article/decryptage/auriez-vous-pu-etre-un-tueur-en-serie-les-nouvelles-reponses-des-scientifiques-sur-ce-qui-produit-un-monstre-nadia-fezzani>

« **Des différences observables dans le cerveau des psychopathes** ». Psychomédia. 2013. Disponible sur : <http://www.psychomedia.qc.ca/psychologie-de-la-personnalite/2013-01-31/psychopathie-differences-cerebrales>

« **Testostérone et Psychopathie** ». CrimeXpertise. 2016. Disponible sur : <http://www.crime-expertise.org/testosterone-et-psychopathie/>

Dufresne, Martin, et Dominique Robert. « **La biographie d'un gène** », Déviance et Société, vol. 41, no. 4, 2017, pp. 593-619. Disponible sur : <https://www.cairn.info/revue-deviance-et-societe-2017-4-page-593.htm>

Avec les avancées technologiques et scientifiques qui existent aujourd'hui, sera-t-il possible un jour de pouvoir réparer des lésions cérébrales ?

Réponse de Sylvia M Bardet



Jusqu'à la fin du XX^e siècle, il était considéré que des lésions du système nerveux central et plus particulièrement celles touchant le cerveau n'étaient pas réparables, même si chez l'enfant ou le jeune, les capacités d'auto-réparation sont plus élevées. Le potentiel de réparation du cerveau adulte est donc **extrêmement limité** mais de nombreuses pistes sont explorées depuis quelques années.

Si on ne peut pas greffer un « nouveau » cerveau, on étudie depuis moins de 20 ans les **transplantations ciblées de cellules souches multipotentes ou de cellules souches reprogrammées**, déjà différenciées, qui pourraient aider à reconstituer un **tissu fonctionnel** (ex : expérimentation de transplantation de cellules pour des sections de moelle épinière). Le remplacement de ces cellules endommagées par de nouvelles cellules exogènes est une **piste thérapeutique innovante mais rencontre des obstacles éthiques et scientifiques**.

Suite à des blessures ou un traumatisme cérébral, des chercheurs ont développé en 2017 une **colle «Brain Glue»** qui **protège contre la perte de tissu cérébral**. Cet hydrogel réparateur imite la composition et la mécanique du cerveau à travers son maillage en sucres qui soutiennent habituellement les cellules. Le gel se lie ainsi au **facteur de croissance basique des fibroblastes** et au **facteur neurotrophique dérivé du cerveau**, deux facteurs protéiques protecteurs qui contribuent à la **survie** et à la **régénération** des cellules cérébrales après un traumatisme.

La biologie a ses limites, toute une série de réhabilitations peut être aussi envisagée avec l'aide des nouvelles technologies, du numérique et des nanotechnologies: la perte des neurones au cours de la vie est une **caractéristique de la vieillesse**. La **maladie de Parkinson** est une maladie dégénérative produisant une perte importante des neurones dopaminergiques du cerveau qui contrôlent les mouvements. Les personnes atteintes ont des gestes lents et rigides. La **technique de stimulation électrique cérébrale** consiste à implanter des électrodes dans une zone profonde du cerveau pour le stimuler électriquement et faciliter ainsi les mouvements des patients.

Pour aller un peu plus loin dans l'interface homme-machine, il est possible aujourd'hui de piloter un exosquelette à l'aide de son activité cérébrale. Depuis 10 ans environ, de nombreux essais cliniques ont permis aux hommes de **contrôler un ordinateur par la pensée** (à l'aide de leur cortex cérébral). Pour cela, des chercheurs en neurosciences ont étudié le **mouvement de codage du cerveau**, mais aussi d'autres chercheurs en neurotechnologie pour savoir détecter les impulsions électriques très faibles qui véhiculent le message cérébral, tout comme en informatique et ingénierie pour créer un dispositif électronique capable de traiter et traduire des informations cérébrales en commandes qui activeraient des machines « à la vitesse de la pensée ».

Ainsi, des patients paralysés ont pu bouger des bras robotisés, des drones, des skateboards et même piloter une voiture!

Bibliographie

« **La médecine régénérative : peut-on réparer un cerveau lésé ?** ». Académie des sciences. 2016. Disponible sur : <https://www.academie-sciences.fr/fr/Colloques-conferences-et-debats/medecine-regenerative.html> et https://www.academie-sciences.fr/pdf/conf/colloque_150316.pdf

« **La greffe de neurones pour réparer le cerveau lésé** ». Fondation pour la Recherche Médicale (FRM). 2022. Disponible sur : <https://www.frm.org/recherches-financees/reparer-corps-humain/greffe-de-neurones-pour-reparer-cerveau>

« **Lésion cérébrale : Une colle pour réparer les circuits dans le cerveau** ». Santé log. 2021. Disponible sur : <https://www.santelog.com/actualites/lesion-cerebrale-une-colle-pour-reparer-les-circuits-dans-le-cerveau>

Quels sont les liens entre le climat et la biodiversité ?

Réponse de Morgane Maniveau

Le climat est l'**ensemble des phénomènes météorologiques caractérisant l'atmosphère d'un lieu selon une période donnée**. Il est défini selon différents paramètres : la température, l'humidité de l'air, les précipitations, le vent, l'ensoleillement, etc. La biodiversité est l'**ensemble des êtres vivants ainsi que leur écosystème**, c'est-à-dire leur milieu de vie. À partir de ces deux définitions, peut-on établir des liens entre ces deux notions et lesquels ? « Biodiversité et climat, même combat ! », ce slogan de la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité [1] met bien en valeur le lien entre ces deux notions. La biodiversité est affectée par les changements climatiques tandis que la biodiversité peut s'adapter ou mener à l'atténuation des changements climatiques.

Intéressons-nous tout d'abord à l'**impact sur la vie marine et ses écosystèmes**. L'océan stocke la chaleur (en absorbant l'énergie solaire) puis la restitue à l'atmosphère sur de longues périodes (plusieurs siècles) via les courants marins [2]. Les masses d'eaux chaudes transportent en surface la chaleur accumulée dans les tropiques vers les pôles. Par exemple, le Gulf Stream est un courant de surface en Atlantique Nord qui apporte une partie de la chaleur accumulée à l'équateur en transportant les eaux des Caraïbes vers l'Europe. C'est un **échange permanent avec l'atmosphère**, il y a redistribution de la chaleur sur Terre, et donc réduction des écarts de température. Ainsi, l'**océan absorbe à la fois la chaleur et le CO₂** provoquant peu à peu son acidification [3]. Néanmoins dans l'atmosphère, le CO₂ mène à une augmentation de la température, les eaux et l'atmosphère tendent donc à toujours garder un équilibre gazeux. Or, l'augmentation de la température **réduit la capacité de l'océan à absorber du CO₂** (le CO₂ se dissout mieux dans l'eau froide). De ce fait, une part plus importante de CO₂ reste dans l'atmosphère ce qui augmente sa concentration et aggrave son impact sur le climat. L'acidification provoque une baisse des composés carbonés absolument essentiel pour le maintien des squelettes, des espèces planctoniques calcifiantes comme certains coraux, algues, mollusques, etc. Entre 1880 et 2012, l'atmosphère s'est réchauffée de 0,85 °C et les 75 premiers mètres de l'océan de 0,11 °C par décennie entre 1971 et 2010. Cela, malgré le fait que le niveau moyen de la mer se soit élevé de 20 cm depuis le début du XX^e siècle. En effet, lorsque la température s'élève, l'eau se réchauffe, glaciers et banquise fondent et les molécules d'eau prennent plus de volume (c'est la dilatation thermique). À l'inverse, pendant les périodes glaciaires, le niveau baisse parfois de plus de 100 m. Face à ces variations de température, le **cycle hydrologique atmosphérique est perturbé**. Cela se traduit par une augmentation d'événements exceptionnels : précipitations intenses et sécheresses, structures de

vents menant vers une augmentation de l'intensité des cyclones et des inondations. La détérioration des milieux naturels des côtes a pour effet de les rendre **moins résistantes aux autres conséquences du changement climatique**: érosion littorale, perte de biodiversité, migration des populations, etc. Le **blanchissement des coraux**, provoqué par une élévation prolongée de la température maximale estivale de 1 à 2 °C, est aussi de plus en plus observé et provoque 50 % des morts dans les récifs concernés. De plus, ces récifs de coraux **protègent normalement les côtes contre les vagues et les tempêtes**. Autre exemple, dans le Golfe du Maine, la température plus haute a mené à une **baisse du zooplancton** amenant une **baisse drastique de la population de morue**. D'autres n'ont comme autre choix que de migrer vers d'autres espaces ou de changer leur cycle de migration face à la modification de leur habitat naturel, néanmoins toutes les espèces n'ont pas une forte capacité de migration (arbres, certains insectes...).

Au niveau terrestre, des phénomènes similaires sont observés : disparition d'espèces et prolifération d'autres, impact phénologique, augmentation d'événements exceptionnels dont les conséquences sont nombreuses [4]. Les végétaux ont eux aussi une capacité de détoxification en absorbant le CO₂ par la photosynthèse et de rafraîchissement de l'air grâce à l'évapotranspiration, leur réduction mènerait donc à des effets lourds sur le climat [5]. Si les océans en sont épargnés, le nombre d'incendies [6] a augmenté, entre autres, du fait de la sécheresse. Cette dernière mène aussi à un manque d'eau, à de nouvelles formes de compétitions et au dépérissement des organismes. Certaines espèces arrivent à s'adapter, par exemple une augmentation de la taille des appendices a été observée chez les lapins de garenne australiens ou chez les musaraignes, ceci est dû au rôle thermorégulateur de ces organes. Également, un **décalage des saisons** a été constaté menant à des variations au niveau des phases de développement des végétaux (feuillaison, floraison, fructification, c'est la phénologie) et animaux.

Ainsi climat et biodiversité sont intrinsèquement liés, et la lutte contre le changement climatique ne peut se faire au détriment de la biodiversité. La biodiversité a aussi bon nombre d'impacts concernant la population et l'environnement : agriculture, prolifération des nuisibles et maladies, augmentation des crises alimentaires, etc. [7]

Bibliographie

- [1] « **Les enjeux de la biodiversité** ». Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB). Disponible sur : <https://www.fondationbiodiversite.fr/rechercher/?word=climat>
- [2] « **L'océan et la COP 21 - Partie 1 : l'océan, réservoir et "redistributeur" de chaleur** ». *Surfrider Foundation Europe*. 2016. Disponible sur : <https://surfrider.eu/locean-et-le-climat-partie-1-locean-reservoir-et-redistributeur-de-chaleur/>, 2016.
- [3] « **L'océan et la COP 21 - Partie 2 : l'océan, puits de carbone et fournisseur d'oxygène** ». *Surfrider Foundation Europe*. 2016. Disponible sur : <https://surfrider.eu/locean-et-le-climat-partie-2-locean-puits-de-carbone-et-fournisseur-doxygene/>, 2016.
- [4] Delestrade, Anne, et al. « **Impact des changements climatiques sur les écosystèmes alpins : comment les mettre en évidence et les prévoir ?** » *Open Editions Journal*, 2011. Disponible sur : <https://journals.openedition.org/rga/1279#tocfrom1n2>.
- [5] « **Biodiversité et climat** ». Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB). 2020. Disponible sur : <https://www.fondationbiodiversite.fr/wp-content/uploads/2020/12/FRB-fiche-ambassade-2.pdf>
- [6] « **Après les incendies en Gironde, comment restaurer la biodiversité menacée ?** ». Office National des Forêts (ONF). 2022. Disponible sur : <https://www.onf.fr/vivre-la-foret/journee-mondiale-du-climat/quelles-consequences-+/18a4::apres-les-incendies-en-gironde-comment-restaurer-la-biodiversite-menacee.html>, 2022.
- [7] « **Quelles sont les conséquences du changement climatique et du réchauffement climatique ?** ». My Climate. 2023. Disponible sur : <https://www.myclimate.org/fr/sinformer/faq/faq-detail/quelles-sont-les-consequences-du-changement-climatique/>

Quels impacts le réchauffement climatique peut-il avoir sur la biodiversité et la santé de tous ?

Réponse d'Anne Druilhe

Le réchauffement climatique est une conséquence du changement climatique particulier que nous vivons actuellement. La Terre a déjà vécu des changements climatiques, mais la particularité du changement climatique actuel est que, non seulement, il est provoqué par **l'activité humaine** mais aussi sa **rapidité** est sans précédent. Les conséquences du changement climatique actuel sont **l'augmentation de la fréquence des épisodes de canicules et des incendies, l'accroissement de la sécheresse** dans certaines zones, la **fréquence accrue des fortes précipitations et des cyclones tropicaux**, la **réduction de la banquise et du pergélisol de l'Arctique** et **l'augmentation du niveau des océans, de leur salinité et de leur pH**.

Quels impacts le changement climatique peut-il avoir sur la biodiversité ?

En parallèle du changement climatique, on observe une **évolution des écosystèmes** et une **perte de la biodiversité**. Les scientifiques estiment que nous vivons les prémices d'une 6^e extinction des espèces. Dans ce contexte, il est tentant de dire que le changement climatique est à l'origine de l'évolution des écosystèmes, c'est-à-dire l'ensemble des êtres vivants dans un endroit donné, et de la **perte de diversité** du monde vivant ou **biodiversité**.

Le lien de cause à effet entre changement climatique et évolution des écosystèmes est avéré. En Nouvelle-Aquitaine, certains écosystèmes ont évolué ou sont en train de le faire : ainsi, dans l'estuaire de la Gironde dont la salinité a augmenté, les poissons amphihalins (ceux qui naissent en eau douce et migrent dans l'Océan) ont en partie été remplacés par des poissons marins. La végétation de la région bordelaise évolue et en 2100 elle pourrait être de type méditerranéen. Le réchauffement de l'air, du sol, des océans, le changement de salinité et leur acidification **modifient l'environnement des êtres vivants**. Certains animaux vont migrer en latitude ou en altitude et vont se déplacer dans des endroits plus favorables à leur vie. Certains pollens, graines, spores, micro-organismes qui sont transportés vont se développer loin de leur site d'origine parce que les conditions y sont plus adéquates. Certains êtres vivants vont rester sur leur site d'origine mais ils vont décaler des phases de développement pour attendre des périodes plus favorables. Dans un écosystème, tous les êtres vivants sont liés, par exemple dans une chaîne alimentaire. Le départ ou l'arrivée de nouvelles espèces et le décalage de cycle de développement d'autres **perturbent les écosystèmes**. De nouvelles relations peuvent se mettre en place

recréant des écosystèmes qui fonctionnent mais cela prend du temps. De plus, au sein d'un écosystème, toutes les espèces n'ont **pas la même capacité à s'adapter, à se déplacer ou à décaler certaines étapes de développement**; dans ce cas, elles peuvent disparaître. Dans un écosystème perturbé, la disparition d'une espèce qui n'existe que localement contribue à **appauvrir la biodiversité** de la planète.

Il existe d'autres situations où l'effet direct du changement climatique sur la perte de biodiversité est démontré: c'est le cas par exemple de la **disparition des coraux** qui est due au réchauffement des océans et à leur acidification.

La perte de biodiversité s'explique en partie seulement par le changement climatique. D'autres causes sont pointées du doigt et, actuellement, sont considérées comme les premières causes de perte de biodiversité. Ainsi, les scientifiques estiment que **sept facteurs sont à l'origine de la diminution de la biodiversité**. Ce qui a le plus fort impact sur la biodiversité est la **destruction des habitats de la faune par l'activité humaine** du fait de l'augmentation de la surface des terres cultivées et des zones habitées, de la déforestation et des transports. Le deuxième facteur est la **pollution généralisée, de l'air, des sols, de l'eau**. En troisième position, on trouve les **prélèvements que l'Homme réalise** en surexploitant les écosystèmes par exemple par la **pêche intensive** ou encore en **chassant**, piégeant, braconnant. Il y a également les **invasions biologiques** qui se produisent lorsque des espèces étrangères prennent la place des espèces locales; les espèces étrangères ont souvent été introduites par l'Homme accidentellement ou volontairement pour des raisons économiques (agricoles) ou culturelles (exemples: jardin paysager pour la flore, nouveaux animaux de compagnie). Le **changement climatique** arrive en 5^e position.

La biodiversité rend service à l'Homme par exemple pour l'alimentation, pour fournir des médicaments.... De ce fait, la perturbation des écosystèmes et la perte de biodiversité préoccupent les scientifiques qui sont en train de se mobiliser pour que des mesures soient prises par les États comme cela a été le cas pour le climat. Cette mobilisation a payé puisque fin 2022 près de 200 pays, réunis au Canada lors de la COP15, se sont mis d'accord pour signer un contrat moral les engageant à mettre en place des actions pour préserver la biodiversité.

Quels impacts le changement climatique peut-il avoir sur la santé de tous ?

La question de l'impact du réchauffement et du changement climatique sur la **santé** est légitime: en effet, le changement climatique est parallèle à l'**augmentation de certaines maladies non infectieuses** et à celle des **zoonoses**, ces épidémies qui surviennent suite à la transmission d'agents infectieux comme des virus des animaux sauvages vers l'Homme. Le lien direct de cause à effet entre changement climatique et zoonose n'est pas aussi évident qu'on peut l'imaginer; l'augmentation des zoonoses qui a conduit à la pandémie du virus COVID-19 serait plutôt la conséquence de la

destruction des habitats de la faune sauvage par l'Homme associée à une perte de biodiversité. La destruction des habitats facilite le contact entre la faune sauvage et l'Homme et la perte d'espèces limite la probabilité que les agents infectieux infectent des espèces « cul-de-sac » qui ne transmettent pas le microbe.

Le lien de cause à effet entre le changement climatique et l'**augmentation et l'aggravation de certaines maladies respiratoires**, comme l'asthme ou le cancer pulmonaire, est plus évident. En effet, la hausse de la température accélère la **transformation de molécules présents dans ou véhiculés par l'atmosphère en produits polluants** qui affectent le système respiratoire. Cette pollution qui altère la fonction respiratoire peut aussi fragiliser les personnes atteintes de maladies cardiovasculaires. Sous nos latitudes, le changement climatique conduit à un **allongement de la saison des pollens** ce qui s'accompagne par une gêne prolongée pour les personnes atteintes d'allergies respiratoires. De plus, la chaleur intense que nous connaissons pendant des périodes de canicule peut conduire à un coup de chaleur, une déshydratation, un épuisement, des états qui sont particulièrement dangereux pour des personnes affaiblies comme les personnes âgées ou des personnes malades. Ces états peuvent aussi toucher des personnes en bonne santé lors d'une exposition prolongée. Les aléas climatiques extrêmes, comme la tempête Xynthia qui a touché les côtes françaises en 2015, sont traumatisants et conduisent à des états psychologiques dégradés comme le choc post-traumatique ou la dépression. Depuis quelques années, les médias évoquent l'**éco-anxiété** (inquiétude face aux crises environnementales) comme une nouvelle maladie qui affecte particulièrement les jeunes. L'inquiétude est bien réelle mais il n'y a pas suffisamment de données scientifiques pour affirmer qu'elle cause une maladie.

Enfin, pour aller au bout de cette réponse, il est important de préciser que le réchauffement climatique n'est **pas responsable de la dangerosité accrue des UV du soleil** qui est mise en cause dans l'augmentation des cancers de la peau et les problèmes de vue comme la cataracte. La chaleur terrestre comme les UV proviennent du soleil; les UV sont filtrés et leur dangerosité est diminuée par l'**ozone atmosphérique**. Or la couche d'ozone s'était rétrécie à cause de l'accumulation de certains gaz; suite à l'interdiction d'utiliser ces gaz, la couche d'ozone est en train de se reconstituer et les scientifiques prédisent une **régénération totale vers 2050**.

Bibliographie

Pour des informations sur le lien changement-climatique-biodiversité

Université Virtuelle Environnement et Développement Durable (UVED). « **Introduction à la notion de biodiversité** ». Youtube. 2016. Disponible sur : <https://www.youtube.com/watch?v=izAACKijbeQ>

Cailloce, Laure. « **COP15, un sommet pour enrayer la crise de la biodiversité** ». CNRS. 2022. Disponible sur : <https://lejournel.cnrs.fr/articles/cop15-un-sommet-pour-enrayer-la-crise-de-la-biodiversite>

Ministère en charge de l'écologie. « **Les impacts du réchauffement climatique sur la biodiversité** ». Écologie.gouv. 2017. Disponible sur : <https://www.ecologie.gouv.fr/impacts-du-rechauffement-climatique-sur-biodiversite>

Ministère en charge de l'écologie. « **La COP15 biodiversité aboutit à un accord** ». Écologie.gouv. 2022. Disponible sur : <https://www.ecologie.gouv.fr/cop15-biodiversite-aboutit-accord>

Cistude Nature. « **Effets du changement climatique sur la biodiversité** » (Vidéo). Youtube. 2016. Disponible sur : <https://www.youtube.com/watch?v=cP5VoBuEL18>

Lassarade, Florence. « **Réchauffement climatique et biodiversité - Conception, construction et mise en œuvre de stratégies préventives** » (Rapport n° 181). 2022. Disponible sur : https://www.senat.fr/rap/r22-181/r22-181_mono.html (Sénat)

« **Agir pour la biodiversité** ». Office français de la biodiversité. Disponible sur : <https://www.ofb.gouv.fr/agirpourelabiodiversite>

Pour des informations sur le lien changement climatique-santé

Ministère en charge de l'écologie. « **Zoonoses : quels liens entre atteintes à la biodiversité et pandémies ?** ». Notre-environnement. 2022. Disponible sur : <https://www.notre-environnement.gouv.fr/actualites/essentiels/article/zoonoses-quels-liens-entre-atteintes-a-la-biodiversite-et-pandemies>

« **L'éco-anxiété, une maladie mentale vraiment ?** ». Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (Inserm). 2022. Disponible sur : <https://presse.inserm.fr/canal-detox/leco-anxiete-une-maladie-mentale-vraiment/>

« **Sciences & Santé** », n° 28, novembre-décembre 2015. Disponible sur : <https://www.inserm.fr/magazine/sciencesante-n28/>

Pour mieux comprendre le lien entre réchauffement climatique et ozone

« **Existe-t-il un lien entre effet de serre et trou d'ozone ?** ». Futura. Disponible sur : <https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/rechauffement-climatique-existe-t-il-lien-effet-serre-trou-ozone-51/>



LES SCIENTIFIQUES

Sylvia M Bardet

Biographie

Sylvia M Bardet est née en France en 1979. En 2002, elle a obtenu une maîtrise en biologie de l'université de Poitiers, France. Elle a ensuite suivi des études de doctorat en neuro-développement à l'université de Murcie, Espagne en 2007 en collaboration avec San Francisco, États-Unis. Après plusieurs périodes de recherche postdoctorale en Belgique et en France dans le domaine du neurocomportement, de la génétique et du cancer, elle a rejoint le groupe de recherche du laboratoire d'excellence où elle a étudié la biologie cellulaire et la microscopie multiphotonique in vivo appliquée au bio-électromagnétisme à l'Institut Xlim (université de Limoges / C.N.R.S.) à Limoges, France. Ici, elle est devenue maître de conférences en 2016, pour poursuivre le même axe de recherche sur les effets biologiques des nanopulses avec des outils biophotoniques.

Qu'est-ce qui vous a donné envie de devenir chercheur en biologie ?

J'ai depuis mon 1^{er} stage en 3^e année universitaire apprécié les manipulations, la technicité, et les stratégies mises en place pour répondre à une question.

Pas un jour ne se ressemble, et quand on est curieux, c'est un environnement très riche où on continue d'apprendre au quotidien, dans de nombreux domaines scientifiques, en langues, en rédaction, en communication, en management...

J'ai aussi très vite été attirée par l'aspect social, travail de groupe, rencontre de collaborateurs, voyage et ouverture culturelle.

Biographie

Enseignant–Chercheur en Biologie & physiologie végétale, Guy Costa enseigne la biologie végétale, la physiologie végétale, et la biologie et physiologie des ligneux.

Responsable de la Licence professionnelle Aménagement arboré et forestier.

Responsable de la SuLIM, vice-président de XYLOFUTUR, administrateur de FiBOIS NoA, membre du bureau du GDR des Sciences du bois.

Recherche: Durabilité naturelle, temporelle et conférée du bois, Formation du bois de cœur, Dendro–provenance des bois archéologiques des maisons à colombage de Limoges et Lasure biologique.

Qu'est-ce qui vous a donné envie de devenir chercheur en biologie ?

Au cours de ma formation universitaire, j'ai eu la chance de rencontrer des « maîtres » qui m'ont donné envie de décrypter le vivant pour comprendre son fonctionnement. Pendant ma maîtrise de physiologie végétale, le hasard m'a conduit à l'INRA où j'ai pu travailler sur la symbiose ectomycorhizienne. Là encore, c'est une rencontre avec un chercheur qui a été l'élément déclenchant de ma carrière. Depuis, à l'exception d'une digression de quelques années, j'ai toujours travaillé sur l'arbre et le bois. Après maintenant plus de 20 ans de carrière, je prends toujours autant de plaisir à découvrir des mécanismes moléculaires cachés grâce au développement de nouveaux outils. Pour cela, il faut oser faire un pas de côté et se confronter à la pluridisciplinarité. Pour moi les confrontations concernent la chimie organique (développement d'un outil à base de liquide ionique) et la physique (adaptation de la microscopie vibrationnelle [CARS]) pour suivre la qualité du bois.

Biographie

1987–1991 : Étude en chimie/biologie en DEUG, puis licence et maîtrise de biochimie/biologie moléculaire à la faculté Paul Sabatier de Toulouse

1991–1993 : Intégration en 2^e année de l'INSA (Institut National des Sciences Appliquées) de Toulouse option Génie Biochimique et alimentaire et Génétique microbienne : diplôme d'ingénieur et diplôme d'études approfondies (DEA)

1993–1997 : Thèse sur l'étude de la fixation de l'azote atmosphérique par une bactérie symbiote de la luzerne réalisée à l'INRA à Castanet-tolosan.

1997–2009 : 3 post-doctorats (étude du chimiotactisme chez une bactérie aux États-Unis ; étude des échanges entre bactéries au sein d'un biofilm à l'Institut Pasteur de Paris ; étude de la résistance aux antibiotiques chez les bactéries à l'université de Limoges).

2009 : Obtention d'un poste de chercheur Inserm pour étudier la résistance aux antibiotiques chez les bactéries à l'université de Limoges dans l'unité Inserm 1092.

Qu'est-ce qui vous a donné envie de devenir chercheur en biologie ?

Après le bac, j'ai hésité entre des études de médecine et des études à la faculté pour étudier la biologie ou la chimie. Mes études m'ont permis d'avoir des cours sur divers aspects de la biologie et j'ai été fascinée par les bactéries, ces « petites bêtes » constituée d'une seule cellule, que l'on ne voit pas à l'œil mais qui sont capables de faire tant de choses.

Biographie

Docteur en pharmacie, ancienne interne en pharmacie (CHU d'Angers), docteur en sciences en « Biologie neuro-vasculaire intégrée », post-doctorante au Centre National d'Études Spatiales (CNES-Toulouse), au Centre de Recherche Clinique du CHU d'Angers. J'ai donc acquis plusieurs compétences : pharmaceutique, scientifique et en recherche préclinique et clinique. Actuellement, maître de conférences en Pharmacologie à l'UFR de Pharmacie de Limoges depuis 2007. Mes activités de recherche se concentrent sur la recherche de thérapeutiques dans le cadre des neuropathies périphériques sensibles au sein de l'équipe de recherche UR20218 NeurIT (Omega-Health Limoges).

Qu'est-ce qui vous a donné envie de devenir chercheur en biologie ?

Le monde du vivant m'a toujours fasciné. Pendant mes études de pharmacie, les disciplines autour du fonctionnement des cellules, des organes et du corps m'ont particulièrement intéressée. Je souhaitais en savoir plus et je me suis donc tout naturellement orientée vers la recherche dans le domaine de la physiologie et de la pharmacologie. La physiologie est la science qui étudie les fonctions et les propriétés des organes et des tissus des êtres vivants. La pharmacologie est la science qui étudie les médicaments (leur activité sur le fonctionnement des cellules, organes, organismes, effets thérapeutiques...).

Biographie

J'ai passé un baccalauréat général scientifique dans le département de l'Aveyron où je suis née. Je suis ensuite partie étudier la biologie animale pendant deux ans à l'université de Clermont-Ferrand puis pendant encore deux ans à l'université de Montpellier avant de rejoindre Paris où je me suis spécialisée dans le domaine de la compréhension du développement des maladies animales (physiopathologie). Mon parcours universitaire s'est achevé à Paris neuf ans après avoir passé le bac par l'obtention d'un diplôme de docteur en physiopathologie animale. J'ai ensuite travaillé comme chercheuse en biologie pendant deux ans à Philadelphie aux États-Unis puis j'ai obtenu un poste de chercheuse dans l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (Inserm). L'Inserm a des laboratoires dans toutes les grandes villes françaises: j'ai travaillé successivement dans deux laboratoires à Paris avant de venir m'installer à Limoges. Je travaille actuellement dans un laboratoire spécialisé dans l'étude des médicaments pour les personnes greffées. Ce laboratoire est commun à l'Inserm, à l'université de Limoges et au Centre Hospitalo-Universitaire (CHU) de Limoges.

Qu'est-ce qui vous a donné envie de devenir chercheur en biologie ?

Adolescente, j'imaginai que, devenue adulte, j'exercerai un métier de soin aux personnes. Sur le plan scolaire, j'aimais beaucoup les sciences du vivant et les travaux pratiques. Au lycée, lors d'une rencontre avec des professionnels, j'ai eu un déclic: je travaillerai dans un laboratoire d'analyses médicales où j'y ferai des expériences tout en exerçant un métier qui contribue à la santé. J'ai donc démarré des études pour travailler dans un laboratoire d'analyses médicales. C'est au cours de ces études que j'ai vraiment découvert le travail de recherche en biologie: une activité basée sur la réalisation d'expériences et qui, à travers les connaissances qu'elle produit, participe à améliorer la santé.

Dans mon métier, ce que j'aime et qui continue à me motiver, c'est la stimulation intellectuelle qu'il procure. En effet, en tant que chercheuse, on est soi-même en perpétuel apprentissage et on participe à la formation des plus jeunes: nouvelles connaissances, nouvelles techniques à acquérir et à transmettre. La recherche est aussi une activité ludique un peu à la façon d'un *escape game*: des énigmes à résoudre, des pièces de puzzle à emboîter, des manipulations à réaliser, un travail d'équipe où chacun propose ses idées.

Biographie

Geneviève Feuillade est professeur à l'université de Limoges, nommée à l'école nationale supérieure d'ingénieur de Limoges depuis 1995. Elle est actuellement responsable de la spécialité Génie de l'Eau & Environnement, en charge des cours portant sur la production d'eau potable et la gestion des déchets. Geneviève Feuillade exerce ses activités de recherche au sein du laboratoire E2LIM de l'université de Limoges. Elle développe, dans cette unité, des études sur le comportement des molécules organiques d'origine naturelle ou anthropique, afin d'évaluer leur impact sur la qualité des eaux. Elle a encadré à ce jour 18 doctorants (PhD) sur des thématiques d'amélioration des procédés physico-chimique de traitement des eaux et sur l'impact des déchets sur l'environnement. Ces études sont menées en partenariat avec des chercheurs d'universités de Lomé et Kara au Togo, de Lund en Suède et d'Hanoï au Vietnam. Elle est membre de conseils scientifiques dans le domaine de l'eau ou de l'environnement, elle a publié 108 articles scientifiques, 2 brevets et présenté 91 communications dans des congrès internationaux.

Fortement impliquée dans des actions de culture scientifique, Geneviève Feuillade a assuré la direction d'un service de Culture, Sciences et Société pour le compte de l'université de Limoges jusqu'en 2019 et encadre de nombreux projets de culture scientifique, de diffusion des savoirs et de responsabilité environnementale en lien avec les étudiants et en partenariat avec le CCSTI Récréasciences.

Qu'est-ce qui vous a donné envie de devenir chercheur en biologie ?

J'ai découvert la recherche en 5^e année d'étude post-bac et j'ai tout de suite eu l'envie de m'engager dans un doctorat. Participer à l'amélioration des filières de production d'eau potable pour mieux retirer les polluants de l'eau était un sujet scientifique qui me motivait et qui faisait appel à des connaissances en chimie de l'eau, mais aussi en microbiologie et en santé humaine. Mon travail de thèse portait sur l'aspect chimique du traitement de l'eau mais avec une approche transdisciplinaire et selon une démarche en lien avec des problématiques sociétales. Aujourd'hui, même si ma recherche relève de domaines plus en lien avec la chimie, je continue à m'enrichir des connaissances qu'apportent les sciences environnementales et je ne changerai rien au parcours que j'ai réalisé.

Michel Galliot

Biographie

Michel Galliot est ingénieur de l'École Nationale de la Météorologie (promotion 1972–1975). Il a travaillé de 1975 à 1978 puis de 1981 à 1986 au service central de climatologie de Météo-France, spécialité agroclimatologie. Il est nommé au centre météorologique de Limoges, à partir de 1986, comme chargé d'études puis comme délégué départemental (2001–2008). En 2000, il a effectué 13 mois en Antarctique comme chef de la station scientifique de Dumont d'Urville. Michel Galliot a rejoint l'Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique (ONERC) de 2008 à 2011. Retraité, il préside depuis 2014 la fédération Limousin nature environnement qui rassemble 45 associations et dont il est membre depuis plus de 40 ans.

Qu'est-ce qui vous a donné envie de devenir chercheur en biologie ?

Dès mon plus jeune âge, j'ai suivi mes parents dans des sorties naturalistes : découverte de tous les milieux du vivant sous toutes ses formes, flore et faune, mais aussi du non-vivant avec la géologie. Je me souviens des collectes de plantes, de papillons, de coléoptères, de fossiles pour des collections précieusement conservées dans le grenier familial.

Au collège, je me passionne pour l'atmosphère et je décide d'être météorologue avec le rêve d'aller aux îles Kerguelen, pays des tempêtes permanentes. J'ai pu réaliser ce rêve en 1996 et même aller passer 13 mois en Antarctique. Tout naturellement, je me lance dans la compréhension du changement climatique et sa popularisation par des conférences ou animations scolaires (environ 150 en 30 ans).

Je n'ai jamais cessé de défendre la nature, en participant à la création de nombreuses associations comme une Coop-bio en 1981, le collectif Limousin anti-nucléaire en 1982, Véli-vélo en 1994, FNE Nouvelle-Aquitaine en 2006, mais aussi en tant qu'apiculteur depuis 1979. Je préside Limousin nature environnement, la fédération des associations de défense de l'environnement qui regroupe plus de 40 associations.

Biographie

Morgane Maniveau est doctorante en thèse de Microbiologie/Génomique depuis octobre 2021 dans le laboratoire RESINFIT au Centre de Biologie et de Recherche en Santé (CBRS) de Limoges. Elle travaille sur l'évolution de la résistance aux antibiotiques.

Qu'est-ce qui vous a donné envie de devenir chercheur en biologie ?

Ce qui m'attire dans la recherche est le fait de ne jamais faire la même chose car il n'y a pas de routine et de pouvoir changer de thématique durant sa carrière. Également, la recherche demande souvent une approche multi-disciplinaire, ce qui permet de satisfaire ma curiosité. C'est un peu comme un grand projet où chacun apporte sa pierre à l'édifice, c'est très valorisant d'y participer et cela donne du sens au travail effectué. Un autre point est la partie enseignement, les discussions sont particulièrement intéressantes lors d'échanges avec des étudiants et permettent de voir nos sujets de recherches autrement.

Bertrand Olliac

Biographie

Bertrand Olliac travaille dans un service de psychiatrie pour enfants et adolescents. Il fait de la recherche autour des conséquences des événements de vie chez les adolescents et les risques qu'ils peuvent entraîner (idées suicidaires, traumatismes psychiques). Ils ont à cœur en psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent d'aider les bébés, les enfants, adolescents et leur famille en souffrance.

Qu'est-ce qui vous a donné envie de devenir chercheur en biologie ?

J'ai commencé à faire de la médecine avant de faire de la recherche et j'ai souhaité comprendre les mécanismes qui, soit entraînent de la souffrance, soit permettent de surmonter l'adversité.

Biographie

Après des études en biologie/biochimie à l'université de Lille, j'ai obtenu un doctorat en biologie en 2008 à l'université de Limoges. Je suis actuellement Maître de Conférences à l'université de Limoges et j'enseigne la biochimie et la chimie analytique au sein du Département Génie Biologique de l'IUT du Limousin. Je réalise mes activités de recherche au sein du Laboratoire LABCiS (Laboratoire des Agroressources, Biologie et Chimie pour l'innovation en Santé) de l'université de Limoges. Mes travaux portent sur le développement de solutions pour traiter des infections bactériennes par une thérapie appelée photothérapie dynamique antimicrobienne.

Qu'est-ce qui vous a donné envie de devenir chercheur en biologie ?

L'envie de devenir chercheur, et en particulier enseignant-chercheur, en biologie est venue de la volonté d'essayer de comprendre certains processus qui peuvent se dérouler dans notre corps humain, comme l'apparition de maladies tels que les cancers ou les infections par des micro-organismes (bactéries, virus,...). Mieux comprendre ces processus permet de chercher des solutions pour traiter ces maladies ou trouver des solutions de prévention.

Être chercheur, c'est aussi transmettre et partager des connaissances à destination du grand public, des élèves, des étudiants, des collègues lors de congrès,... Être chercheur est une activité au cours de laquelle on apprend tout le temps et on se remet en question constamment pour mieux avancer.

Biographie

Après l'ENS de Saint-Cloud, j'ai commencé des études sur l'évolution lors de mes premières recherches dirigées par le Dr Dutrillaux à Paris, sur la cytogénétique des rongeurs. Puis, je suis allé au Maroc pendant 6 ans pour enseigner l'écologie et l'évolution, et je suis devenu botaniste focalisé sur la famille des Composées (thèse de doctorat). De retour en France, j'ai commencé à travailler sur l'écologie évolutive des criquets, à l'aide de nombreux outils statistiques, dès ma nomination à la FST de Limoges, puis avec des collègues algériens et marocains. Enfin, j'ai adapté mon expérience en évolution à l'étude des séquences protéiques et à la génétique des races ovines au Laboratoire du Professeur A. Maftah.

Qu'est-ce qui vous a donné envie de devenir chercheur en biologie ?

Tout est venu de la difficulté de la détermination des plantes et des insectes au niveau de l'espèce. La variabilité à l'intérieur de l'espèce et les critères de séparation des espèces nous obligent à nous poser beaucoup de questions !

Biographie

Marcello Solinas est directeur de recherche du Centre National de la Recherche Scientifique et travaille dans le Laboratoire de Neurosciences Expérimentales et Cliniques à l'université de Poitiers. Depuis plus de vingt ans, il travaille sur les mécanismes neurobiologiques impliqués dans l'addiction aux drogues afin de découvrir des nouvelles pistes pour la prise en charge de cette pathologie psychiatrique. En particulier, il s'intéresse aux effets bénéfiques d'un environnement stimulant et enrichi sur le risque de rechute dans l'addiction.

Qu'est-ce qui vous a donné envie de devenir chercheur en biologie ?

Pendant mes études de Pharmacie, j'ai suivi des cours de pharmacologie sur les maladies psychiatriques et j'ai été fasciné par la découverte que des fonctions mentales, des émotions et des sentiments (ce qui nous rend vivant) pouvaient être liés directement au fonctionnement des régions spécifiques du cerveau. Ainsi, j'ai voulu faire une thèse dans la thématique, l'addiction, dans laquelle l'effet de produits sur le comportement (par exemple, la pensée, la prise de décision, les émotions) étaient plus évidentes. De fil en aiguille, je n'ai pas arrêté de travailler sur ce sujet que je trouve toujours passionnant.

De plus, j'ai toujours l'espoir qu'un jour les travaux menés dans nos laboratoires de recherche puissent aider à l'amélioration des thérapies chez l'Humain.

Où trouver leurs réponses ?

Sylvia M Bardet, 11, 40

Michel Galliot, 13, 21

Guy Costa, 16

Morgane Maniveau, 6, 42

Sandra Da Re, 30

Bertrand Olliac, 18

Claire Demiot, 14

Tan-Sothea Ouk, 9

Anne Druilhe, 22, 31, 45

Daniel Petit, 25

Geneviève Feuillade, 27

Marcello Solinas, 20

Remerciements

Nous tenons à remercier tous les collégiens et lycéens, et en particulier ceux du collège d'Isle, pour vos contributions à cet ouvrage. En effet, vos questions ont largement enrichi ce livre.

Nous souhaitons également remercier les chercheurs et experts associés qui ont pris le temps de répondre aux questions même si le contrat n'a pas toujours été respecté ! Leur réponse (sans la bibliographie) devait tenir en une unique page. Pas de félicitations pour ces bavards que nous excusons car c'est pour la bonne cause : ils ont apporté des réponses à toutes vos questions.

Ce livre n'aurait jamais vu le jour sans le soutien inconditionnel de l'université de Limoges et de Récréasciences.