

La Fédération BioGée : comment les sciences de la nature pourraient aider la société moderne

Par Marc-André Selosse, Christophe Guégo et David Boudeau

La Fédération BioGée, dont l'APBG est membre, a été fondée par une Assemblée Générale constitutive le 9 octobre 2019, au Muséum national d'Histoire naturelle. Ses statuts ont été acceptés par la Préfecture de Paris le 4 août 2020. Elle souhaite mettre en œuvre un programme qui, sans se résumer à l'enseignement des SVT, passe par cet impératif-là et intéresse donc tout naturellement l'APBG. D'ailleurs, sa fondation dérive de questions liées à l'enseignement.



Historique

Dès l'annonce d'une réforme du baccalauréat en 2017, beaucoup se sont inquiétés de ce que cela impliquait, en amont, une réforme du lycée, de ses horaires et de ses programmes. Le président du Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN)

► **Marc-André SELOSSE**, professeur du Muséum national d'histoire naturelle, à Paris, aux universités de Gdansk, en Pologne, et de Kunming, en Chine. Il préside la Fédération BioGée.

► **Christophe GUÉGO**, enseignant à l'université de Cergy-Pontoise (CY Cergy Paris Université), formateur d'enseignants de SVT et représentant de l'AFPSVT. Il est trésorier de la Fédération BioGée.

► **David BOUDEAU**, enseignant de SVT au lycée François Truffaut (Challans en Vendée) et secrétaire général de l'APBG. Il est webmaster de la Fédération BioGée.

a donc mandaté l'un d'entre nous (M.-A.S.), fin 2017, pour réunir un consortium, exprimer l'avis et les conseils des chercheurs sur ce sujet, et insister sur la pertinence de renforcer la présence des SVT. Ce consortium, rassemblé autour du MNHN, comprenait AgroParisTech, le Bureau des Recherches Géologiques et Minières (BRGM), le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (Ifremer), l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), l'Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture (IRSTEA), l'Institut Pasteur, l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN), l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), les Académies de Médecine, des Sciences, de Pharmacie et d'Agriculture de France et un collectif de 138 entreprises.

Nous avons souhaité, d'une part, rencontrer le Ministre de l'Éducation et, d'autre part, être auditionnés par la commission Mathiot, qui réfléchissait alors aux modalités de réforme du Lycée. Si le second point fut vite acquis, le premier dut attendre quelques mois par l'entremise de l'Académie des Sciences. Entre-temps, nous avons tenté de mobiliser des parlementaires (seul Jean-Louis Touraine, député du Rhône, a réagi en interpellant le Ministre de l'Éducation) et nous avons publié deux tribunes dans *Le Monde* pour alerter l'opinion, en février puis avril 2018¹.

La réforme qui suivit n'a absolument pas tenu compte des propositions faites par le consortium, ni d'ailleurs par l'APBG, avec la suppression des SVT en tant que discipline obligatoire en première et en terminale. Nous avons fait le constat que nous étions mal organisés pour agir, et peu audibles. De surcroît, il était apparu que certaines institutions de recherche du consortium, comme le CNRS, n'étaient pas en mesure d'intervenir auprès de leurs tutelles, dont dépend par ailleurs leur financement. Il fallait dès lors envisager une dynamique autour d'interlocuteurs plus libres d'exercer un lobbying ; il fallait aussi réfléchir plus longuement aux actions futures. Cela faisait quelques temps que l'Association pour la formation des Professeurs de Sciences de la Vie et de la Terre (AFPSVT, regroupant des enseignants impliqués dans les préparations aux concours²), réfléchissait à unifier des associations autour de la promotion et de la défense des SVT. De la convergence des actions du MNHN, de cette envie commune impliquant l'AFPSVT, l'APBG et l'UPBM (UPBM - Bienvenue sur le site UPBM (Union des professeurs de Physiologie Biochimie Microbiologie) au sein d'un groupe technique mis en place dès juin 2018, naquit le BioGée.

BioGée : des sciences pour la société

Un groupe de sociétés scientifiques, d'Académies, d'associations et de fondation d'entreprises ainsi que de sociétés d'enseignants ou de journalistes a donc initié un mouvement collectif parmi les Sciences du vivant, de la santé, de la Terre et de l'environnement, pour défendre les apports de ces disciplines dans les crises auxquelles se trouve confrontée la société française. Créée officiellement en 2020, cette

¹ Enseigner une nouvelle histoire naturelle, pour penser aujourd'hui et construire demain. *Le Monde* en ligne, 13 février 2018 ; La réforme du bac ne doit pas oublier les sciences de la vie et de la Terre. *Le Monde* 22788 (18.4.2018) : 20.

² <https://afpsvt.fr/>

association a son site web³ : elle fédère des associations (qui sont les seules à voter en assemblée générale) et des adhérents individuels (qui peuvent au moins porter des responsabilités au sein de la Fédération)⁴.

BioGée veut promouvoir un message commun vers la société, sur les sujets de santé, d'environnement, de durabilité, de géologie et d'éducation citoyenne. Loin d'être seulement disciplinaire, BioGée souhaite penser et promouvoir les interdisciplinarités qui serviront les citoyens dans les questions sociétales complexes en émergence. Nous voulons ajouter la voix de nos disciplines au concert de toutes celles qui façonnent l'avenir de notre société : nous croyons que de nombreux aspects, paraissant relever du droit, de l'économie, de la politique ou de la sociologie, seraient mieux perçus avec une dimension relevant de nos disciplines, c'est-à-dire les sciences et technologies du vivant, de la santé, de l'environnement et de la Terre. Ces disciplines ne sauveront pas le Monde toutes seules, mais rien ne peut être sauvé sans elles. En termes d'interdisciplinarité, nous pensons que nos disciplines ne peuvent se comprendre ni s'utiliser qu'avec de l'histoire des sciences, de l'épistémologie et plus généralement des apports des sciences humaines. L'actualité récente autour de la vulgarisation sur la COVID le démontre, car les débats bruts et les avis intempestifs de la communauté scientifique furent reçus de façon souvent chaotique par nos concitoyens, impréparés au processus d'émergence des consensus scientifiques.

L'envie de valoriser nos disciplines, non seulement en elles-mêmes mais aussi en interdisciplinarité, explique le choix du nom de « BioGée ». Il est emprunté au philosophe Michel Serres⁵ (avec l'autorisation de ses héritiers), qui a publié un ouvrage éponyme : notre choix rend hommage à son œuvre et à son approche réellement interdisciplinaire. Une liste de marraines et de parrains illustre le type de savoir-faire et disciplines que couvrent BioGée et son message.

BioGée n'est pas une société scientifique : elle promeut nos disciplines en enseignement, en politique ou dans tous les champs sociétaux qui peuvent aider les citoyens dans leurs choix et leurs libertés.

BioGée : des actions variées

Comment réaliser ce projet ? Sans doute pas en un an, mais en s'implantant dans le décor sociétal, aux côtés des sociétés qui composent BioGée. Nous souhaitons créer des synergies, mettre en place et mobiliser un réseau coopératif entre les associations, sociétés savantes et institutions du domaine des sciences et technologies du vivant, de la santé, de l'environnement et de la Terre : de ce point de vue, des initiatives viendront de nos membres, et BioGée les amplifiera⁶.

En tant que fédération, BioGée devra permettre à ses membres de se connaître et de se côtoyer : organisation ou appui à des colloques, congrès, conférences lors

³ <http://www.biogee.org/>

⁴ Statuts sur <http://www.biogee.org/index.php/status-et-reglement/>⁵ Michel Serres, 2013. BioGée. Le Pommier poche.

⁶ Par exemple, la présidence de BioGée a signé une tribune alertant sur les dérives de la formation des enseignants de SVT dans Le Monde, « Réforme de la formation des enseignants : Le risque d'un effondrement du vivier de candidats et d'une baisse de la qualité de l'enseignement », publiée en ligne le 1^{er} février 2021.

de nos assemblées générales, mise en relation et diffusion d'informations, etc. Mais d'ores et déjà, BioGée porte trois actions.

D'abord, nous maintenons un lobbying en faveur de nos disciplines dans l'enseignement ; cela sera mené en gardant à l'esprit la nécessité de l'émergence d'une réelle interdisciplinarité autour de leurs objets. Cela passe par la participation à des débats ou des rencontres sur les questions soulevées par la vulgarisation, l'enseignement⁷, la formation ainsi que la diffusion de nos disciplines et des sciences en général.

Ensuite, des tribunes dans la presse permettent de pointer la pertinence de nos disciplines et leurs liens avec l'actualité : trois tribunes ont été publiées depuis 2020. Une première a évoqué les difficultés actuelles de l'enseignement de l'évolution et de la sexualité⁸ ; une deuxième a souligné comment nos gestes collectifs nous rendent forts face à la pandémie de COVID, même si ces gestes sont lourds et pas entièrement efficaces au niveau individuel : notre tribune révèle comment cette prise de conscience n'est pas aidée par les formes actuelles de l'enseignement⁹ ; la troisième explore les raisons du divorce moderne de nos concitoyens avec certaines de nos disciplines, et propose des voies de remédiation à ce doute¹⁰.

Enfin, et surtout, des journées annuelles à résonance nationale, liées au nom d'une ville, permettront de faire retrouver un lustre, une lisibilité et une accessibilité à nos disciplines. Vitrine vivante et ouverte de BioGée, elles s'inspirent des Journées de l'Histoire à Blois ou du Festival de Saint-Dié-des-Vosges, dédié à la géographie. Les journées de BioGée doivent interpeller et intéresser les citoyens, les politiques et les journalistes autour d'un thème annuel d'actualité, changeant chaque année.

Rendez-vous à Rouen avec BioGée, dès avril 2022

Ces journées annuelles seront accueillies à Rouen, ville dont le nouveau maire (et ancien professeur de SVT), Nicolas Mayer-Rossignol, a immédiatement relevé l'intérêt et mobilisé des moyens humains et financiers pour soutenir ce projet. La première édition de ces journées aura lieu **du vendredi 1er au dimanche 3 avril 2022** (réservez cette date !), sur le thème de la renaturation et de la nature en ville.

Un thème majeur différent sera proposé chaque année. Décideurs, agents économiques, spécialistes de santé, écologues... la liste est grande de ceux qui prendront part, avec des scientifiques et des pédagogues venus des rangs de BioGée, à des débats sur le sujet annuel. Des journalistes seront invités. Au-delà de scientifiques rompus à l'exercice de la médiation et de noms attractifs pour le grand public, notre volonté est d'inclure les citoyens à ces actions, tout en travaillant en interdisciplinarité.

Pour attirer un maximum de public, nous pensons à deux journées un peu contrastées. Une première journée, le vendredi, accueillera plutôt des décideurs et des jour-

⁷ Par exemple, présence et présentation de BioGée au colloque virtuel « L'écologie, du labo à l'école », Bordeaux (et visio), 17 mars 2021. ⁸ Comment enseigner l'évolution et la sexualité face aux fondamentalismes ? Libération 12269 (20.11.2020): 21.

⁹ Et si le SARS-CoV-2 nous apprenait notre force collective ? Ouest-France 17/03/21: 27.

¹⁰ Urgence pour la biologie ! <https://www.telerama.fr/debats-reportages/urgence-pour-la-biologie-6843692.php>

nalistes sur un format de conférences et de débats. La journée du samedi, prolongée le dimanche matin, aurait une coloration plus généraliste et plus grand-public, pour s'ouvrir au maximum, notamment aux habitants de la ville qui hébergera ces journées et de sa métropole. Cette partie des journées pourra avoir lieu hors-salle, dans des tiers-lieux, sur de multiples sites.

Conférences, tables rondes, échanges avec le public seront à chaque fois à la base en salle : l'ensemble sera autant que possible filmé et mis en ligne pour une large diffusion, mais aussi pour contribuer à construire l'image de l'événement. Toutefois, on n'approche pas les citoyens qu'en les réunissant en amphithéâtre : d'autres actions sont à construire. Pour une adhésion de la population, nous pensons à des exposés et des débats en extérieur (par exemple en marge de marchés de rue ou dans des espaces verts), des visites pédagogiques, des valorisations de musées et de sites locaux... Un salon du livre sur le thème des journées appuiera l'ensemble en valorisant les libraires locaux : les éditions Actes Sud ont déjà manifesté leur intention de nous soutenir dans cet événement. Une ou deux soirées cinéma, autour de documentaires, et une conférence-événement avec un invité médiatique marqueront les fins de journées.

Quel avenir ?

BioGée est une voix collective pour que nos disciplines, les sciences et technologies du vivant, de la santé, de l'environnement et de la Terre, s'expriment plus fortement. Ces disciplines doivent venir aider les citoyens et les décideurs, notamment de demain, dans une modernité toujours plus complexe, voire inquiétante si l'on manque des clefs pour la décrypter.

Surtout, BioGée sera ce que nous la ferons, tous ensemble. Il faut du temps pour la faire grandir, aider à la recherche de financements, développer les actions et le cercle des adhérents. Si vous voulez rejoindre les membres actifs de BioGée, la porte vous est grande ouverte¹¹ : sans vous, cet espoir qu'est BioGée ne prendra pas forme !

Les membres actuels de BioGée (outre les membres adhérent à titre personnel) : le recrutement est encore ouvert et la liste est mise à jour sur notre site (<http://www.biogee.org/index.php/associations-organisations-institutions/>).

Académies :

- Académie d'Agriculture de France
- Académie de Médecine
- Académie des Sciences
- Académie Vétérinaire de France
- Académie Nationale de Pharmacie
- Académie des Technologies
- Institutions et Sociétés scientifiques :
- AFES (Association Française de l'Étude des Sols)

¹¹ Adhésion à BioGée : <http://www.biogee.org/index.php/adhesion/> ; pour vous proposer à aider la fédération de votre temps : contactez par mail Guillaume Nottet (guillaume.nottet@yahoo.fr).

- AFAF (Association Française d'Agroforesterie)
- AFL (Association Française de Lichénologie)
- ARDIST (Association pour la Recherche en Didactique des Sciences et des Technologies)
- ASF (Association des Sédimentologistes de France)
- ASPAS (Association pour la Protection des Animaux Sauvages)
- FFO (Fédération France Orchidées)
- Humanité et Biodiversité
- MNHN (Muséum National d'Histoire Naturelle)
- SB (Société de Biologie)
- SBF (Société Botanique de France)
- SEF (Société Entomologique de France)
- SFBBM (Société Française de Biochimie et de Biologie Moléculaire)
- SFBF (Société Française de Biologie du Développement)
- SFBV (Société Française de Biologie Végétale)
- SF2E (Société Française d'Écologie et d'Évolution)
- SFE (Société Française d'Endocrinologie)
- SFI (Société Française d'Immunologie)
- SFM (Société Française de Microbiologie)
- SFP (Société Française de Phytopathologie)
- SFS (Société Française de Systématique)
- SGF (Société Géologique de France)
- SHESVIE (Société d'Histoire et d'Épistémologie des Sciences de la Vie)
- SNHF (Société Nationale d'Horticulture de France)
- SMF (Société Mycologique de France)
- SZF (Société Zoologique de France)
- OFSV (Observatoire Français des Sols Vivants)
- SFG (Société Française de Génétique)
- SFMC (Société Française de Minéralogie et Cristallographie)
- SFB (Société Française de Biophysique)
- SPBI (Société de Physiologie et de Biologie Intégrative)
- SNE (Société de Neuroendocrinologie)
- SEOF (Société d'Études Ornithologiques de France)
- FFB (Fédération Française de Biotechnologies)
- FFSSN (Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles)
- JNE (Journalistes Écrivains pour la Nature et l'Écologie)

Associations liées à l'enseignement :

- APBG (Association des Professeurs de Biologie et Géologie)
- AFPSVT (Association pour la Formation des Professeurs de Sciences de la Vie et de la Terre)
- APES-LP (Association des Professeurs d'Enseignement Social des Lycées Professionnels)
- BiotechnoSE (Association française de professeurs de Biotechnologies Santé Environnement)
- UPA (Union des professeurs des classes préparatoires aux grandes écoles agro-

nomiques, biologiques, géologiques et vétérinaires)

- UPBM (Union des professeurs de Biochimie et Microbiologie)
- UNIRÉS (le réseau des universités pour l'éducation à la santé)
- CDUS (Conférence des Doyens et Directeurs d'UFR Scientifiques)(CDUS)
- SVTSUP
- Les petits Débrouillards

Fondations et associations d'entreprises

- Bon pour le climat
- Fondation Yves Rocher
- OREE (Organisation pour le Respect de l'Environnement dans l'Entreprise, plus de 180 membres : entreprises, collectivités, associations professionnelles et environnementales, organismes académiques et institutionnels)
- Terinov (cluster des Géosciences en Méditerranée, 21 membres)
- SHIFT project (think tank œuvrant pour une économie libérée de la contrainte carbone)

Liste des personnalités soutenant BioGée

Liste des personnalités soutenant BioGée (voir liste mise à jour sur <http://www.biogee.org/index.php/marraines-et-parrains-de-biogee/>).

- Alain Berthoz, Ingénieur, neurophysiologiste, grand prix du CEA de l'Académie des Sciences, professeur honoraire au collège de France
- Anne Atlan, Directrice de Recherches au CNRS en socio-écologie
- Armand de Ricqlès, Professeur émérite du collège de France
- Axel Kahn, Médecin-chercheur en génétique, Directeur de recherches à l'INSERM, Président de la Ligue Nationale contre le Cancer
- Barbara Demeneix, Professeur émérite au Muséum National d'Histoire Naturelle, Membre de l'Académie des Technologies, Membre associé de l'Académie de l'Agriculture
- Bruno Latour, Philosophe, sociologue, professeur émérite associé au médialab de Sciences Po
- Claude Debru, Professeur émérite à l'École normale supérieure (Ulm), membre de l'Académie des sciences et de l'Académie d'agriculture de France
- Clément Sanchez, Professeur au Collège de France et Membre de l'Académie des Sciences
- Danielle Nocher, Journaliste, fondatrice de Valeurs Vertes
- Francis Hallé, Botaniste
- Gilles Bœuf, Biologiste, professeur à l'UMPC, ancien président du Muséum National d'Histoire Naturelle
- Gilles Pipien, administrateur d'Humanité et Biodiversité
- Isabelle Autissier, Navigatrice et écrivaine
- Isabelle Moretti, Chercheur associé à la Sorbonne Universités et à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour, Membre de l'Académie des Technologies
- Jacques Perrin, Acteur, réalisateur de documentaires et producteur de cinéma, membre de l'Académie des Beaux-Arts
- Jamy Gourmaud, Journaliste, animateur de télévision et vulgarisateur
- Jean-François Mattéi, Professeur émérite de médecine, Membre de l'Institut

(Académie des Sciences morales et politiques) et membre de l'Académie de médecine

- Jean-Jacques Hublin, Professeur à l'Institut Max-Planck d'Anthropologie Evolutionnaire de Leipzig (Allemagne) et Professeur invité au Collège de France
- Jean-Louis Etienne, Médecin et explorateur, Membre de l'Académie des Technologies
- Jérôme Gaillardet, Professeur à l'Institut de Physique du Globe, Membre de l'Institut Universitaire de France
- Léo Grasset, Vulgarisateur scientifique sur la chaîne DirtyBiology, vidéaste et écrivain
- Marc Giraud, Ecrivain et chroniqueur animalier, naturaliste de terrain
- Mathieu Vidard, Producteur et animateur de la Terre au carré sur France Inter
- Pascal Picq, Paléoanthropologue, auteur, maître de conférences au Collège de France
- Philippe Janvier, Directeur de recherche émérite au CNRS et Membre de l'Académie des Sciences
- Philippe Descola, Professeur émérite du Collège de France et directeur d'études EHESS
- Philippe Kourilsky, Professeur émérite au Collège de France, Directeur général honoraire de l'Institut Pasteur et Membre de l'académie des sciences
- Philippe Taquet, Professeur émérite au Muséum National d'Histoire Naturelle
- Tania Louis, Docteure en virologie, médiatrice scientifique et autrice
- Vincent Albouy, Auteur naturaliste et ancien président de l'Office Pour les Insectes et leur Environnement
- Yves Coppens, Professeur honoraire au Muséum National d'Histoire Naturelle et Professeur émérite au Collège de France, Membre de l'Académie des Sciences et de l'Académie nationale de Médecine
- Yvon Le Maho, Ecophysiologiste, directeur de recherches au CNRS, Membre de l'Académie des Sciences

Assemblée générale de la fédération BioGée

Lors de l'assemblée générale de la fédération BioGée, le 29 mai 2021, un cycle de 5 conférences a été proposé en visioconférence. En voici leur résumé.

Rétrovirus et génome humain : une histoire évolutive par Thierry Heidmann directeur de recherche en Physiologie et pathologie moléculaire des rétrovirus endogènes et infectieux à l'Institut Gustave Roussy



Après rappel de la structure d'un rétrovirus et son cycle standard chez l'hôte, Thierry Heidmann insiste sur le rôle fondamental de l'intégrase du virus qui mène à l'intégration du provirus et en fait un rétrovirus endogène. C'est cette endogénisation dans des cellules germinales qui peut non seulement mener à l'intégration d'un gène viral dans le génome de l'hôte mais le rend transmissible dans un processus évolutif.

Plusieurs exemples de mise en évidence de la présence de certains gènes d'origine rétrovirale sont cités et développés.

1. Le gène ERV-L est signalé par électrophorèse avant la différenciation des Mammifères
2. Un « flagrant délit » récent évolutif a été mis en évidence chez le Koala en Australie : une infection par un rétrovirus a été révélée dans le N-E de l'Australie datant de moins de 100 ans. Le signal infectieux est suivi et révèle un déplacement de l'infection vers le Sud et le S-W. En effet, l'internalisation d'un tel rétrovirus dépend de la présence de 2 protéines dites SU et TM (trans-membranaire) dont la dernière possède un domaine ISD (immunosuppressif) caractéristique des rétrovirus intégrés. Ces deux protéines fusionnent en effet avec la membrane de l'hôte.

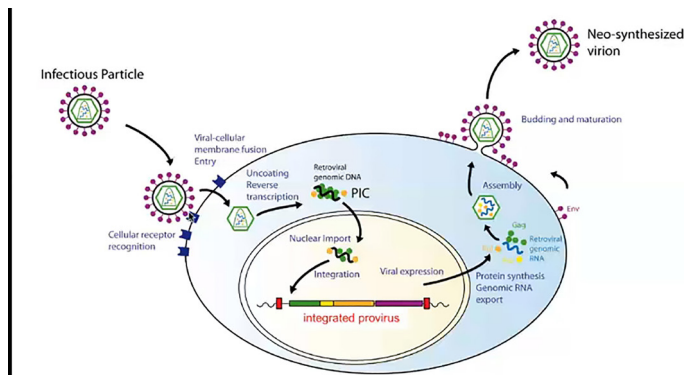


Figure 1. Le cycle de réplication d'un rétrovirus

3. La Syncitine du placenta est un remarquable résultat évolutif de l'intégration rétrovirale. Rappelons que si 2 cellules se rencontrent, elles peuvent fusionner et former un syncytium. Dans ce cas, l'une des cellules exprime une protéine d'enveloppe virale tandis que l'autre celle d'un récepteur complémentaire. Ceci est repérable expérimentalement in vivo par fluorescence verte en 10 h environ.

On a mis évidence dans l'arbre phylogénétique des Primates, 2 divergences l'une présentant la Syncitine 1 (gène au même endroit dans le génome) chez les « Singes de l'ancien monde », l'autre la Syncitine 2 chez les « Singes du nouveau monde ». Ceci est repérable dans des coupes de villosités placentaires dont la fusion des cellules répond au modèle stochastique protéine - récepteur (syncytiotrophoblaste # cytotrophoblaste).

Si l'on prend la Souris comme modèle, ce sont des Syncitines A et B différentes de 1 et 2 mais jouant les mêmes rôles. Cependant, elles n'ont pas été intégrées au même moment. Elles sont exprimées à la surface du placenta mais pas dans l'embryon. On a pu par ailleurs mettre en évidence par transgénèse artificielle que la Syncitine A knockout (sans gène de la Syncitine 1) est létale pour l'embryon.

Conclusion : L'apparition des Placentaires remonte à environ – 150 Millions d'années. Le domaine ISD de la protéine d'origine rétrovirale est fondamental pour tolérer une gestation. Pour ce faire, le placenta résulte de la rencontre d'un ou plusieurs rétrovirus fondateurs communs des différentes Syncitines.

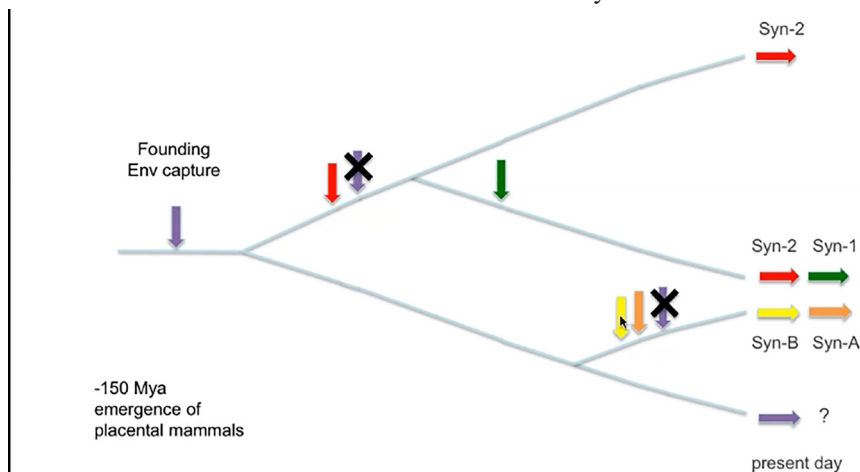


Figure 2. une hypothèse de travail pour résoudre un paradoxe : l'évolution des syncitines, son intégration au hasard dans le génome

Les rétrovirus justifient un haut potentiel de recherche dans les phénomènes immunologiques tels que le non rejet des cellules tumorales ou placentaires par l'organisme hôte. A tel point que l'on pourrait jusqu'à dire que le placenta serait une tumeur temporaire... Les rétrovirus endogènes sont à l'origine de rétrotransposons importants (éléments mobiles, moteurs de l'évolution).

*Approche écologique et évolutive du cancer par
Frédéric Thomas directeur de recherche CNRS au
Centre de recherches écologiques et évolutives sur
le cancer de l'Université de Montpellier*



Une tumeur est caractérisée avant tout par de la diversité cellulaire ce qui mène à constater que les thérapies actuelles mènent à la sélection de variants cellulaires résistants en éliminant les sensibles. Les cancers sont connus dans beaucoup d'espèces depuis plus de 500 millions d'années avec la pluricellularité et il est paradoxalement non transmissible au-delà de la mort de l'individu.

Une hypothèse serait alors la convergence évolutive des cancers.

L'autre hypothèse serait que les cellules tumorales résultent de la réactivation d'un programme d'unicellulaire ancestral.

Il existe cependant des cancers directement transmissibles au sens « contagieux » et non infectieux (d'origine virale comme le papillomavirus) du terme.

Tel est le cas des Diables de Tasmanie très agressifs entre eux, dont les morsures assurent la transmission de cellules tumorales ce qui expliquerait l'extinction de 75% de la population actuellement protégée.

Chez des Bivalves, des leucémies ont été mises en évidence, des cellules tumorales étant capables de survivre dans l'eau de mer et de contaminer ainsi d'autres espèces de Bivalves.

Si l'on reprend l'exemple du diable de Tasmanie, on a constaté que les individus du Nord sont devenus résistants au 1^{er} cancer qui dans le temps a causé leur extinction mais que depuis 26 ans, un 2^{ème} cancer émerge. On rapproche cela de l'absence de prédateurs aux diables de Tasmanie qui sont des charognards.

Il y aurait donc une vulnérabilité différentielle au cancer selon les espèces.

Citons le paradoxe de Peto qui affirme que les animaux de grande taille ont moins de cancers que les espèces de petite taille. Quels secrets anti-cancers détendraient ces espèces ? Pour le moment, on a mis en évidence l'existence de 20 copies d'un même gène immunosuppresseur de cancer chez l'Éléphant à la différence de l'Homme qui n'en possède qu'une. On a noté également que les Rats-Taupes glabres ont une espérance de vie supérieure de 30 ans à celle des Souris.

On peut alors s'orienter vers des thérapies plus adaptatives puisque par exemple, dans le cas du cancer de la prostate, en appliquant des doses minimales de substances anticancéreuses sur un long laps de temps, on n'élimine pas seulement les cellules tumorales exclusivement sensibles, on maintient la biodiversité entre les différents types de cellules donc un équilibre au détriment des cellules résistantes.

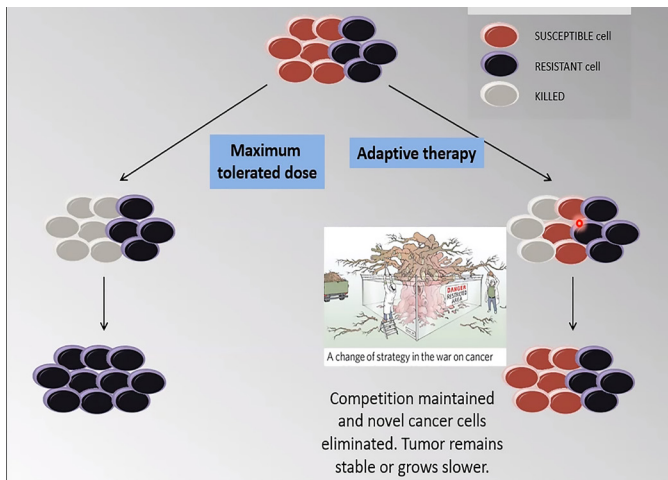


Figure. Principe de la thérapie adaptative

Les écosystèmes microbiens et leur impact sur le climat ? Par Emmanuelle Vennin, Professeure (MNHN et université de Bourgogne-Franche-Comté)



Emmanuelle Vennin étudie les tapis microbiens. Ces derniers sont des structures organo-sédimentaires laminées comportant une grande biodiversité microbienne aux métabolismes différents intercalée entre des microbialites, dépôts minéralisés.

Ils font partie du registre fossile depuis 3,5 Milliards d'années, partout, quelles que soient les conditions environnementales, extrêmes ou non, d'eau douce ou marines. Ils font partie des archives sédimentaires géologiques. Leur étude s'est justifiée par leur porosité dans le piégeage des hydrocarbures, ou leur lien avec les fumeurs noirs.

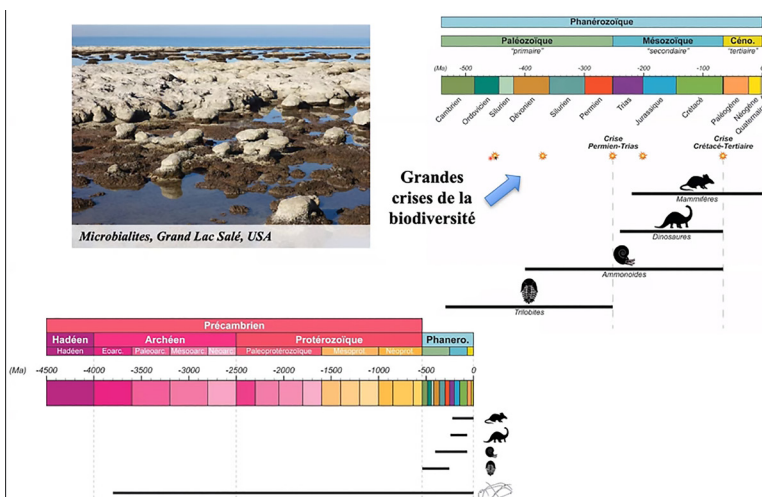


Figure. Pourquoi s'intéresser aux dépôts microbiens tout au long de l'histoire de la Terre ?

L'enjeu actuel de leur étude est de savoir dans quelle mesure les dépôts microbiens qui métabolisent donc le carbone, pourraient contribuer à la recapture et donc le stockage du CO₂. La difficulté est que, il faudrait faire des carbonates qui fixent du CO₂ sans qu'il y ait dissolution donc de façon abiotique, à partir des hydrogène-carbonates et de calcium.

On sait aussi que la précipitation des carbonates a également une origine biotique. Il faut donc identifier les métabolismes des tapis de communautés microbiennes piégeant le CO₂. Des modèles ont été réalisés pour suivre la minéralisation et donc le piégeage du CO₂. Différentes morphologies ont été cartographiées afin de constituer une banque de données de reconnaissance des tapis performants, tout cela en tenant compte des paramètres locaux. On repère ensuite leur préservation dans le temps.

Par exemple, dans des lagunes au large de Cuba, des études de tapis microbiens ont été réalisées. Par ailleurs, on peut affirmer qu'il y a une relation entre l'abondance de ces tapis microbiens, la saturation en calcite des océans et les crises de la biodiversité durant les temps géologiques, sachant en réalité qu'une toute partie d'entre eux ont été préservés.

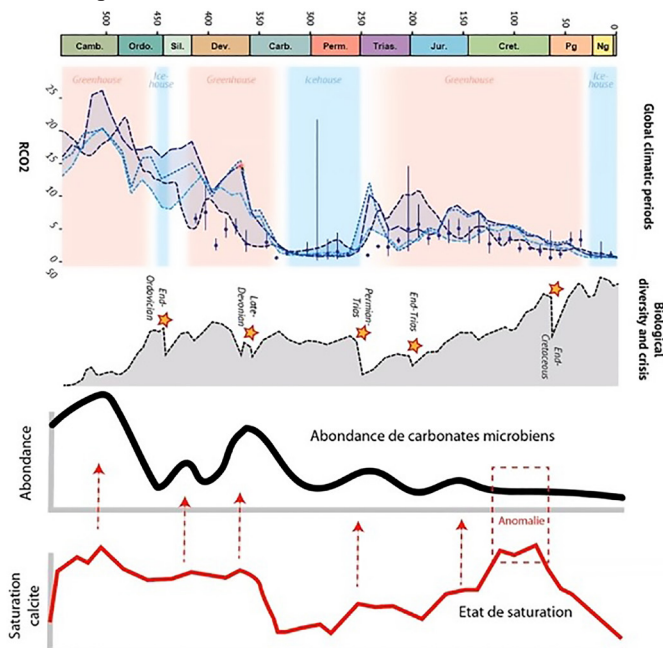


Figure. Evolution de l'abondance des tapis microbiens en fonction des variations climatiques (Modifié de Réding & Liang. 2005)

Les travaux de recherche d'Emmanuelle Vennin en Bourgogne portent sur l'évaluation du taux de CaCO₃ piégé donc la quantité de CO₂ fixé dans des écosystèmes continentaux (tuffats de rivières, systèmes de précipitation de grandes quantités de carbonates). En effet, cette étude n'avait jamais été entreprise.

Conclusion : des systèmes actuels existent qui piègent du CO₂ définitivement !! La constitution de « piscines à tapis microbiens » est probablement une des solutions au réchauffement climatique.

L'évolution, belle endormie ? Par Marc-André Selosse



Comme on doit s'y attendre, Marc-André Selosse introduit son sujet sur le constat que l'originalité a souvent été mise en évidence à partir du végétal, citant les travaux historiques de Lamarck, Darwin, De Vries et Mendel notamment. Ces derniers, chacun à leur tour, introduisent les notions de variation donc diversité, tri par sélection et dérive génétique, menant à la biodiversité cette dernière s'appuyant sur les mutations et les recombinaisons.

Or si l'évolution est admise, elle est oubliée et l'on a tendance à en confondre les causes et les effets. Elle est trop souvent manipulée et maladroitement interprétée ou utilisée.

Trois exemples sont repris :

Exemple 1 : La façon d'utiliser des herbicides comme les glyphosates, dans le but d'éliminer une espèce indésirée puis d'appliquer ensuite le Round Up, a abouti à la sélection de *Conyza* résistants. Il n'y a plus par exemple aux USA, que des écosystèmes résistants au glyphosate, ce qui constitue une « victoire à la Pyrrhus » dans un laps de temps très court.

Exemple 2 : Dans le même ordre d'idées, au Pays-Bas, le Tébucanazole est utilisé dans les champs de Tulipes comme antifongique spécifique d'*Aspergillus fumigatus*. Ce dernier est opportuniste des 10% d'individus immunodéprimés (maladie pulmonaire). Le résultat actuel de ce traitement systématique est que 90% des infections humaines sont devenues résistantes.

Venant au concept One health, ce dernier prône la santé des organismes au sein de celui des écosystèmes.

Exemple 3 : L'impact de la pratique de tri des proies pêchées selon la taille aboutit actuellement à une reproduction des individus nains : on n'a pas vu à long terme !

Les leçons implicites de l'évolution peuvent être tirées finalement sur deux exemples actuels :

- Dans le cas des trithérapies (utilisation de 3 anti-viraux pour 3 cibles différentes), si la probabilité d'acquisition de la résistance par la cible est de l'ordre de 10^{-6} par antiviral, cela amène à 3×10^{-18} la probabilité d'acquisition de la résistance simultanée aux 3 antiviraux. Or dans une population comportant un individu infecté et qu'il est traité à la trithérapie, il n'y a qu'une chance sur 10^{-18} qu'il devienne résistant, ce qui est trop peu au regard de l'évolution. C'est un mur sélectif.
- Les travaux de Jean-Benoît Morelle de l'UMR BGPI sur le riz nous montrent que dans la province du Yuanyang, une forte diversité génétique entretenue par échanges de graines entre les habitants, permet de se passer de traitement fongicide. En effet, dans cette province, on cultive un mélange de deux espèces de riz (le japonais et l'indien), avec de bons rendements. Si l'on inocule des cellules d'une espèce sur les deux, la sporulation ne marche que sur l'espèce inoculée. Les agriculteurs utilisent les graines récoltées et échangées entre les villages, ce qui entretient une forte hétérogénéité. Si le gouvernement encourage à l'homogénéité...

généralisation des cultures, cela offre un boulevard à l'agent pathogène faute de mur sélectif.

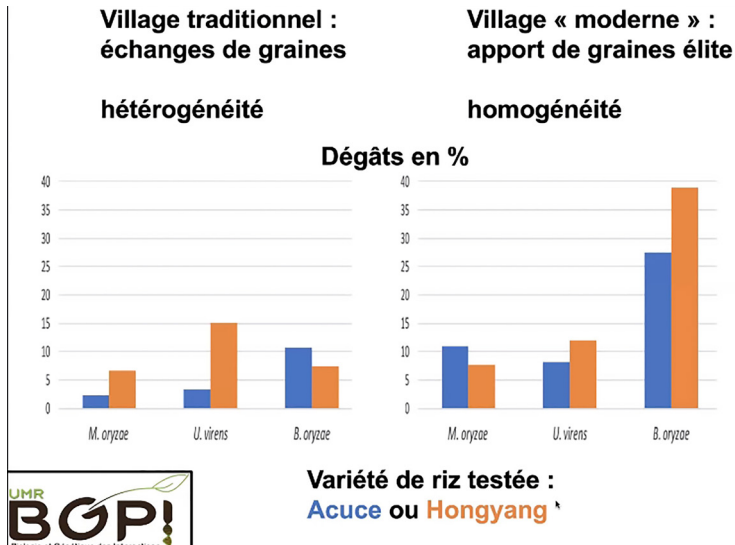


Figure. Comparatif de l'effet de la biodiversité des culture de riz sur les dégâts observés

- De tels murs sélectifs se sont mis en place contre nous- même avec la perte de fertilité occidentale en corrélation avec les intrants chimiques.

Conclusion : Les murs sélectifs sont des outils placés empiriquement qui montrent qu'on méconnaît l'évolution dans les domaines agricoles, sanitaires etc... qui se retournent contre nous.

« Comment fonctionne le GIEC ? Focus sur le rapport spécial sur l'océan et la cryosphère dans un climat en évolution » par Valérie-Masson-Delmotte, Chercheur senior au CEA, Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement à l'Institut Pierre-Simon Laplace, université de Paris-Saclay.



Le contexte de cette présentation est que le climat change du fait du déséquilibre du bilan d'énergie de la Terre en ajoutant des gaz à effet de serre qui piège de la chaleur. Cette chaleur qui s'accumule, conduit au réchauffement de l'air, au réchauffement des sols et à la fonte des sols gelés, à la fonte du manteau neigeux, de la banquise arctique du Groenland, des glaciers. 3% du déséquilibre du bilan d'énergie de la Terre et le plus gros de la chaleur s'accumulent dans l'océan. Cela illustre un aspect par lesquels l'océan et les glaces jouent un rôle- clé dans le fonctionnement du climat. Cette chaleur accumulée dans l'océan se propage en profondeur et rend d'ailleurs le changement climatique qui a déjà eu lieu irréversible. De plus, l'océan et les glaces font partie d'un ensemble de rétroactions qui façonne la réponse du climat à l'échelle globale et à l'échelle régionale.

Nous sommes dans le 6^{ème} cycle d'évaluation du GIEC, le groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat qui a été mis en place en 1988. Le GIEC fonctionne avec une assemblée plénière qui regroupe les représentants de tous les pays et un bureau de 34 personnes qui sont des scientifiques comme Valérie Masson-Delmotte élus pour un mandat qui s'étend actuellement de 2015 à 2023 dont le rôle est de superviser la préparation de rapports et un secrétariat qui est basé à l'organisation météorologique mondiale à Genève. Pour ce cycle d'évaluation, trois rapports spéciaux doivent être rendus. Ce fut fait en 2018 et 2019 et le troisième est en phase de finalisation. Le troisième rapport spécial sera soumis à l'approbation de tous les pays pour son résumé pour décideurs dans une session virtuelle la dernière semaine de juillet la première semaine d'août. Il sera publié normalement le 9 août 2021 avec beaucoup d'éléments nouveaux dont un atlas interactif qui peut être intéressant comme outil également pédagogique.

Le GIEC ne fait pas de recherche, il ne fait ni observations ni scénarios ni modélisations, mais il s'appuie sur les travaux de recherche qui sont faits dans les centres de recherche dans les Universités partout dans le monde. Il conduit à une évaluation critique de l'état des connaissances sur le climat et son fonctionnement, son évolution future, sur les risques liés au climat et sur les options d'actions dont l'adaptation l'atténuation. Tout cela à partir des publications scientifiques avec un mandat de le faire avec rigueur, exhaustivité, objectivité et transparence pour les rapports spéciaux. C'est environ une centaine d'auteurs qui les rédigent avec également quasiment autant de contributeurs et des centaines de relecteurs. Ce travail passe par une relecture critique qui est cruciale en fait pour la qualité de l'évaluation. Le GIEC a pour mandat d'être pertinent mais il est non prescriptif donc il ne recommande pas une certaine action dans un certain contexte où un certain pays, mais il propose différents choix possibles pour atteindre un certain nombre d'objectifs : par exemple limiter le réchauffement à tel ou tel niveau.

Il y a 40000 publications chaque année dans le monde avec le mot-clé changement climatique. En distillant ce qui est robuste, solidement établi et confirmé, ce qui est émergent et potentiellement important mais qui mérite d'être confirmé, mais aussi pourquoi est-ce qu'on a des limites et des frontières à nos connaissances et enfin quels sont les verrous scientifiques, le GIEC contribue à une maturation des connaissances pour l'ensemble de la communauté scientifique. Cette entrée vers de très larges champs de connaissances également très utiles pour l'enseignement.

Le rapport sur l'océan et la cryosphère a été rédigé par 104 auteurs de 36 pays avec une vraie difficulté à identifier et à amener à bord des chercheurs africains. Il y a un vrai manque d'une communauté scientifique en Afrique qui travaillent sur l'océan profond au delà des zones côtières et sur les enjeux immédiats pour la pêche. Afin de contribuer à la qualité de l'évaluation, ce rapport a été enrichi plus de 30000 commentaires issus d'experts nommés par les gouvernements. Un des points clé est que l'océan et la cryosphère sont des composantes du système climatique. L' influence humaine déjà une empreinte majeures depuis le haut des montagnes jusqu'au fond de l'océan et les changements qui ont démarré et l'effet du temps de réponse de l'océan, des glaciers et des calottes polaires vont se poursuivre pour des générations à venir.

C'est un rapport où on met l'accent sur les effets en cascade : nous perturbons le climat qui réagit avec des changements physiques, biogéochimiques qui affectent les

écosystèmes, leurs fonctions, leurs services et cela avec conséquences sur les activités humaines. La réponse des sociétés humaines par l'adaptation par l'action vis-à-vis des émissions de gaz à effet de serre va jouer un rôle déterminant sur les risques, sur l'exposition, sur la vulnérabilité aux conséquences d'un climat qui change.

Pour les hautes montagnes, environ 670 millions de personnes dans le monde vivent directement à proximité de la cryosphère de haute montagne, des zones enneigées ou glacées, et des sols gelés. Plusieurs milliards de personnes dépendent du fait que cette cryosphère de haute montagne car elle stock des précipitations pendant la saison d'enneigement et fournit de l'eau dans les fleuves pendant les saisons sèches. Dans ces régions de haute montagne on observe un recul généralisé des glaciers du fait de conditions plus chaudes, on en est aujourd'hui à plus de un degré de réchauffement en moyenne par rapport à la fin du 19^{ème} siècle. Un réchauffement plus prononcé au dessus des continents en moyenne, déjà de l'ordre d'un degré et demi, entraîne un recul de l'enneigement de printemps de moyenne montagne de même qu'un recul des sols gelés, le pergélisol. Cela affecte les risques naturels locaux : par exemple des glissements de terrain, des éboulements, des avalanches, un risque d'inondation est aussi un impact sur la biodiversité qui dépend et qui est adapté à la présence de la cryosphère. Les effets ne sont pas que locaux mais ils sont aussi en aval puisque quand un glacier fond d'abord il va apporter davantage d'eau de fonte dans les rivières et dans les fleuves. Ainsi, à un moment donné, on atteindra un pic de disponibilité en eau. Ensuite le glacier aura tellement reculé que le débit d'eau va se réduire pendant la saison sèche. Donc l'évolution de la disponibilité de l'eau pour les ménages, l'agriculture où la production d'hydroélectricité, affectera aussi les communautés situées largement en aval, avec des enjeux majeurs en particulier autour des alpes, autour du Tibet ou bien autour des Andes. Les régions peu englacées : par exemple du côté de l'Europe de l'Afrique de l'est, des zones tropicales et de l'Indonésie devrait perdre plus de 80 % de la masse de leurs glaciers d'ici à 2100. Si les émissions de gaz à effet de serre continuent à augmenter fortement la disparition de nombreux petits glaciers de glaciers de basse altitude est inéluctable au cours de ce siècle. Mais les atteintes sur les glaciers de très haute montagne peuvent être encore limitées en réduisant l'ampleur du réchauffement climatique. Sans cela, on continuera à avoir des effets négatifs sur la culture des populations locales sur certaines activités récréatives de loisirs, de tourisme et sur cet aspect là bien sûr limiter le réchauffement au niveau le plus bas possible donnera plus de marge de manœuvre pour l'adaptation vis-à-vis de l'approvisionnement en eau ou pour les risques liés aux aléas en montagne. Pour donner un exemple spécifique au contexte français, avec tous ces enjeux en matière d'emploi et de ressources économiques pour les communautés locales, la diversification touristique c'est aussi une option de réponse qui peut permettre de limiter les effets négatifs de la baisse de l'enneigement sur l'industrie du ski.

Pour donner un ordre de grandeur sur la quantité de chaleur accumulée dans l'océan quasiment la moitié ces dernières décennies a été accumulée dans l'océan austral près de l'antarctique. C'est pourquoi les régions polaires jouent également un rôle important vis-à-vis :

- de la quantité d'eau qui est stockée sous forme de calotte avec des implications sur le rythme de montée du niveau des mers ;
- de l'albédo, car les zones enneigées et en glace ont un effet réfléchissant du

rayonnement solaire. Cela contribue à certains aspects d'amplification du changement climatique en particulier en arctique où ils sont déjà observés ;

- de la glace de mer qui héberge des écosystèmes très spécifiques en arctique et en antarctique ;
- de la circulation océanique planétaire ;
- de l'acidification de l'océan, car il absorbe 30% de nos émissions de CO₂ et certaines régions polaires sont aux avant-postes des conséquences de cette acidification de l'océan.

Les calottes du Groenland et de l'Antarctique étaient à peu près à l'équilibre jusqu'aux années 1990 et maintenant, du fait de deux mers plus chaudes, la perte de la masse des glaces du Groenland par fonte et de l'Antarctique par un glissement plus rapide des parties flottantes drainant des zones de glace intérieure plus ancienne, contribue à la montée du niveau des mers. La fonte de l'ensemble de la cryosphère donc les glaciers partout et les calottes polaires est devenu le facteur dominant de l'élévation du niveau de la mer en plus du fait que l'océan en se réchauffant se dilate. En raison du temps de réponse et du temps d'ajustement des glaciers et des calottes polaires en réaction au réchauffement qui a déjà eu lieu et qui est en cours, la planète va continuer à connaître une élévation du niveau des mers à des échelles de temps de plusieurs siècles ou davantage.

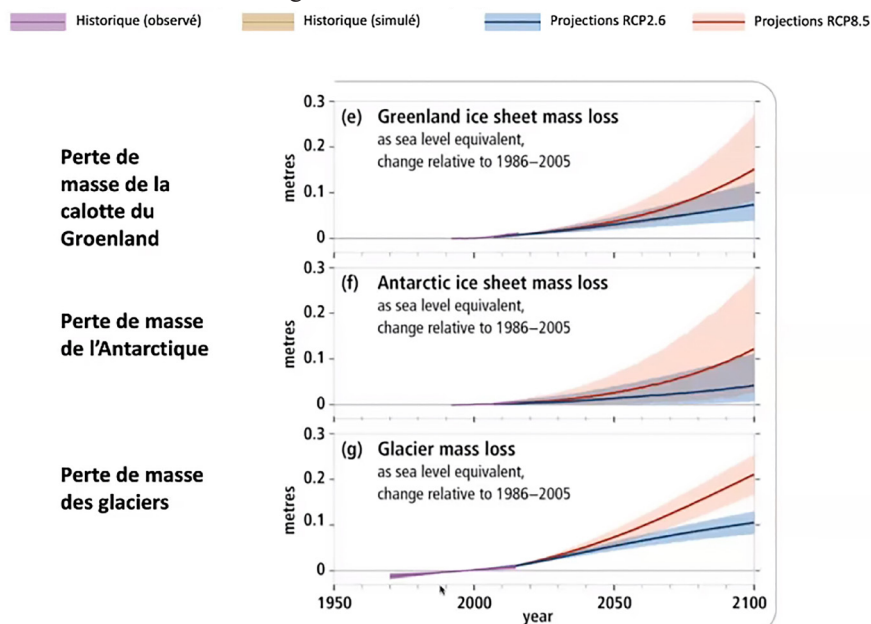


Figure 1. Changements historiques (observés et/ou simulés) et projections selon les scénarios RCP2.6 et RCP8.5

Ce document illustre la fonte de la cryosphère et en particulier sur la période 1950 – 2100. En violet c'est ce qui est observé en bleu c'est ce qui est simulée dans un scénario de baisse forte des émissions de gaz à effet de serre qui conduit à un réchauffement en dessous de 2 degrés au cours de ce siècle, en rouge c'est un scénario extrême de très fortes émissions croissantes de gaz à effet de serre en l'absence de politique climatique qui conduit à un réchauffement de plus de 4 degrés par rapport

à 1850-1900 à la fin de ce siècle. Malgré ces deux situations contrastées, dans tous les cas la poursuite du recul des glaciers s'accroît. Pour le Groenland, entre un scénario de fortes actions pour limiter les rejets de gaz à effet de serre ou un scénario très intensif en rejets de gaz à effet de serre, le rythme de fonte ne diverge de plus en plus qu'à partir de la moitié de ce siècle avec des résultats très différents en fin de siècle. La principale incertitude est le devenir des glaces terrestres de l'Antarctique et l'occurrence en fait de points de vulnérabilité qui pourraient conduire à avoir de manière irréversible une accélération d'écoulement dans certains secteurs où la ligne d'échouage de la glace se situe sous le niveau des mers. Cela concerne plusieurs secteurs de l'antarctique de l'est et une grande partie de l'antarctique de l'ouest.

Un autre aspect de la cryosphère est la banquise la glace de mer. Il n'y a pas de tendance nette depuis 1979 pour l'antarctique. Du côté de l'arctique, la glace de mer diminue tout au long de l'année et s'amincit. Dans les projections, si le réchauffement global est limité à un niveau très proche de l'actuel, donc avec une baisse massive radicale des émissions de gaz à effet de serre, l'océan arctique continuerait à perdre de la glace de mer. Si le réchauffement est limité à 1,5°C (par rapport à 1850 – 1900), l'Océan arctique ne serait libre de glace en septembre (le mois avec l'extension la plus petite) seulement une fois par siècle. Pour un réchauffement de l'ordre de 2 degrés cela passerait à une année sur trois.

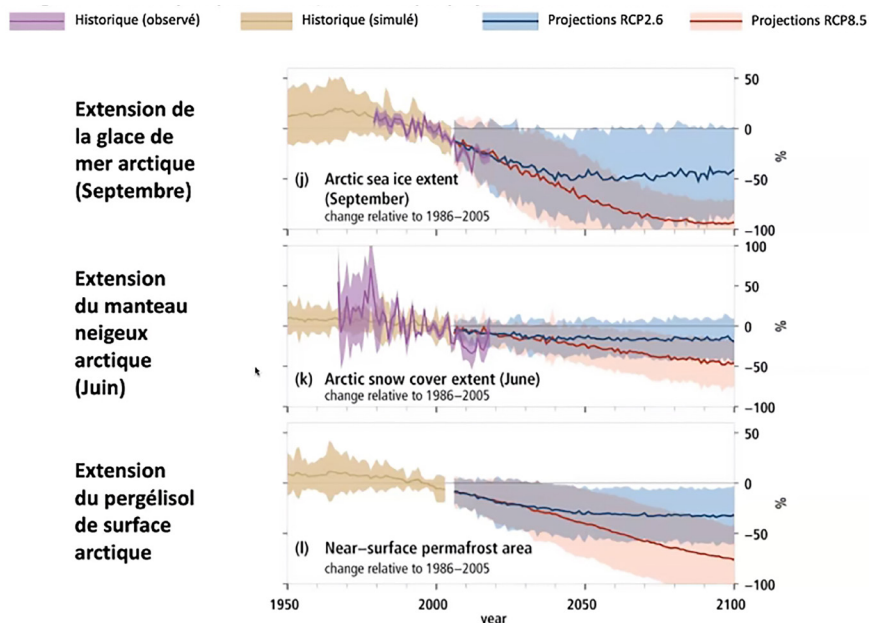


Figure 2. Changements historiques (observés et/ou simulés) et projections selon les scénarios RCP2.6 et RCP8.5

Pour chaque demi-degré supplémentaire, c'est vraiment une évolution très différente de la cryosphère du côté de l'arctique mais aussi pour ses conséquences aussi bien pour les écosystèmes que pour les activités humaines.

Il y a aussi des conséquences sur les sols gelés, en effet les sols gelés de l'arctique stockent de la matière organique qui représente l'équivalent de deux fois la quantité

de carbone qui est déjà présente dans l'atmosphère. Pour un réchauffement de l'ordre de 2 degrés, environ un quart des sols gelés de surfaces (3 - 4 mètres de profondeur) va dégeler d'ici à 2100. Pour un réchauffement de l'ordre de 4 degrés, ce sont environ trois quarts de cette surface qui pourraient être perdus.

Donc un recul de la glace de mer arctique dans tous les cas ainsi qu'un recul du couvert de neige au printemps ont un rôle important dans le fait que l'amplitude du changement de température est plusieurs fois plus élevé autour de l'arctique qu'en moyenne planétaire. En effet, du fait de la perte de cet effet miroir de la neige et de la glace, on observe, dans un scénario de d'action ambitieuse pour le climat, un recul qui se poursuit tant que le climat se réchauffe et qui se stabilise dès que le niveau de réchauffement se stabilise. Dans un scénario plus pessimiste, on observe un recul qui se poursuit de manière très importante et là on rentre également dans une zone d'incertitude sur la quantité de gaz à effet de serre supplémentaires qui seraient rejetés dans un scénario de fort réchauffement.

Plus on a une perturbation profonde, plus nos projections deviennent incertaines par rapport à l'ampleur des réactions possibles. En Arctique, il y a 4 millions de personnes qui y vivent, en particulier des peuples autochtones qui sont déjà en fait en train d'adapter leur mode de vie, leurs déplacements, leurs activités saisonnières aux conditions de sécurité et le succès de leur adaptation dépend aussi des ressources disponibles, des financements, de l'appui institutionnel dont ils peuvent disposer.

La hausse du niveau des mers est un aspect important en particulier pour la France (métropole et dans les outre-mer). Son littoral est très étendu avec des deltas, des zones de basse terre est aux premières loges vis-à-vis de l'érosion associée à la fois la montée graduelle du niveau des mers et à des événements de très haut niveau marin qui parce que le niveau des mers monte, sont de plus en plus fréquents et atteignent des niveaux plus importants décennie après décennie.

Aujourd'hui 65 millions de personnes vivant dans les petits états insulaires en développement sont aux premières loges. Sur les zones côtières basses dans le monde, c'est plus de 600 millions de personnes qui sont impactées. On estime que ce sera un milliard de personnes en 2050. Les zones littorales concentrent des infrastructures stratégiques : les ports, les infrastructures industrielles, les infrastructures de transport et beaucoup de très grandes villes. Dans les pays en développement ce sont ces villes qui sont en croissance la plus forte avec beaucoup d'habitat informel particulièrement vulnérable. Donc au cours du 20^e siècle, le niveau moyen de la mer a augmenté d'environ 15 cm. Son rythme de montée est maintenant plus de deux fois plus rapide, soit environ 3 à 6 mm par an sur la décennie 2005 – 2015. Il y a eu une accélération du fait de la contribution croissante du Groenland et de l'antarctique et le rythme s'accroîtra encore dans le cas où les émissions de gaz à effet de serre stagnent ou augmentent. Donc la seule manière de parvenir à limiter la montée à venir, c'est une forte réduction des émissions de gaz à effet de serre. Mais même dans ce cas là, la montée du niveau des mers va se poursuivre à une échelle de temps de plusieurs siècles. A la fonte des glaciers de l'antarctique et du Groenland on ajoute l'augmentation de la quantité de chaleur dans l'océan et donc sa dilatation.

Les projections à horizon de 2100 sont donc environ 50 cm en cas de limitation du réchauffement largement en dessous de deux degrés et de l'ordre de 1 mètre voire

en fait davantage à horizon de 2300 dans un cadre de très fortes émissions de gaz à effet de serre d'absence de politique climatique. On est dans une grande incertitude pour l'écoulement antarctique. Le niveau des mers en moyenne monte et cela s'ajoute aux tempêtes et aux marées du siècle avec des records de niveaux marins extrêmes. Ce qui se produisait une fois par siècle dans le passé peuvent se produire une fois par an à horizon 2050 dans toutes les régions. Les risques liés à la montée du niveau des mers dépendent des capacités de réponse. Elles ne sont pas les mêmes dans les grandes villes qui peuvent durcir les ouvrages de protection. Pour des grands deltas agricoles ou des petites communautés y vivent, les options de réponses pour protéger l'existant sont variées : des ouvrages de protection ; des systèmes d'alerte précoce. Dans tous les cas cela demande un débat démocratique approfondi pour répondre de manière juste. Pour tous ces aspects comme pour beaucoup d'autres, les personnes les plus exposées, les plus vulnérables ont souvent une moindre capacité à agir et donc il est nécessaire qu'une coopération et d'une solidarité dans chaque pays mais également entre les pays.

Concernant la vie marine, parce que le fait que l'océan se réchauffe que l'océan absorbe du CO₂, cela conduit à son acidification à une baisse de pH 1, les océans plus chauds se mélangent moins bien. Cela limite la capacité de l'océan à stocker de l'oxygène en profondeur. Il y a également des vagues de chaleur marine qui sont beaucoup plus fréquentes (20 fois plus fréquentes parfois jusque encore dix fois plus fréquente à l'avenir que pour le climat pré industriels) ce qui est une conséquence de l'accumulation de chaleur dans l'océan et bien sûr cela affecte la vie marine, sa répartition, sa productivité. Les espèces de poissons se déplacent des régions tropicales vers les régions tempérées, des régions tempérées vers les régions froides, en surface et même au fond de l'océan. Il y a déjà une baisse du potentiel de pêche dans les régions tropicales et elle va se poursuivre. Une baisse du potentiel de prises de pêche va se poursuivre avec des enjeux de sécurité nutritionnelle, alimentaire pour les nutriments, pour les protéines de ceux qui dépendent principalement d'une alimentation issue de l'aquaculture ou de la pêche.

Il y a aussi un ensemble de risques pour les écosystèmes marins qui va dépendre fortement du niveau de réchauffement et des émissions de gaz à effet de serre à venir. Les plus concernés pour un niveau de réchauffement actuel ce sont :

- les récifs de coraux tropicaux ;
- les forêts de laminaires ;
- les prairies côtières ;
- les systèmes de surface des côtes rocheuses et des marais salés ;
- les coraux d'eaux froides au large de nos côtes ;
- les écosystèmes des estuaires, des plages sableuses et puis des mangroves ;
- et enfin même la vie marine dans les grandes plaines abyssales.

Ces écosystèmes vont être affectés graduellement et avec une intensité de sévérité qui va dépendre à la fois du niveau de réchauffement à venir et aussi de la vitesse à laquelle se fera la montée de la température.

Alors il y a beaucoup d'enjeux de ce point de vue là réduire les pollutions locales pour limiter les acteurs de stress, renforcer la gestion durable des pêcheries, étendre les zones marines protégées. Cela fait partie des leviers d'action pour permettre à

l'océan d'être plus résiliants et puis pour donner aussi aux populations qui en dépendent des possibilités de minimiser les risques pour leurs moyens d'existence (par exemple pour les activités de pêche ou les activités de tourisme).

Conclusion : Il y a beaucoup de ressources dans ce rapport, des ressources également pédagogiques qui résument sous forme schématique ce qui a été précisé par VMD. C'est un rapport qui souligne l'importance de l'éducation pour le climat et qui conclut en soulignant que plus nous agissons tôt mieux nous serons en mesure de faire face aux changements inévitables de gérer les risques, de vivre mieux, en assurant la soutenabilité des écosystèmes et des populations pour les décennies à venir avec l'importance d'agir de manière ambitieuse à coordonner et tenace.

Accéder au rapport du GIEC sur la l'Océan et la cryosphère : <https://www.ipcc.ch/srocc/>

