

Académie Vétérinaire de France, séance du 27 février 2020

Une santé : biologie et médecine de l'évolution.

Introduction

Yves le Floc'h Soye, vice-président de la Section III, Santé publique vétérinaire, Académie Vétérinaire de France.

Nous vivons dans un univers en évolution et tentons de déchiffrer ses multiples messages qui ne traitent pas de certitudes mais de possibilités. Le succès de la science a eu pour prix la spécialisation des savoirs ; l'unicité des disciplines de la connaissance est nécessaire pour aborder la problématique de l'évolution dans une approche intégrative aussi rigoureuse que les approches réductionnistes réussies. Le pluralisme explicatif est nécessaire pour comprendre les processus complexes produits par la nature dont l'instabilité est compensée par un renouvellement infini de propriétés émergentes. La connaissance complexe, ce n'est pas une connaissance complète mais une connaissance qui reconnaît l'incertitude en son sein, qui sait qu'elle n'est pas absolue, mais qui veut relier pour essayer de voir les différents aspects d'une même réalité.

"C'est grâce aux processus irréversibles associés à la flèche du temps que la nature réalise ses structures les plus délicates et les plus complexes. La vie n'est possible que dans un univers loin de l'équilibre (...) A l'équilibre la matière est aveugle, alors que loin de l'équilibre elle commence à voir." écrit Ilya Prigogine, Prix Nobel de chimie 1977 dans *La fin des certitudes*, 2009.

Or, non seulement les êtres vivants naissent, vieillissent et meurent, mais aussi les montagnes ou même les étoiles. On sait aujourd'hui que l'univers observable a eu un début et aura une fin. L'évolution de l'univers apparaît donc comme un processus de dissipation d'énergie. Les êtres vivants, les montagnes, les étoiles sont des *structures dissipatives*. Elles n'existent que grâce à un flux permanent d'énergie qu'elles dissipent. Un consensus se fait actuellement jour sur le fait que ces structures s'auto-organisent pour maximiser la vitesse à laquelle l'énergie se dissipe.

Le physicien François Roddier avec j'ai eu l'opportunité de m'entretenir en compagnie de Clément Sanchez, Professeur au Collège de France, chaire Chimie des matériaux hybrides, membre de l'Académie des Sciences et de l'Académie des Technologies, a écrit un ouvrage : *Thermodynamique de l'évolution*, 2012, dans lequel il a développé une intéressante réflexion, entre autres sur le concept de *structure dissipative* des physiciens qui s'applique aussi bien à la matière inerte qu'à la matière vivante. Je vais en présenter quelques aspects.

Dans un univers où tout évolue, comment connaître les lois qui régissent son évolution ? Il existe une grandeur mesurable qui se conserve au cours de l'évolution que les physiciens nomment, un invariant. Cet invariant est l'énergie qui peut revêtir des formes très variées. Aujourd'hui, chacun sait qu'un apport d'énergie est nécessaire pour mettre une masse en mouvement. En physique, la conversion d'énergie en chaleur s'appelle "dissipation d'énergie". Il en va de même pour un organisme vivant, la nourriture qu'il absorbe est une source d'énergie. Elle fournit, par exemple, le travail mécanique nécessaire aux mouvements. L'organisme vivant "consomme" de l'énergie mais l'énergie ne disparaît pas : elle est transformée en chaleur, les physiciens préfèrent donc l'expression "dissiper" l'énergie. L'énergie dissipée est irré récupérable. L'*entropie* est une mesure de la dégradation ou dissipation de l'énergie comme le découvrit le physicien Rudolf Clausius inventeur de ce

concept (1865). La Terre reçoit en permanence un flux d'énergie du Soleil sous forme d'un rayonnement lumineux, elle réémet cette énergie dans tout l'espace sous forme de rayonnement infrarouge. Dans un système ouvert, traversé par un flux d'énergie, des structures en mouvement apparaissent. En s'adaptant à l'environnement, elles s'auto-organisent de façon à maximiser le flux d'énergie qui les traverse. Il s'agit de *structures dissipatives*, terme proposé par le physicien Ilya Prigogine dans les années 60. Prigogine avait compris que la notion de *structures dissipatives* s'appliquait à la vie. Ainsi, la cellule vivante est une *structure dissipative* qui ne subsiste que grâce à un apport constant de matière et d'énergie. L'apport d'énergie est la base de son *métabolisme*.

L'ancêtre commun à toute forme de vie est probablement apparu sur la Terre entre 4 et 3,8 milliards d'années avant le présent. Tous les organismes vivants connus descendent d'un ancêtre commun unique, un organisme unicellulaire de type procaryotique ressemblant aux bactéries d'aujourd'hui. Les bactéries constituent toujours la plus grande partie du monde vivant. Leur évolution à partir de l'ancêtre commun illustre leur résistance et leur versatilité.

Lors de notre séance du 23 mai 2019 Marc-André Selosse nous a rappelé que dans l'évolution des connaissances le concept d'organisme montre aujourd'hui ses limites. Nous avons découvert qu'il faut désormais prendre en compte le fait qu'un animal, une plante ou *Homo sapiens* ne peut vivre sans les multiples microorganismes qui l'habitent et qui concourent à son évolution.

L'évolution du vivant est souvent associée à l'idée de compétition. Or, les mécanismes de coopération entre espèces jouent un rôle fondamental. La symbiose est une association physique durable entre deux organismes d'espèces différentes et qui est bénéfique à chacun d'eux. L'intestin humain ne peut remplir ses fonctions qu'avec la participation de plus de 200 espèces de bactéries... Bien des espèces cachent une dualité de deux espèces en symbioses : les mitochondries, vitales pour le fonctionnement énergétique de nos cellules, seraient issues de bactéries symbiotes, les plantes sont vertes car elles sont peuplées de bactéries qui leur apportent la chlorophylle... Autant d'exemples qui montrent que l'entraide joue un rôle majeur dans la survie des individus et crée de nouveaux organismes en associant deux espèces préexistantes.

Pour les *évolutionnistes*, les modèles hôtes-parasites suscitent d'innombrables questions, relatives au parasitisme lui-même, aux dynamiques évolutives de leurs interactions, ainsi qu'aux conséquences évolutives sur les espèces hôtes. Le rôle joué par les parasites sur le monde des espèces libres est en effet énorme. Le succès du mode de vie parasitaire ne s'est jamais démenti pendant toute la durée de l'évolution car un hôte offre, à tout organisme qui sait l'exploiter, non seulement habitat et nourriture mais aussi un moyen efficace de dispersion. Si, dans le passé, les travaux ont surtout considéré les effets directs des pathogènes sur la fécondité et la survie de leurs hôtes, les recherches actuelles illustrent des conséquences sur des traits aussi divers que le comportement, les processus de sélection ou l'histoire de vie, pour ne citer qu'eux.

La coexistence cruciale est l'**Holobionte**. Le concept récent d'holobionte nourrit de nombreux travaux scientifiques allant de la santé humaine à l'écologie. L'holobionte cumule les propriétés de l'organisme hôte et de ses passagers dont il assemble tous les génomes. Cela a conduit à la notion d'hologénome, qui étend le génome de l'organisme en lui adjoignant ceux de ses microbes. (Marc-André Selosse, *JAMAIS SEUL, ces microbes qui construisent les plantes, les animaux et les civilisations*, 2017.

L'un des principaux contributeurs de la théorie synthétique de l'évolution, Theodosius Dobzhansky a prononcé en 1964 un célèbre aphorisme " *Rien n'a de sens en biologie, si ce n'est à la lumière de l'évolution* " [Theodosius Dobzhansky, « Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution », American Biology Teacher, vol. 35, no 3, mars 1973, p. 125-129 (JSTOR 4444260)]. Cette phrase représente très exactement l'importance qu'a prise l'étude de l'évolution dans le vaste monde de la biologie.

En 1978, lors de l'invitation d'Ernst MAYR, l'un des principaux contributeurs de la théorie synthétique de l'évolution, dans sa chaire au Collège de France, François JACOB, Prix Nobel de physiologie ou médecine a confirmé " *La théorie de l'évolution unit les diverses disciplines qui étudient les êtres vivants ; parce qu'elle seule introduit de l'ordre dans cette incroyable diversité qui caractérise le monde vivant ; bref parce qu'elle fournit une explication causale du monde vivant autour de nous et de son hétérogénéité. C'est dire que tous les aspects de la biologie, qu'ils concernent les molécules, les cellules, les organismes, les comportements, les populations, tous relèvent de la théorie de l'évolution.*" [Ernst Mayr, *La biologie de l'évolution*, préface de François Jacob, 1981.]

Dans l'*Origine des espèces*, DARWIN a tracé les contours d'une nouvelle science et a formulé une théorie reposant moins sur les certitudes que sur les probabilités. Aujourd'hui, pour l'essentiel, nous étudions l'évolution en adoptant son point de vue. L'idée de base de l'évolution selon la définition donnée par Charles DARWIN en 1859, est " *la descendance avec modifications* ". C'est dans ce qu'ils appelaient " *sélection naturelle* " que DARWIN et Alfred Russel WALLACE, ont voulu voir le principe moteur du changement évolutif. Entre sélection naturelle et changement de la population, la fonction d'intermédiaire est jouée par " *l'adaptation* " : la sélection naturelle favorise les individus qui disposent des caractéristiques les plus favorables à la reproduction, donc à la promotion du vivant au sein d'un environnement donné.

DARWIN a introduit le premier la notion de *hasard* dans la descendance des espèces. Pour DARWIN, le *hasard* était à l'origine de la variabilité des espèces, même si, à l'époque, il n'en connaissait pas les mécanismes. Et il avait raison. Il y a un large débat sur le *déterminisme* et ses limites, sur le *hasard*, la *contingence* qu'il induit, et sur le concept d'*émergence* et ce débat n'est pas achevé.

Résultat de l'évolution biologique, la biodiversité est l'expression de l'immense variété des formes vivantes sur terre, de l'échelle moléculaire à celle de la biosphère ; elle englobe tout à la fois la diversité des génomes, des cellules, des organismes, des espèces et des écosystèmes.

Tout organisme est une synthèse complexe et l'aspect le plus fondamental de l'évolution est la création de nouveaux systèmes. C'est ce qui est accompli par la sélection agissant sur la recombinaison. C'est pourquoi il est tout à fait justifié de qualifier la sélection de créatrice. Elle crée parce qu'elle produit toujours de nouvelles combinaisons et qu'elle vérifie leur valeur adaptative. Elle n'est ni déterministe ni finaliste mais elle trouve ses solutions de façon opportuniste. Rien n'illustre mieux la créativité du processus de la sélection que les réponses multiples qu'elle a trouvées aux nombreux défis posés par l'évolution, Ainsi, nous disent Kevin Padian et Armand de Ricqlès : " *Les oiseaux sont des dinosaures, plus précisément de petits dinosaures théropodes munis de plumes et volants. Ils sont probablement apparus il y a plus de 140Ma. L'origine des oiseaux est un exemple classique des deux aspects de la macroévolution : d'une part, l'origine phylogénétique du groupe, d'autre part, l'addition séquentielle d'adaptations, telles que le vol, qui sont associées au concept d'oiseau de façon indélébile. Ces adaptations n'ont pas été rassemblées d'un seul coup. Bien au contraire, de nombreuses caractéristiques associées aux oiseaux et au vol sont d'abord apparues chez des*

dinosaures non aviens, chez qui elles servaient à bien d'autres fonctions que le vol. L'origine du vol n'est pas le problème d'une dichotomie « des arbres vers le sol » ou « du sol vers les arbres », mais plutôt celui de l'examen de l'ordre dans lequel des caractères diagnostiques du vol évoluèrent, et de ce que chacun de ces stades peut révéler concernant les fonctions et comportements des groupes externes successifs des oiseaux, à chacune de ces bifurcations évolutives. " [Kevin Padian , Armand de Ricqlès , 2009. *L'origine et l'évolution des oiseaux : 35 années de progrès*. Comptes Rendus Palevol, 8, 2-3, 257-280. [doi:10.1016/j.crpv.2008.11.007](https://doi.org/10.1016/j.crpv.2008.11.007)]

Si certains dinosaures, les oiseaux, ont pu prendre leur envol, ce n'était pas seulement parce qu'ils avaient acquis des plumes et des ailes mais bien parce qu'un système vestibulaire performant avait également été développé au cours de leur évolution.

Toute variation disponible du phénotype est utilisée par la sélection pour atteindre le but désiré.

C'est dans la théorie synthétique de l'évolution que s'est effectuée la conciliation de la théorie évolutionniste avec le nouveau savoir accumulé en génétique. Ernst MAYR, Theodosius DOBZHANSKY et George Gaylord SIMPSON ont articulé les principes énoncés par DARWIN et les lois de l'hérédité précisées par la génétique classique pour produire la grande synthèse moderne. La théorie des équilibres ponctués de Stephen Jay GOULD et Niles ELDREDGE en sera un prolongement avec le concept de hiérarchie sélective.

"La théorie synthétique a fortement évolué par incorporation - et donc dépassement - de points de vue initialement très critiques et par l'émergence de champs nouveaux venant la compléter", constate le biologiste et paléontologue Armand de Ricqlès (revue Palevol, 2009). Rappelons une prophétie de DARWIN en 1859 dans la conclusion de la première édition de *l'Origine des espèces* : " *J'entrevois dans un avenir éloigné des routes ouvertes à des recherches encore bien plus importantes. La psychologie sera solidement établie sur une nouvelle base, c'est-à-dire sur l'acquisition nécessairement graduelle de toutes les facultés et de toutes les aptitudes mentales, ce qui jettera une vive lumière sur l'homme et sur son histoire* " (Darwin, 1859 / 1992, p 547) L'application à l'Homme et à l'esprit du principe de la sélection naturelle sera longue.

Les avancées considérables de la génétique et de la biologie moléculaire ont permis de passer au stade de la génomique. L'évolution est un processus complexe, aux multiples dimensions, qui fonctionne à bien des niveaux, dont la plupart ne sont pas encore pleinement compris. On a commencé à comprendre comment un paquet de cellules indifférenciées se transforme en organisme avec un système nerveux, un tube digestif et des organes spécialisés. On commence aussi à comprendre comment des cellules peuvent affecter le fonctionnement de cellules voisines.

La notion de cellularité, de confinement semble essentielle à la vie. En effet, la cellule, entité minuscule, est l'unité structurelle et fonctionnelle fondamentale des êtres vivants. On ignorait son existence avant Robert HOOKE qui découvrit la cellule, en 1665, au moyen d'un microscope rudimentaire.

En 1839, le botaniste Matthias SCHLEIDEN et le zoologiste Theodor SCHWANN établirent la théorie cellulaire, selon laquelle tous les organismes - qu'ils soient simples comme les bactéries ou complexes comme les plantes et les animaux supérieurs - sont formés de cellules et de produits cellulaires. Certains d'entre eux sont formés d'une unique cellule autonome (ce

sont les organismes unicellulaires), tandis que d'autres sont formés de plusieurs cellules différenciées du point de vue de la forme et des fonctions (ce sont les organismes pluricellulaires). En 1855, à la suite des travaux de Robert REMAK (1815-1865) et de Rudolf VIRCHOW (1821-1902) sera formulé le second axiome de la théorie cellulaire : toute cellule provient d'une autre cellule. Mais ce n'est qu'au milieu du XX^e siècle que le microscope électronique a permis de distinguer les détails de la structure cellulaire. Les formes de vie les plus simples sont représentées par des cellules uniques capables de se reproduire par duplication. Les organismes supérieurs - c'est-à-dire presque toutes les plantes et les animaux, y compris l'Homme - sont constitués de nombreuses cellules organisées en systèmes complexes qui ont des fonctions spécialisées et sont reliés entre eux par des systèmes de communication sophistiqués. Les travaux de Christian de DUVE, prix Nobel de physiologie ou médecine en 1974, ont contribué à fonder la biologie cellulaire.

La cellule est l'unité de la vie lui permettant de se diversifier, d'échanger avec son environnement et de muter. L'évolution est devenue plus riche et plus novatrice. D'unicellulaire, comme les bactéries, se produisirent des assemblages pluricellulaires qui donnèrent existence aux règnes végétal et animal qui connurent une expansion et une diversification rapides, entre autre, en raison d'importantes modifications de l'environnement. La vie est liée à l'environnement par un réseau très dense d'interactions et les organismes vivants exercent une influence sur celui-ci.

C'est à la toute fin du Précambrien, vers -600 Ma, que sont apparus les animaux multicellulaires, les métazoaires qui seront extrêmement diversifiés, de l'éponge à l'éléphant en passant par les étoiles de mer, les scarabées, les escargots ou l'Homme.

Très rapidement, il y eut une explosion de la diversité biologique, au point que quelques 75 millions d'années plus tard, soit autour de 525 Ma, on connut une biodiversité, en termes de plans de vie (phyla), qui fut la plus élevée de tous les temps géologiques, incluant le nôtre. Depuis cette période, la vie a évolué avec, dans l'ensemble, une complexité croissante. Durant la période qui va du début du Cambrien jusqu'à la fin du Dévonien, la vie était principalement (mais pas exclusivement) confinée aux mers. Il y eut prolifération de genres et d'espèces à l'intérieur des embranchements établis, mais pas de nouveaux plans de vie, sauf l'apparition des bryozoaires à l'Ordovicien. C'est durant cette période que vont se diversifier les chordés, notre embranchement, avec entre autres, les poissons. Les mollusques, moules, palourdes, colimaçons, abondaient dans diverses zones écologiques. Les éponges ont réussi très tôt, dès le début du Cambrien, à construire de grands monticules organiques, probablement en association avec des communautés de bactéries. Le passage de la vie aquatique à la vie terrestre, la sortie de l'eau, est le résultat d'un long processus évolutif, fait d'adaptations progressives aux conditions d'abord hostiles du nouvel environnement, de gains successifs qui ont permis à certains vertébrés de vivre définitivement sur terre. Organisé par Pierre Corvol, professeur titulaire de la chaire de médecine expérimentale du Collège de France, *Sortir de l'eau ou le Passage de la vie aquatique à la vie terrestre* est le thème d'un séminaire qui a fait le point de cette aventure étonnante (8 avril 2010).

De manière significative, l'origine de la vie et l'apparition de la cellularité au début de la Terre semblent être couplés au niveau le plus profond. La notion de cellularité apparaît donc comme un aspect fondamental des systèmes vivants et les notions de compartimentation, de réplication, de métabolisme, d'énergie et d'évolution fournissent le cadre d'une biologie universelle qui pénètre profondément dans l'histoire de la vie sur Terre.

" *L'avènement des cellules eucaryotiques représente un des grands épisodes décisifs de l'histoire de la vie sur notre planète. Grâce à lui, la biosphère, longtemps composée exclusivement de simples procaryotes, s'est enrichie d'une profusion de micro-organismes considérablement plus complexes et, à terme, de tous les végétaux, mycètes et animaux. Sans cet événement, nous n'existerions pas. [...] L'histoire des organismes multicellulaires représente la dernière étape de la longue saga de la vie sur Terre. Mieux connue que les précédentes, grâce aux archives fossiles, elle fait l'objet de nombreux exposés et traités savants...* " Christian de DUVE, Prix Nobel de physiologie ou médecine, *Singularités, jalons sur les chemins de la vie*, 2005.

La véritable innovation eucaryotique est venue des avantages de l'association en organismes pluricellulaires, avec répartition des charges fonctionnelles entre plusieurs types différents de cellules spécialisées. Les cellules communiquent et échangent entre elles les protéines qui leur sont nécessaires pour bien fonctionner : ce mécanisme s'appelle la parabiologie cellulaire. Miroslav RADMAN nous dit " *les cent mille milliards de cellules qui constituent un organisme se renouvellent en permanence. [...] Mais au-delà du rythme de renouvellement, il est essentiel que les cellules se recopient à l'identique. Tant que c'est le cas tout va bien. S'il y a quelques erreurs mineures de copie, rien d'alarmant. Mais, avec le temps, ces " bugs " s'accumulent et les problèmes de santé apparaissent. Au-delà du processus normal de vieillissement, les maladies dégénératives majeures surgissent plus ou moins prématurément : cancer, maladies cardio-vasculaires, diabète, maladies neurodégénératives...* " *Le code de l'immortalité*, 2019.

La biologie de l'évolution est un domaine beaucoup plus vaste que la simple description des phylogénèses. C'est la partie de la biologie qui tente d'expliquer toutes les causes de la diversité organique, et d'interpréter tous les aspects de la structure, des activités et du comportement des organismes, comme des réponses adaptatives – et donc sélectionnées – à un environnement très diversifié et très variable. Nous allons prendre connaissance d'itinéraires évolutifs des organismes individuels (*Homo sapiens* inclus). La sélection naturelle favorise ou élimine des nouveautés qui se présentent à elle par des modifications génétiques relevant du hasard. Ces possibilités peuvent être favorables ou non selon les circonstances environnementales à un moment donné. L'importance de l'environnement dans le vivant n'est pas une idée nouvelle. Anaximandre (610-546 avant J.-C.) estimait que les organismes vivants se modifiaient et s'adaptaient à leur environnement.

La vie est un processus matériel qui gère un avenir imprévisible dont la capacité est d'aboutir à une réponse adaptative face à l'imprévu. Philippe KOURILSKY nous a rappelé que " *Tout être vivant est une " machine " développée par l'évolution pour survivre à des hasards infiniment complexes : ses rencontres avec les agents infectieux pathogènes, mais aussi les dysfonctionnements de ses cellules, erreurs ou mutations à l'origine des cancers ou du vieillissement.* [Le Monde 30.12.2014]

Louis PASTEUR a dit : " *Savoir s'étonner à propos est le premier pas fait sur la route de la découverte.* " La biologie de l'évolution apporte une autre vision du cancer, notamment sur les processus complexes de développement des tumeurs, où les principes de la sélection naturelle sont centraux. De ce changement de point de vue pourraient découler de nouvelles solutions thérapeutiques. Nous allons écouter les communications de trois intervenants dont le désir sans fin de repousser les frontières du savoir et de traquer les secrets de la vie apporte une réponse à une question de Marie CURIE : " *Sans la curiosité de l'esprit, que serions-nous ?* ". Frédéric THOMAS, Mathieu GIRAUDEAU et Benjamin ROCHE vont nous plonger dans de complexes questions et nous entraîner dans de passionnantes recherches.

Frédéric THOMAS, Directeur de Recherche au CNRS, directeur du Centre de Recherches Ecologiques et Evolutives sur le Cancer CREEC. Une expertise reconnue dans le domaine des interactions hôtes-parasites, en particulier la manipulation parasitaire. Il a publié plus de 240 articles dans des revues internationales (1995 à aujourd'hui), notamment Nature, Nature Ecology and Evolution, Nature communications, PLoS biology, Evolution, Trends in Ecology and Evolution, Ecology Letters, Ecology, American Naturalist, Proceedings of the Royal Society, PLoS pathogen, and Proteomics et il a aussi édité 12 livres (dont 3 à Oxford University Press) et écrit deux livres. Il travaille sur le thème Evolution et Cancer depuis juillet 2011, et a depuis cette période publié 70 articles sur ce thème (e.g. Biology letters, Evolutionary Applications, BMC cancer, Infection Genetics and Evolution, Evolution...).

Sa communication : **Une perspective écologique et évolutive du cancer.**

Les cellules cancéreuses ont pu apparaître il y a plus d'un demi-milliard d'années, à la fin du Précambrien et résultent de l'évolution clonale et de la compétition cellulaire à l'intérieur du corps. Bien que cette perception écologique et évolutive du cancer ait été proposée dès le milieu des années 70, encore peu d'attention a été consacrée aux applications de la biologie évolutive à la compréhension de l'origine du cancer, au contrôle de la progression tumorale et à l'évitement des récurrences. Parallèlement, les écologistes et les biologistes de l'évolution commencent aussi à réaliser que les processus oncogéniques sont extrêmement fréquents chez l'ensemble des organismes multicellulaires et qu'ils constituent une force sélective sur leur évolution. Dans ce cadre, il apparaît judicieux de considérer les processus oncogéniques dans leur ensemble et d'étudier comment ceux-ci interfèrent avec les interactions biotiques qui régissent les écosystèmes (prédation, parasitisme, compétition, dispersion etc.). Les recherches actuelles permettront d'en savoir plus sur les conséquences écologiques insoupçonnées du cancer, mais aussi sur la palette des adaptations, notamment comportementales, des espèces sauvages vis-à-vis du risque cancéreux. Cette thématique de recherche nouvelle s'annonce passionnante, notamment parce qu'elle impliquera des recherches interdisciplinaires associant écologistes, médecins, vétérinaires, évolutionnistes, etc.

Mathieu GIRAUDEAU, Chargé de Recherche au CNRS et membre du Centre de Recherches Ecologiques et Evolutives sur le Cancer CREEC. Ses travaux portent principalement sur l'écophysiologie des vertébrés et l'impact des activités humaines sur les populations sauvages (amphibiens, oiseaux et reptiles). Il a publié 55 articles scientifiques telles que Nature Ecology and Evolution, Current Biology, Proceedings B, Global Change Biology ou Trends in Cancer. Au sein du CREEC, il développe désormais un projet de recherche sur l'écologie et l'évolution du cancer en populations sauvages.

Sa communication : **L'homme, une espèce cancérogène pour la faune sauvage.**

Dans nos sociétés modernes, un homme sur cinq et une femme sur six vont être touchés par le cancer au cours de leur vie. Cette pathologie ne touche pas que l'espèce humaine et l'on sait désormais que l'ensemble des multicellulaires, des hydres aux baleines, peuvent développer cette maladie. La recherche sur le sujet s'est pour le moment attachée à mesurer des prévalences de cancer dans des populations sauvages vivant dans des environnements très fortement pollués par les activités humaines. Mes travaux de recherche proposent que les activités humaines pourraient augmenter les prévalences de cancer dans la faune sauvage à travers d'autres processus tels que, par exemple, la pollution lumineuse, une augmentation de l'accès à des ressources alimentaires non adaptées (déchets humains, mangeoires...) ou une réduction de la diversité génétique dans les habitats impactés par l'homme. Ainsi, on pourrait définir l'homme comme une espèce cancérogène dont les modifications environnementales

causées par son activité augmenteraient les prévalences de cancer dans les populations sauvages. Dans un environnement de plus en plus impacté par notre activité, ces processus pourraient s'avérer cruciaux pour mieux comprendre notre impact sur la santé des populations sauvages.

Benjamin ROCHE, Directeur de Recherche à l'Institut de Recherche pour le Développement IRD et co-directeur du Centre de Recherches Ecologiques et Evolutives sur le Cancer CREEC. Profitant d'une expérience solide en informatique/ biomathématiques couplée avec un doctorat en écologie et biologie évolutive, son champ de recherche s'est principalement focalisé sur les relations entre biodiversité et transmission des maladies infectieuses, aussi bien d'un point de vue théorique qu'empirique. Depuis le début de sa carrière scientifique (2008), il a publié 22 papiers dans des journaux internationaux à comité de lecture, dont *Trends in Ecology and Evolution*, *Ecology Letters*, *American Naturalist*, *Philosophical Transactions of the Royal Society*, *Plos Biology* et *BMC Bioinformatics* parmi d'autres. Il est impliqué dans des projets relatifs au thème « Evolution et Cancer » depuis Juillet 2010, spécifiquement sur le paradoxe de Peto et le rôle du système immunitaire dans l'accumulation des cellules cancéreuses.

Sa communication : **La biologie évolutive: une nouvelle approche pour le traitement du cancer.**

Aujourd'hui, la résistance aux chimiothérapies est la principale limite pour augmenter l'espérance de vie des personnes atteintes, que ce soit pour les cancers touchant l'homme ou les cancers affectant les animaux domestiques. Le phénomène de résistance émerge parce que les cellules cancéreuses résistantes aux thérapies possèdent un avantage dans un environnement inondé par les médicaments qui détruisent uniquement les cellules cancéreuses sensibles. Dans cette optique, le concept de thérapie adaptative, qui propose d'administrer de faibles doses de chimiothérapie afin de conserver un nombre suffisant de cellules sensibles qui peuvent être en compétition avec les cellules résistants, commence à faire l'objet d'essais cliniques très prometteurs. Aux cours de cet exposé, je montrerai comment ce type de stratégie fonctionne, quelles sont ses limites et ses risques, et comment elle peut être adaptée aux cancers d'animaux domestiques.