

Pourquoi les poissons mordent-ils toujours à l'hameçon ? Une enquête sur les mesures de l'évolution

Guillaume Lafon

▶ **To cite this version:**

Guillaume Lafon. Pourquoi les poissons mordent-ils toujours à l'hameçon ? Une enquête sur les mesures de l'évolution. Philosophie. 2016. dumas-01429931

HAL Id: dumas-01429931

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01429931

Submitted on 9 Jan 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Guillaume Lafon,
11434646
02/07/1991,
Master II Lophisc, Paris 1 Sorbonne,
Rendu le 13/05/2016
Pour Philippe Huneman,
Directeur de recherche à l'IHPST

Pourquoi les poissons mordent-ils toujours à l'hameçon ?

Une enquête sur les mesures de l'évolution



"Pratiquement toutes les manifestations biologiques suivent des rythmes. Certains rapides, d'autres lents. Mais pratiquement aucun phénomène biologique ne se déroule selon une cinétique continue et linéaire."

Ladislas Robert dans "*Le temps en biologie*", extrait de "*Le temps et sa flèche*", 1995

Pourquoi les poissons mordent-ils toujours à l'hameçon? Demandez à Google, qui sait tout sans rien connaître, et il vous ennuiera pendant des heures à propos d'histoires de pêche, d'artisanat de palangre, et de recettes de cuisine. Faites défiler les pages et vous ne trouverez aucun élément de réponse, ni aucune mention de ma question. Et pourtant, les vulgates pseudo-scientifiques n'ont jamais été si en vogue : « choses à savoir, » tu mourras moins bête », 1000 choses que vous ne savez pas », « la science en question»... des brèves de quelques lignes, de quelques minutes, de la culture à portée de clic qu'on oubliera sitôt qu'on aura quitté ladite page. Comment se fait-t-il qu'au milieu des « pourquoi les flamands roses sont-ils roses ? », « pourquoi les limaces et les escargots bavent-ils ? » « Pourquoi flotte-t-on mieux dans l'eau de mer ? » n'émerge pas tout naturellement « pourquoi les poissons mordent-ils toujours à l'hameçon ? »

La raison en est, il me semble, que les questions qui précèdent trouvent une réponse non équivoque qui peut être exposée en quelques minutes. Et j'ai compris assez rapidement que ma question avait, malgré son apparente naïveté, une profondeur essentiellement liée à la multiplicité des niveaux de réponses possibles qu'elle impose. Je décidai donc de me documenter, et d'enquêter par les moyens dont je disposais, seulement par souci d'avoir un jour quelque chose à dire si l'un de mes petits cousins me demandait, avec le besoin irrépressible et obstiné des enfants qu'on donne un sens au monde que nous avons connu avant eux, comme si nous l'avions conçu nous-même : « pourquoi les poissons mordent-ils toujours à l'hameçon ? »

Et ainsi mon enquête m'a amené à creuser des sujets variés qui correspondaient à tant de manières d'approcher une question commençant par « Pourquoi ? », à des considérations sur l'histoire des interactions entre les hommes et les poissons, à l'exercice d'une méthode phylogénétique de classification des espèces, et surtout à l'inscription de débats sur les mécanismes de l'évolution dans des calendriers particuliers dans lesquels s'incarnent différents rythmes, différents tempos.

Il y a 400 ans, en janvier 1611, l'astronome et mathématicien Johannes Kepler offre à son protecteur, le seigneur Matthaüs Wacker von Wackenfels, grand mécène des artistes et philosophes à la cour impériale de Bavière, un flocon de neige en cadeau pour la nouvelle année. Ce cadeau, ce « presque Rien » dont le mécène était friand, est accompagné d'une étude menée par Kepler intitulée *Strena seu de nive sexangula dans laquelle il s'interroge sur les mécanismes physiques qui déterminent la forme Hexagonale des flocons de neige.* « A partir de ce presque Rien, écrit Kepler, un minuscule atome de neige, j'ai été proche de recréer l'Univers entier, qui contient tout ! » [1]

Loin de moi la prétention de pouvoir comparer mon travail à la subtile et poétique enquête de Kepler sur les flocons de neige ni d'élever mes examinateurs au rang du prestigieux et historiquement obscur seigneur Matthaüs Wacker von Wackenfels. Mais il me semble toutefois pouvoir avancer que la démarche en son principe est assez semblable : à partir de questions apparemment anodines sur des objets très précis, traiter de phénomènes beaucoup plus complexes et évaluer si l'on peut en dégager quelque constante afin d'en tirer des conclusions à portée plus générale.

Qui condamne ce sujet a priori (car beaucoup l'ont fait) ne s'est pas vraiment posé la question avec l'intention d'y apporter une réponse. Celui-là n'entrevoit pas la complexité des « pourquoi » en matière scientifique. Ou bien il ne s'est pas interrogé sur le fait que dans « pourquoi les poissons mordent-ils toujours à l'hameçon ? » il y a les poissons, qui en théorie n'existent pas, il y a le toujours, dont on peut se demander s'il existe et qui nous invite à plonger dans le passé à contre-courant, et à anticiper l'avenir en nageant plus vite que le courant. Et il y a surtout l'homme, « de l'autre côté du miroir », dont le reflet ne peut être que le signe d'une mort prochaine pour le poisson. Aussi ma première partie sera

[1] Voir Annexe 1

destinée à montrer en quoi mon sujet n'est pas que superficiellement problématique. A cet effet j'ai répertorié un ensemble de réponses rapides et insuffisantes à ma question afin d'élaguer un peu le buisson de pistes qui se ramifie devant l'enquêteur. Cette analyse critique sera l'occasion de délimiter le sujet et de montrer ses différents niveaux d'articulation conceptuelle.

Sans doute pourra-t-on encore me reprocher avant de m'avoir lu de traiter d'un sujet trop précis, trop bas dans la hiérarchie de l'abstraction pour constituer un sujet de recherche légitime de Master 2. A cela je répondrais qu'évidemment cette problématique n'est qu'un prétexte pour traiter d'autres débats contemporains, et notamment la question du rythme et de sa mesure dans les théories de l'évolution. Les oscillations des événements naturels ne suivent pas un long fleuve tranquille : il y a différents calendriers, différentes échelles, différents tempos dont la paléontologie contemporaine tente de rendre compte afin d'en inférer des modes évolutifs. Cette conception polyrythmique de l'évolution fournit une grille de lecture qui me semble pertinente pour traiter l'ensemble de questions plus générales dans lequel s'inscrit ma problématique : pourquoi certaines adaptations ne se font pas ? Et pourquoi certaines adaptations ne se répandent pas ? Deux questions souvent opposées qu'on ne saurait traiter convenablement sans un point de vue rythmique de l'évolution délimitant le possible en l'inscrivant dans un monde fini et inconstant.

La pêche à la ligne est aujourd'hui un loisir, qu'on associe souvent à la détente, voir même à la sieste. La temporalité de la pêche est lente, ponctuée de rares événements. Et pourtant, la pêche dans sa dimension diachronique, en tant que pratique millénaire, est une course ancestrale entre les hommes et les poissons pour l'innovation évolutive, course gagnée par l'homme avant même que le top départ n'ait été annoncé. Mais doit-t-on s'arrêter à ce niveau d'évidence ? L'affaire est-t-elle classée une fois qu'on a proposé que l'homme est,

de toute évidence, le « Maître et Possesseur de la Nature », et que rien ne saurait courir aussi vite que lui dans la course pour l'innovation évolutive ? La métaphore de la course est-t-elle pertinente pour illustrer ces relations écologiques ? Si non, quelles sont les alternatives ? Voici les réflexions que je propose d'aborder dans un dernier temps, afin d'ancrer ma problématique dans une perspective plus actuelle, plus axiologique.

Partie I : Problématisation

1) <u>De fausses objections :</u>

- L'objection téléologique
- L'objection analytique
- L'objection commune

2) <u>Un vrai problème :</u>

- Des poissons et des hommes
- La course aux armements
- Les rêves du bricoleur

Partie II : Les mesures de l'évolution

1) Tempos :

- Echelles et calendriers
- Gradualisme et polyrythmie
- L'évolution en train de se faire

2) Modes :

- Le cas des poissons diables
- La pêche et le coup de foudre
- Une approche synergétique

Partie III : De l'autre côté du miroir

1) Le 400 mètres cartésien :

- L'homme et la vieille mer
- Evolution Culturelle
- L'organologie générale

2) L'évolution comme symbiose :

- Le lièvre et la tortue
- Coévolution Positive
- Des équilibres

Et puis il commença à plaindre le grand poisson qu'il avait ferré. Il est merveilleux et étrange, et qui sait quel âge il a, pensa-t-il. Personne n'a jamais ferré un poisson aussi fort, ni vu un qui agisse si étrangement. Peut-être qu'il est trop sage pour sauter. Il pourrait me détruire en sautant, ou en essayant de s'échapper. Mais peut-être qu'il a déjà été ferré plusieurs fois, et il sait comment il doit mener son combat. Il ne peut pas savoir qu'il a affaire à un seul homme, et non plus qu'il s'agit d'un vieil homme. Mais qu'est-ce que c'est comme grand poisson, il rapportera quoi, quand je l'apporterai au marché, si la chair est bonne. Il a pris mon appât comme fait un mâle, il tire comme fait un mâle, et dans son combat il n'y a pas de panique. Ce que je me demande, c'est s'il a un plan, ou s'il est juste désespéré autant que moi.

Ernest Hemingway, *Le Vieil Homme et la mer,* p. 52

I - Problématisation

Cette première partie est donc dédiée à la problématisation. Pour commencer je vais discuter un bref répertoire des réponses rapides et insuffisantes qui m'ont été suggérées à l'évocation de mon sujet ou que j'ai identifiées par mes propres réflexions. Ce travail se déroulant selon les modalités d'une enquête, ces réponses sont tant de pistes évidentes que l'enquêteur se doit d'écarter avant de reconstituer l'histoire qui précède le crime à partir des faits qu'il a à sa disposition : j'ai décidé d'appeler « fausses objections » ces réponses insuffisantes qui infléchiraient la légitimité de ma problématique. Dans un second temps, j'exposerai les faits qui sont à ma disposition afin de montrer en quoi ma question mérite une mise en perspective de plusieurs niveaux d'explication, incluant notamment les réflexions sur les rythmes d'évolution.

1) De fausses objections :

- L'objection Téléologique : « Pourquoi…? »

Il existe une idée reçue, héritée de l'épistémologie positiviste, selon laquelle la science s'occupe, ou devrait s'occuper exclusivement du « comment » ? Tandis que les questions commençant par « pourquoi ? » demeurent l'objet mystérieux d'un état

métaphysique révolu[2] : il y aurait selon cette idée reçue une sorte de critère de scientificité établi en matière de questionnements. En effet, dans le pourquoi (« why ») des langues latines, il y a pour-quoi (« what for »)? Le pourquoi renvoie donc généralement à « pour quoi faire ? », « dans quel but » ou encore « pour quelles raisons ? » Autrement dit, se demander « pourquoi les poissons mordent-ils toujours à l'hameçon ?» reviendrait à se demander « pour quelles raisons les poissons mordent-ils toujours à l'hameçon ? » Et il est vrai qu'interprétée ainsi, ma problématique semble appeler à première vue des réponses non scientifiques : on pourrait par exemple supposer, à la manière des partisans de l'*intelligent design*, que les poissons mordent à l'hameçon pour le plus grand bien de l'homme qui s'en nourrit. Or, ce type d'explication n'est pas scientifiquement valide : il est pregnant d'une vision anthropocentriste du monde, dans lequel tout à une raison suffisante d'exister, cette raison étant liée au bien être de l'humanité.[3]Le « Comment », au contraire, consisterait dans l'épistémologie positiviste à chercher les mécanismes sous-jacents pouvant expliquer l'existence d'un phénomène, sans référence à quelque principe premier, sans déborder d'un cadre d'explication scientifique construit par cette épistémologie.

On doit à Aristote la paternité de cette distinction essentielle entre les causes formelles, matérielles et efficientes (le comment de la chose) et les causes finales (la raison pour laquelle cette chose existe, ou sa fonction.) Mais pour Aristote, les causes matérielles, formelles, efficientes et les causes finales, le comment et le pourquoi, sont autant d'explications nécessaires de l'existence d'une chose. Pour expliquer un phénomène, il

[2] Auguste comte, Cours, 1ère Leçon, Œuvres choisies, p59-61
[3] Pour une critique classique de ces arguments, voir Hume, *Enquête sur l'entendement humain*, Livre II, ou encore lire *Candide*, de Voltaire

faut à la fois déterminer quelle est sa matière, quelle est sa forme, quelle force motrice est en son principe et quelle est sa raison d'être. [4]

Les causes finales, reflets d'une conception téléologique, finaliste du monde se sont donc vues exclues du cadre des explications scientifiques, notamment en biologie où la complexité des adaptations organiques a servi des arguments finalistes contre les supposés hasards de l'évolution par sélection naturelle. La finalité n'est pas problématique en ce qui concerne les activités humaines, par exemple pour la fameuse statue d'Aristote, qui sont abordées dans leur dimension intentionnelle, mais le fait de poser ce rapport d'analogie avec une « production naturelle » est d'emblée bannie du règne mécaniste de l'épistémologie positive.

Alors pourquoi (pour quoi ?) ai-je choisi dans mon intitulé une question qui serait d'emblée rejetée comme non scientifique, pour un mémoire qui s'inscrit dans le cadre d'un master en philosophie des sciences ? La raison en est, il me semble, que la distinction entre les causes et les raisons n'est plus aussi ténue depuis l'avènement de la théorie de l'évolution par sélection naturelle et son interprétation par les héritiers de Charles Darwin. Dans un sens, la théorie darwinienne de l'évolution permet de traiter en même temps le pourquoi (la finalité) et le comment (le mécanisme) sans recours exclusif aux causes finales. Parmi les premiers opposants à la théorie de Darwin se trouvaient de nombreux théologiens qui n'acceptaient pas, par exemple, qu'on explique « la parfaite adéquation des êtres » et de leurs caractéristiques spécifiques à leur environnement naturel, comme le produit d'une sélection aveugle, d'un mécanisme

[4] Aristote, Physique, II, 3-9

sans finalité. [5]L'œil est bien là pour quelque chose : observez sa complexité, sa parfaite adaptation au spectre de lumière que le soleil répand sur la terre : telle une montre, dont la raison d'être est l'intention de son créateur d'en faire un marqueur régulier des heures qui passent, il doit être le résultat d'un projet, ou d'une finalité. De même, si les poissons sont si stupides pour continuer à mordre à l'hameçon, c'est bien qu'un créateur bienveillant a eu l'intention de fournir à l'homme des ressources abondantes dans les points d'eau près desquels il a élu domicile. Mais la théorie darwinienne de l'évolution entend précisément expliquer ces adaptations complexes sans recours à une intelligence en leur principe, en dressant une étiologie, une histoire causale explicative, subordonnant le pourquoi (pour quoi ?) au comment. Dans cette perspective, causes et raisons peuvent être articulées de la façon suivante : Si l'on se demande les raisons de l'existence actuelle d'un trait **x**, qui a la fonction **z** dans l'organisme **y**, on peut supposer que :

1) **x** est là parce qu'il permet ou a permis à **y** de faire **z** (parce qu'il a ou a eu **z** pour fonction)
2) **z** est une des raisons de l'existence de **x** dans **y** (puisque c'est précisément parce que **x** permet de faire **z** qu'il a permis à **y** d'accomplir certaines fonctions essentielles à sa survie et à sa reproduction)[6]

Où le point de vue 1) s'interroge sur un mécanisme sous-jacent

Et le point de vue 2) s'interroge sur des raisons d'existence.

[5] Il y a par exemple cet « affrontement légendaire » entre Thomas Huxley et le révérend Samuel Wilbeforce (Gould 1991)

[6] Je n'entre pas encore dans les débats abyssaux qui rendraient l'affaire plus compliquée qu'elle ne le mérite pour ce qui nous occupe ici, par exemple, sur les exaptations, les contraintes structurales, l'individuation du système considéré, et toutes ces malices qui rendent une formalisation exclusive de l'étiologie d'un trait impossible. Le lecteur peut se référer à ce sujet à la critique des positions de Wright et Cummins dans (Boorse 1976)

Quand je demande « pourquoi les poissons mordent-ils toujours à l'hameçon ? » je me situe précisément dans le cadre de cette articulation entre le comment et le pourquoi. Je propose une quête des mécanismes évolutifs (des comment) expliquant ce phénomène, mais une véritable explication consistera à trouver une histoire causale explicative dans laquelle je ne pourrai me passer du concept de raison : en ce sens, mon « pourquoi » est une façon plus directe de dire : « quels sont les mécanismes évolutifs sous-jacents qui permettraient d'expliquer que.. »[7]

J'exclue donc pour l'instant l'idée que c'est la fonction nutritive des poissons qui explique leur existence et leur incapacité de se prémunir de la pêche à la ligne : dans cette perspective anthropocentriste, il serait tout aussi légitime de dire que les proies naturelles des poissons (mouches, vers, petits poissons) existent pour la simple raison qu'ils constituent d'excellents appâts, ce qui nous ramène à une boucle infinie de l'existence et des caractéristiques de toute chose en vue du bien-être de l'humanité.

Cette précision me permet de contrer une explication trop rapide, téléologique, et de justifier malgré tout l'usage du « pourquoi » dans l'intitulé de mon sujet.

A première vue, il y aurait une raison très simple pour laquelle les poissons mordent toujours à l'hameçon. Et il s'agit de la même raison, d'origine intentionnelle, pour laquelle nous déguisons l'hameçon avec un appât. Les poissons ne mordent pas en effet à un hameçon sans appât, (vous pouvez essayer de pêcher sans appât, et vous verrez) et l'humanité l'a très vite compris. Les raisons suffisantes qu'on pourrait a priori évoquer

[7] Il me faut rappeler ici que ces scénarios explicatifs demeurent des histoires dont on ne peut évaluer que la plausibilité, en l'absence d'expérience directe. La méthode étiologique ne garantit pas la vérité des conclusions qu'elle tire. Par exemple, dans ses *« Just So Stories »* de 1902, Rudyard Kipling dresse des scénarios explicatifs de traits spécifiques suivant une méthode étiologique, comme les tâches de la panthère ou les bosses du chameau, qui sont tout à fait fantaisistes, bien que divertissants.

seraient donc l'appétit des poissons pour un certain genre de nourritures et l'appétit des hommes pour les poissons auquel s'ajoute la croyance souvent vraie qu'un hameçon agrémenté d'un appât soulagera cet appétit en considération d'une absence de discernement de la part des poissons. Voici un premier niveau de réponse, dont je montrerai l'insuffisance par l'exposition de données phylogénétiques et historiques. Une réponse sérieuse et suffisante à ma problématique nécessite une inscription de ces données dans le cadre d'une réflexion sur des mécanismes biologiques et évolutifs qui font l'objet de nombreux débats contemporains, c'est pourquoi je ne m'arrêterai pas au « pour-quoi » dans mon développement.

- L'objection Analytique : « …les poissons… »

Avant de m'aventurer dans l'exercice de problématisation, je dois ouvrir une parenthèse d'une importance non négligeable : en effet, je vais, tout au long de ce travail, parler des poissons comme s'il s'agissait d'une catégorie viable, d'une espèce cohérente en considération de nos critères de classification. Or, selon ces mêmes critères, que je vais maintenant exposer, les poissons n'existent pas. Cela rend le sujet doublement problématique jusqu'à ce que j'ai convenu ce que je voulais entendre par poissons, puisque si les poissons n'existent pas, ils ne peuvent pas mordre à l'hameçon : objection que j'ai qualifiée d' « analytique », bien qu'elle se fonde sur une connaissance synthétique de données phylogénétiques modernes.

Tout le monde a une idée vague et fausse de ce qu'est un poisson. En demandant autour de moi, j'ai recueilli des réponses convergeant vers la définition suivante : « une espèce

qui vit dans l'eau, qui a des arêtes, des écailles et des nageoires. » Ces critères témoignent d'une conception à la fois écologique (vivre dans l'eau) et phénétique, ou morphologique (les poissons possèdent tous certaines particularités structurales) des espèces. Le critère écologique nous semble constituer une condition nécessaire, mais insuffisante : tout ce qui vit dans l'eau n'est pas un poisson, néanmoins tous les poissons vivent dans l'eau. [8]Quant au critère phénétique, il est tout à fait arbitraire : tous les poissons n'ont pas d'écailles (poisson mandarin, carpe cuir, congre, anguiliformes) ni d'arêtes (la super classe des poissons osseux : les *osteichtyiens*) ni de nageoires (classes des apodes), et inversement il existe des organismes possédant des écailles (comme la plupart des reptiles), des arêtes (cas plus rares des *cymatiospharae*, microplanctons cubiques du dévonien) et des nageoires (la plupart des mammifères marins, certains reptiles comme les tortues et même certains oiseaux comme les manchots) qui ne sont pas des poissons. En expliquant cela aux personnes interrogées, je fus inévitablement soumis à la question suivante : *qu'est-ce alors, qu'un poisson ?* Qui me renvoie à cette autre question : *quels critères nous permettraient de définir un poisson ?* Je fus alors bien embêté d'avouer que je n'avais pas de réponse à ces questions. Néanmoins, je pouvais, d'une manière détournée, proposer des éléments de réponse en passant par des considérations un peu plus profondes sur la nature de nos méthodes de classification.

La systématique est la science de classification du vivant. Comme toute science, elle a une histoire, faite d'acquis, de crises et de révolutions.[9]Une des révolutions majeures de la systématique fut opérée par Charles Darwin, dans son fameux ouvrage de l'Origine des Espèces dans lequel il propose un programme de classification des formes

[8] A quelques exceptions près : il y a par exemple *Cryptotora Thamicola*, ce poisson cavernicole tétrapode, dans lequel certains scientifiques voient un « chainon manquant » de la sortie des animaux des eaux, capable de se déplacer sur ses nageoires et d'escalader des cascades. (Kottelat, 1998)

[9] Selon le propos de Kuhn dans son livre fédérateur « La structure des révolutions scientifiques », publié en 1962.

vivantes : la systématique consistera depuis à retranscrire les degrés d'apparentement entre espèces, à tenter d'établir *qui descend de qui, qui est cousin avec qui*, dans la grande famille du vivant. Une des crises majeures de la systématique est déjà là, dès sa naissance sous la plume de Darwin, dans le simple fait que celui-ci n'ait pas énoncé la méthode, où les moyens qui permettraient d'établir ces relations d'apparentement. Jusqu'à la seconde moitié du XXème siècle, les critères de classification restèrent majoritairement morphologiques et écologiques, correspondant à cette intuition générale qui faisait dire aux personnes que j'ai interrogées qu'un poisson était « une créature vivant dans tel milieu et possédant tels types de caractéristiques morphologiques. »[10]

C'est en 1950, presque 100 ans plus tard, que le biologiste allemand William Hennig propose une méthode de classification qui s'imposera comme une nouvelle révolution : la systématique phylogénétique. Jusqu'au milieu des années 1960, la systématique sera toujours pratiquée à l'aide de l'anatomie comparée. Ce n'est qu'en 1966, date de traduction des travaux Hennig en anglais, que le processus s'inverse. Il s'agit de trouver d'abord les relations d'apparentement entre espèces en repérant, grâce aux données de l'anatomie comparée, les homologues entre les diverses parties de l'organisme : désormais, l'appartenance à un groupe taxinomique dépend de critères monophylétiques, et deux espèces seront apparentées en fonction de leur inscription dans une histoire évolutive, une phylogénie, ou encore une lignée : une branche commune de l'arbre évolutif, laquelle est identifiée par le partage d'un ou plusieurs traits ancestraux par différentes espèces juxtaposées spatialement en noeuds sur les branches de l'arbre. Mais cette révolution conceptuelle n'a fait qu'ouvrir un chantier technique sur lequel d'éminents savants vont se mettre à travailler. Il ne suffit pas en

[10] Pour une critique des classifications phénétiques des espèces, voir (Hull 1978)

effet d'établir que deux espèces doivent partager des traits hérités d'une espèce ancestrale pour dessiner une phylogénie du vivant cohérente et réaliste : comment, en effet, distinguer les caractères ancestraux, ceux hérités d'un ancêtre commun, des caractères dérivés, ceux apparus indépendamment dans l'histoire évolutive de ces espèces ? En outre, comment discriminer les homologies, les traits communs aux deux espèces qu'elles ont hérité d'un même ancêtre, des analogies, les traits que chacune des espèces a acquis séparément, sous l'effet de pressions environnementales semblables appelant des réponses fonctionnelles semblables ? En l'absence de caractères anatomiques ou morphologiques bien distinctifs, la ressemblance globale faisait encore, au début des années 60, office de critère de regroupement.

Mais pendant ce temps de flou conceptuel, une révolution technique était déjà en marche, et elle allait bientôt s'imposer comme une nouvelle base pour la systématique phylogénétique initiée par Hennig : la découverte par Watson et Crick de la structure moléculaire de l'Adn, porteuse des traces de l'histoire évolutive de la lignée généalogique qui permet de regrouper les organismes en espèces, et les espèces en groupes. À partir de 1965, l'analyse macromoléculaire et l'anatomie comparée sont considérées comme deux méthodes de classification pertinente par les systématiciens : la première permettant d'identifier des homologies dans des organismes anatomiquement incomparables, la seconde permettant, plus directement, d'identifier des structures communes là où les analyses moléculaires sont infructueuses.

J'en viens donc aux poissons, qui, comme je l'avais annoncé plus haut, n'existent pas. Suivant la parenthèse historique et conceptuelle qui vient d'être fermée, il ne s'agit plus de se demander quels critères de classification sont pertinents, mais quelle est l'histoire évolutive commune des espèces aquatiques que l'on désigne comme poissons ? Et, selon

Guillaume Lecointre,[11] c'est justement parce que ce groupe individué intuitivement par des critères morphologiques et écologiques n'a pas d'histoire évolutive commune qu'il n'existe pas. Par exemple, le requin est plus apparenté à l'homme qu'à la lamproie parce qu'il a des mâchoires : et la mâchoire est un trait ancestral qui nous permettrait de former un groupe contenant les hommes et les requins et excluant la lamproie : les nageoires et les écailles que ces derniers ont en partage sont des traits dérivés résultant d'une pression environnementale similaire et non d'une ascendance commune. Pour cette même raison, la truite est plus proche de l'homme que de la plupart des autres « poissons » parce qu'elle a des os.

Si les poissons n'existent pas, il existe en revanche un groupe phylétiquement cohérent qui pourrait inclure une grande partie des espèces sujettes à la pêche sportive, à l'élevage et à l'agrémentation d'aquariums d'intérieur : les téléostéens, qui représentent 47% des vertébrés actuels connus et 96% des espèces de ce qu'on identifierait comme « poisson » selon des critères morphologiques. Ils sont tellement nombreux qu'il vaut mieux se demander finalement quels « poissons » ne sont pas des téléostéens : il y a par exemple la lamproie, le cœlacanthe, où les chimères, des organismes que le sens commun identifierait comme faisant partie des « poissons » et qui sont tant de reliques du passé qui ont prospéré jadis et sont très peu représentées aujourd'hui. Les téléostéens sont donc les « poissons modernes », leur origine évolutive ne remontant qu'à 200 millions d'années, alors que l'origine des « poissons » se confond avec celle des vertébrés, il y a 500 millions d'années.

[11] Je tiens la plupart des informations qui jonchent cette sous-partie d'un article de (Lecointre 2010)

Et ainsi, il y a au-delà des apparences une famille évolutive identifiée par l'examen critique de la systématique, bien que ses membres ne correspondent pas toujours à ce que le sens commun identifierait comme « poissons ». Les téléostéens sont classifiés grâce à des caractères anatomiques ancestraux, comme la double mobilité de la mâchoire et un axe de symétrie dorsal particulier.

Il me faut enfin préciser que s'il y a bien un groupe partageant une histoire évolutive et contenant la plupart des espèces qu'on appelle « poissons », il n'y a pas quelque chose comme une classe, ou un ensemble aristotélicien fixe qui permettrait de définir ce groupe en termes de conditions nécessaires et suffisantes. C'est un des principes de la systématique que, reconnaissant par sa pratique même l'évolution des espèces, elle reconnaisse aussi la non fixité des catégories qu'elle construit par commodité. Il y a, par exemple, parmi les téléostéens, le cas des *acantomorphes*, le sous-groupe qui a le plus changé par rapport aux typologies classiques des téléostéens, et qui représente 16400 des 26000 espèces de téléostéens connus (ce n'est donc pas un cas à part). Les *acantomorphes* présentent, pour une grande partie d'entre eux, des caractères morphologiques qui les excluraient du groupe des téléostéens, comme une arrête dorsale qui relie les éléments du squelette branchial aux 6 premières vertèbres, tenant un rôle important dans la déglutition des proies. Aussi, même les critères considérés comme les plus caractéristiques d'un groupe peuvent dériver et tromper le systématicien dans l'écriture de son récit évolutif. Le groupe téléostéens étant en soi sujet à débats, celui des « poissons » devient éminemment abstrait.

Dans ce travail, je vais pourtant parler de poissons en me passant de guillemets. Je désignerai ainsi un ensemble d'organismes réunis par un critère écologique particulier: celui d'être sujets à la pêche à la ligne. Ce groupe écologique arbitrairement choisi n'est

certes pas loin de ce que le sens commun, ou plutôt, le sens du pêcheur, qui en sait plus que moi à ce sujet, désigne comme poissons. On pourra me reprocher d'avoir digressé pendant toute une sous-partie sur un débat superficiel qui n'aurait finalement aucun impact sur la compréhension de mon travail. Mais il me semblait devoir d'emblée apporter cette précision puisque le qualificatif « poisson » figure dans mon sujet et que je vais sans cesse l'évoquer comme une chose concrète qui ne poserait aucun problème conceptuel. C'est donc par souci de précision que j'ai ouvert la parenthèse. Je la referme à présent pour m'occuper pleinement de l'enjeu de cette partie : montrer en quoi mon sujet est réellement problématique.

- L'objection commune : « …Mordre à l'hameçon. »

« Mordre à l'hameçon. » En français, on utilise cette expression pour suggérer que quelqu'un est tombé dans le piège qu'on lui a tendu. Celui qui « mord à l'hameçon » est souvent moqué, car on considère qu'il aurait pu trouver un moyen de discerner le piège dissimulé sous l'appât. Il y a ce caractère mécanique, bergsonien, du rire moqueur envers celui qui mord à l'hameçon. C'est la dimension répétitive du piège, mécanique qui contraint le vivant, l'organique, qui provoque le rire.[12] Il me semble que cette analogie est prégnante de l'idée que les poissons sont des organismes grossiers qui ne présentent aucune finesse comportementale. En témoigne la croyance populaire et erronée qu'ils ont une mémoire de deux secondes.

Je voudrais montrer dans cette sous-partie que non seulement les poissons font

[12] « Ce qu'il y a de risible, (…) c'est une certaine raideur de mécanique là où l'on voudrait trouver la souplesse attentive et la vivante flexibilité d'une personne. Henri Bergson, le rire, ch1, II, p13

preuve d'une formidable adaptation à leur environnement naturel en présentant quelques stratégies évolutives leur permettant de faire face au grand nombre de menaces prédatives qu'ils subissent quotidiennement, mais aussi et surtout qu'une norme de rationalité interspécifique supposée par ce jugement n'a aucune pertinence dans le cadre d'une biologie comportementale.

Ce qu'on appelle couramment intelligence est suffisamment vague pour qu'on puisse appliquer cette notion à un grand nombre de contextes. La plupart des psychologues, économistes, sociologues, anthropologues lui préféreront la notion de rationalité, toute aussi vague[13]. De manière générale, l'utilisation de l'une ou de l'autre suppose une norme et une mesure. La norme est représentée par la conformation à une moyenne statistique des résultats à un certain nombre de tests, la mesure est la quantification de ces résultats par rapport à cette norme. Ces tests sont des copies de problèmes auxquels peuvent être confrontés les êtres humains, et c'est pourquoi l'hypothèse d'une rationalité absolue, extensible à l'éthologie ou à la robotique ne nous semble pas pertinente : « L'être humain croira toujours que plus le robot paraît humain, plus il est avancé, complexe et intelligent. », écrit Isaac Asimov dans *Les robots de l'aube.* [14]En témoigne le fameux test de Turing, selon lequel une intelligence artificielle sera atteinte le jour où un programme parviendra à se faire passer pour un être humain. Jugerait-t-on le programme *Alphago* qui a historiquement battu le champion du jeu de go Coréen Lee Sedol en mars dernier comme doué d'une intelligence supérieure si on l'envoyait dans

[13] Dans son cours de M1 à l'EHESS, Mr Demeneulaere expose cette plurivocité nocive du concept, qui peut référer indifféremment à une rationalité instrumentale, à une cohérence des valeurs, à une capacité de calcul, ou à un potentiel d'adaptation. Voir aussi *(Bourdon 2007)*

[14] Isaac Asimov, *Les robots de l'aube*, 1988, tome 2, p.245

une civilisation où le jeu de go n'existe pas ? Si l'on postule que l'idée d'une « intelligence supérieure » puisse avoir une quelconque signification (soit en raisonnant par l'absurde) serions-nous seulement en mesure de l'identifier, hormis dans sa définition économique de puissance de factorisation? De surcroît, est-il pertinent d'établir une hiérarchie de l'intelligence des espèces sans égard aux conditions environnementales dans lesquelles elles évoluent ? Le singe savant qui connait notre alphabet serait-t-il plus apte que ses pairs à résoudre les problèmes quotidiens qu'il rencontrerait dans son environnement naturel ? Et, de même, utiliserions-nous encore les mesures humaines de l'intelligence pour comparer le comportement d'un poisson et d'un homme si ce dernier se trouvait confronté aux mêmes problèmes que le premier ? Il nous semble important de souligner ici que l'intelligence, en tant que norme et en tant que mesure n'a aucune pertinence en biologie comportementale. L'évolution a fondu petit à petit les organismes à leur environnement, sans égard à une hiérarchie que les humains ont tendance à établir à partir de leurs normes propres. On trouve dans les textes du philosophe Georges Canguilhem cette relativisation des fonctions organiques à l'environnement dans lequel elles s'exercent : la notion d'optimalité appliquée aux comportements animaux est un non-sens dans cette perspective, puisque si un comportement est adapté à un milieu[15], il ne le sera pas dans un autre. Aussi Canguilhem lui préférera la notion de potentialités : un état sain (normal) pour un organisme est plus une potentialité d'adaptation qu'une adaptation en soi, plus une souplesse face au changement qu'une stabilité organique dont on pourrait établir l'optimal. Bien que cantonnés aux environnements aquatiques, les poissons ont colonisé des milieux disparates aux conditions parfois extrêmes, comme les abysses, pauvres en oxygène, exempts de luminosité et sujets à une pression telle que nos ingénieurs

[15] Georges Canguilhem, *La Conaissance de la vie*, p. 183

s'évertuent encore à construire des machines capables d'y résister. Les mérous migrent aux deux hémisphères, voyageant sous la glace arctique et dans les eaux chaudes et salines des tropiques. Les poissons témoignent d'une étonnante adaptabilité, seule norme interspécifique qui soit vraiment significative dans une perspective canguilhemienne.

Nous avons vu que les tests de l'éthologie qui visent à déterminer si telle espèce est consciente, où son degré d'intelligence, consistent toujours à confronter un animal à un problème que l'homme peut rencontrer, et à évaluer son type de réponse. En même temps, quelle autre mesure de l'intelligence avons-nous que la nôtre ? On dit d'un singe savant qu'il est intelligent si il a appris un certain nombre de concepts du langage humain, on cherche à évaluer si le corbeau, l'éléphant ou le dauphin ont conscience d'eux-mêmes,[16] et de cette façon on projette des « propres de l'homme » comme critères d'évaluation de l'intelligence absolue. En ce sens l'éthologie est toujours anthropomorphiste. On retrouve d'ailleurs ces mêmes impairs chez les savants désireux de fonder une anthropologie sur une ethnologie comparée, évaluant le degré de civilisation d'une société en comparant les structures comportementales ou symboliques communes aux nôtres.[17] Ce jugement hiérarchisé est sous tendu par l'hypothèse d'une rationalité absolue, indépendante aux particularités de l'individu étudié et des spécificités de ses besoins, déterminés en partie par son environnement et par sa constitution génétique et phénotypique.

[16] Il est intéressant de noter que la Raie Mantha, inclus dans le groupe phylogénétique des téléostéens, a récemment réussi le test du miroir. (Csilla 2016)

[17] Ces impairs parcourent les textes de Durkheim et de Mauss sur le totémisme. Rappelons nous également qu'un des critères jésuites pour déterminer si les indiens d'Amérique du Sud avaient une âme étaient la possession d'icônes anthropomorphes.

En éthologie comme en ethnologie, ce sont donc ceux qui nous sont le plus proches, selon un ensemble de critères arbitrairement fixés, qui accèdent au plus haut degré d'intelligence, d'évolution et de dignité. Rien d'étonnant donc, à ce que les poissons passent encore pour des créatures simples, ou peu évoluées, malgré leur ancienneté évolutive, leur grande diversité et leur étonnante disparité (diversité morphologique).[18]

Les poissons sont certes très différents de nous et c'est sans doute pourquoi ils suscitent moins d'empathie que les mammifères. Ils vivent de l'autre côté du miroir de l'eau, n'ont pas d'expressions faciales significatives à notre égard ou de cris audibles par l'oreille humaine. Et ces absences de caractéristiques expressives sont certainement déterminantes dans le manque de considération qu'ils suscitent. L'empathie suppose un rapport d'analogie, une « faculté de se mettre à la place de.. » fondée sur des normes de réaction. Il est par exemple éminemment plus complexe de comprendre le comportement d'un psychopathe ou d'un enfant puisque ce rapport d'analogie est comme biaisé par l'inexistence de ces normes de réactions communes. Les neurones miroirs, qui sont un des supports de l'empathie, fonctionnent par degré de proximité anatomique. L'enaction a lieu dans le cerveau d'un singe spectateur d'un homme se saisissant d'un objet avec ses mains, mais pas dans celui d'une vache, qui n'a pas cette fonction préhensile.[19] Les mammifères, de par leur proximité phénotypique, sont capables de nous émouvoir, avec leurs yeux semblables aux nôtres, leurs visages expressifs composés grossièrement comme le nôtre, et leur capacité d'émettre des sons distinctifs. Malgré ces distances phylogénétiques, écologiques et morphologiques avec

[18] Les trois critères proposés par Stephen Jay Gould dans pour définir la réussite évolutive dans « La vie est belle » p.301,

[19] C'est par ailleurs lors d'une expérimentation sur les fonctions motrices d'un chimpanzé que Rizzolati a découvert les neurones miroirs. Les aires de la préhension se sont activées dans le cerveau du chimpanzé alors que Rizzolati se saisissait d'un sandwich. (Lindner, Echterhoff, Davidson, & Brand, 2010)

les animaux à sang chaud, les poissons font preuve de capacités cognitives très sophistiquées dont l'identification nécessite de se défaire d'une norme de rationalité anthropomorphique. Nous allons ici en évoquer quelques-unes.

Contrairement à la légende, les poissons ont une mémoire à long terme. Par exemple, une carpe blessée par un hameçon s'en souvient encore un an plus tard et l'évite[20]. Il est bien connu que les saumons retournent pondre dans leur rivière d'origine, souvent distante de centaines de kilomètres, et ce plusieurs années après l'avoir quittée. Ils se repèrent principalement à l'odeur, car chaque rivière a un goût et un parfum unique.[21]

Les poissons font donc preuve d'une mémoire à long terme, qui leur permet, comme nous, de trier leurs expériences pour agir en conséquence, en évitant les plus déplaisantes et en recherchant les plus agréables. Le cas des gobies, qui vivent dans des petits bassins qui se forment à marée basse dans les rochers, corrobore cette hypothèse. Afin d'éviter leurs prédateurs aériens, les gobies sautent d'une mare à une autre, sans s'écraser contre la roche. Et selon L.R Aronson, ils y parviennent en mémorisant la topographie des lieux pendant la marée haute, voient où se trouvent les creux et en déduisent la position des flaques à marée basse. [22]

Tous les milieux aquatiques naturels de la planète ont été colonisés par les poissons :[23] Les récifs coralliens, la haute mer, les abysses, les rivières, les étangs, les glaces arctiques, les grottes souterraines, les mares de boue sont tant d'équilibres

[20] (Beukema et al 1970) : 81-92. Voir aussi le cas de l'apprentissage chez les poissons arcs en ciel : (Brown et al 2001)
[21] (Ueda 2011)
[22] (Aronson 1971)
[23] (Cohen 1970) p.201-202

fragiles dans lesquels se déroulent des relations écologiques complexes : les relations prédatives ont suscité une multiplicité de mécanismes de dissimulation[24], de défense[25], de leurres. [26] On peut également mentionner l'entraide intraspécifique [27] et interspécifique,[28] les symbioses[29] et parasitismes.[30]

Il me semble donc un peu rapide d'avancer que c'est la crédulité, l'insensibilité ou la débilité des poissons qui les empêchent de discerner l'hameçon derrière l'appât. Ces qualificatifs sont aussi légitimes qu'*intelligence* ou *rationalité* en matière de biologie comportementale. L'expérience de la carpe évoquée plus haut montre par ailleurs qu'ils sont capables d'apprendre à distinguer l'appât du repas, et une étude récente montre que certaines populations de poissons de bassins de C&R (catch and release) finissent par ne plus mordre aux hameçons.[31] Cela n'a bien entendu rien à voir avec notre question, puisqu'il faudrait que cet apprentissage puisse se transmettre à la descendance pour qu'il y ait un phénomène d'adaptation réel : or, nous savons que ceci est impossible pour plusieurs raisons. Tout d'abord, parce qu'à part quelques cas extrêmement rares et disparates, on n'hérite pas des caractères acquis durant la vie

[24] Mimétisme morphologique du *Poisson Bécasse*, mimétisme chromatique du *Poisson Pierre*, mimétisme batesien du *Poisson Chirurgien* (Wiki)
[25] Le *Pupper Fish* et son venin, la *Rascasse Volante* et ses épines, la *Torpille* et ses décharges électriques (Wiki)
[26] La lanterne de la *Baudroie Abyssale*, voir (Mathelet 1990), p60-69
[27] La plupart des poissons présentent font preuve d'une grande sociabilité. Voir ici pour les *Epinoches*. (Milinski 1990): 17-21
[28] Chasse coopérative interspécifique entre le *Mérou* et l'*Anguille*. Voir (Bshary 2006):
[29] Le classique *Labre nettoyeur*, voir (Bshary, 2011)
[30] Le cas du poisson vampire amazonien est assez fédérateur : voir (Bauer 2013) p. 119–124

[31] Je profite de l'évocation des bassins C^R qui sont des moteurs de sélection artificielle important pour préciser que je ne parlerais pas d'élevage dans ce travail qui se focalise sur la pêche, bien que l'effet de la sélection artificielle qu'on y pratique soient dévastateurs pour la biodiversité aquatique. (Hassenauer 2015)

somatique de ses parents.[32] D'autre part, il faudrait, pour que ce comportement soit transmissible, qu'il existe un gène, ou une entité interne codant pour ce comportement. Mais il ne peut pas plus exister de gène de « la reconnaissance de l'hameçon » qu'il ne peut exister de gène de « champion de Nintendo » : un gène ne code pas pour quelque chose d'extérieur à l'organisme qui le porte. Á la limite, certains gènes peuvent être sélectionnés s'ils favorisent tels types de caractéristiques avantageuses dans un environnement donné. [33]Il pourrait donc y avoir un gène qui augmenterait les capacités perceptives du poisson, et qui lui permettrait de discriminer l'appât du repas, mais il faudrait encore que le poisson ait appris durant sa vie somatique qu'il existe des hameçons sans que cette expérience lui soit fatale. Si la population de poissons de bassins C&R ont fini par apprendre, pour certains, à éviter l'hameçon, ils n'ont pas pu transmettre cet apprentissage à leur descendance. L'apprentissage de nouveaux comportements n'est pas l'exclusivité de l'espèce humaine : par exemple les oiseaux apprennent le chant de leurs parents dans l'oeuf, et certains comportements de transmission culturelle sont observés chez les primates.[34]

Il est évident que les poissons ne sont pas les champions de la transmission culturelle. Et ceci parce que la capacité à transmettre des comportements est éminemment liée au temps de gestation, au nombre de descendants par portée, au temps de développement de l'individu, aux stratégies de reproduction et de protection de la descendance. Par exemple, il y a une hypothèse selon laquelle la ménopause, qu'on observe seulement

[32] Voir á ce sujet les études d'August « ann sur la distinction entre les lignées de cellules germinales et somatiques, dans : *Germ Plasm : a theory of Heredity,* PIV ChXIII : « The supposed transmission of acquired characters, p 312-409

[33] Ce qu'on appelle « plasticité phénotypique », conception opposée au tout génétique dans laquelle le gène est plus une norme de réactions face aux changements environnementaux qu'une unité déterministe. Voir (Keller 2010) Ch .2

[34] Voir les fameuses études du professeur Whiten sur l'apprentissage des outils entre groupes lors des échanges matrimoniaux : (Whiten, 2000) p. 477–508

chez les grands mammifères, aurait un rôle dans ce type de transmission: une étude récente[35]montre que ce sont les grand-mères orques qui emmènent leurs petits enfants sur les lieux de chasse et d'accouplement.

Mais les poissons sont souvent exempts de ce type de comportements parce que leur stratégie de reproduction de leurs gènes est, pour la plupart des espèces, quantitative : il s'agit de produire le plus d'oeufs possible dans l'espoir que quelques-uns atteindront l'âge de se reproduire et de passer leurs gènes à nouveau. [36]Il n'y a pas là matière d'apprentissage, puisque les mères lâchent généralement un maximum d'oeufs et ne s'en occupent plus après l'éclosion. Malgré tout, des cas d'apprentissage sociaux ont été répertoriés chez certaines espèces de poissons comme les menées, les girelles et les gorettes jaunes, impliquant la transmission de comportements traditionnels, tels que le choix des lieux de ponte et de chasse.[37]

En conclusion, la troisième et dernière « fausse objection » qu'on aurait pu émettre à l'égard de mon sujet ne tient pas : les poissons ne mordent pas à l'hameçon parce qu'ils sont faibles ou stupides. Ces qualificatifs anthropomorphes n'ont aucune pertinence dans une analyse éthologique, et quand bien même on voudrait les utiliser, les poissons sont de manière générale de fins stratèges ayant développé un ensemble de moyens de défense contre leurs prédateurs naturels d'une grande sophistication.

[35]**:** (Brent and Croft 2015)
[36] (*Lodé 2012)*
[37] (Helfman et al. 1984): 379-384.

2) Un vrai problème :

- Des Poissons et des Hommes

En 1959, l'équipe de Louis Leakey découvre près du lac d'Olduvai, en Afrique de l'est, des ossements qui furent plus tard attribués à Homo habilis, « l'homme habile ». [38]Le crâne découvert par Leakey (OH7) fut daté d'environ 1,8 millions d'années.

La découverte de gisements paléoanthropologiques de la grotte d'Olduvai entraina de nombreuses fouilles révélant une histoire des interactions entre les hommes et les poissons qui remonterait aux premiers moments de l'évolution humaine : les plus anciennes traces découvertes de ces interactions furent des restes de poissons chats datant de plus de 500000 ans, auprès d'un gisement d'ossements d'Homo Habilis et d'Homo Erectus.[39]

Selon Kirlegaard et Gartside, ces données suggèrent que Homo Habilis était déjà pêcheur. Ils écrivent : « un des premiers outils de l'homme est l'ancêtre du hameçon, la gorge, une tige en os ou en bois se terminant par deux crochets symétriques, datant de 140000 ans, et des évidences suggèrent que déjà nos ancêtres agrémentaient la gorge d'appâts comme des mouches ou des vers de terre. »[40]

[38] (Cole 1975)
[39] Kirkegard and Gartside :*History of fishing. 1.1 Fish/Human Interaction.* Une grande part des informations qui suivent sont issues de cet ouvrage
[40] *ibid* note 39

Les poissons auraient naturellement eu un rôle nutritif majeur pour les populations vivant près de points d'eau mais ils auraient aussi eu une incidence déterminante sur certains comportements humains : outre l'aspect social dû à la capture et à la préparation, le poisson serait d'une rare commodité pour le commerce, et pourrait représenter un élément explicatif plausible dans l'exploration et la conquête de nouveaux territoires par nos ancêtres. Certains chercheurs affirment même que le passage à un régime constitué de poissons pourrait avoir eu un rôle majeur dans le développement de capacités cognitives et conatives en favorisant l'expansion de certaines zones cérébrales. [41]Enfin, il y aurait de nombreuses évidences appuyant l'hypothèse selon laquelle les bons pêcheurs auraient eu un statut élevé et seraient les premiers à porter les fruits de leurs captures comme signes distinctifs.[42]

En 2009, une équipe de chercheurs internationale a mené une analyse chimique des protéines collagènes d'une mandibule retrouvée dans la grotte de Tianyuan, près de Pékin. Cette étude visait à établir si la consommation de poisson était occasionnelle ou régulière dans les populations d'hommes modernes dont on a retrouvé des ossements datant de 40000 ans dans la grotte. D'après les résultats obtenus, cet individu au moins consommait régulièrement du poisson.[43] Mais cette preuve de la consommation de poissons par des populations vivant il y a 40000 ans ne nous est pas d'une grande utilité, puisque nous n'avons pas d'information sur la méthode utilisée pour capturer le poisson. Selon Jean Jacques Cleyet Merle[44], la pratique de la pêche n'implique pas d'outils spécifiques, et en outre, les outils de bois pourrissent trop vite pour qu'il nous en reste des traces. Nous avons donc affaire selon lui à une insuffisance archéologique. Il

[41] (Crawford 1992)
[42] (Henshilwood et al. 1997) 890-895
[43] (Trinkaus et al. 2006)
[44] (Cleyet-Merle 1990) pp. 45-48

montre empiriquement comment un groupe de trois personnes suffit à capturer des poissons perroquets en les précipitant dans les coraux puis en les ramassant à la main.[45] Mais une autre étude publiée dans Science la même année, semble fournir des évidences de l'utilisation des hameçons par nos ancêtres, entre 16000 et 23000 ans, dans l'Océanie actuelle. [46]L'équipe d'archéologues de Sue O'Connor découvre des éclats d'hameçons en coquillage dans le gisement de Jerimalaï, en Timor Oriental, au nord de l'Australie. Selon cette équipe de chercheurs, la corrélation entre la forme de l'hameçon retrouvé, les 38000 restes de poissons pélagiques découverts sur le site, et les moyens de navigation des populations de l'archipel suggéreraient la pratique de la pêche en haute mer. Selon Sue O'Connor, la pêche seule aurait pu permettre aux populations humaines d'arriver en Australie en traversant l'océan indien il y a plus de 50000 ans. Le cartilage, les arrêtes et les écailles fournissent également un matériau abondant pour la fabrication d'outils et d'ornements. Mais il y a plus : la découverte sur ce même site d'une grande quantité d'ossements de requins, de thons et de raies suggère une pratique quotidienne de techniques de pêche très sophistiquées il y a plus de 50000 ans, ces poissons étant d'une grande complexité à attraper et nécessitant de bons filets ou des hameçons massifs dont on n'a jusqu'ici détecté aucune trace.

La datation des premières pêches à la ligne et leur rôle dans l'évolution des sociétés humaines reste donc éminemment floue. Mais la question qui nous préoccupe ici étant celle de savoir quel rôle l'homme a occupé dans l'évolution du comportement des poissons, nous pouvons laisser ce flou de côté en nous munissant d'une certitude : l'homme est un prédateur régulier des poissons depuis au moins 500000 ans, il utilise

[45] Je vous invite par ailleurs à regarder les vidéos de Patrick Lamaison disponibles sur youtube, dernier représentant des pêcheurs à la Barre, qui fait preuve d'impressionnantes méthodes inspirées des hérons pour attraper des poissons à la main.
[46] (O'Connor et al.2011).

des outils pour pêcher depuis au moins 50000 ans, et il pêche à la ligne depuis au moins 20000 ans. Mais comme la plupart de nos hypothèses sur les modes de vie de nos ancêtres, ce n'est qu'avec l'avènement de l'écriture, et l'entrée de l'homme dans l'histoire que les premières vraies évidences de la pratique quotidienne de la pêche à la ligne apparaissent. Et avant l'écriture, il y a les représentations pariétales d'animaux, notamment en France et en Espagne. Dans la *Cueva de la Pasiega*, découverte en 1911 par Hugo Overbaier, figure parmi les dizaines de figurations de bovins une peinture de poisson. La monographie de André Leroi-Gourhan suggère que cette grotte était un sanctuaire où nos ancêtres se retrouvaient pour se livrer à divers rituels totémiques impliquant l'adoration des animaux. [47]Le poisson était donc non seulement connu, utilisé, mais aussi divinisé, il y a 16000 ans, date dont on estime qu'elle correspond aux moments où nos ancêtres ont peint de leurs mains les animaux dont ils se nourrissaient et qu'ils idolâtraient.

Dans leur « histoire de la pêche », Gartside et Kirkegaard suggèrent que la plupart des méthodes de pêche actuelle ont atteint leur développement final au moins quand les hommes ont commencé à écrire. Selon eux, mises à part quelques variations techniques dans la composition des matériaux, les caractéristiques essentielles de la pêche à la ligne, ses stratégies élémentaires, se sont fixées il y a au moins 4000 ans, avant le voyage D'Ulysse sur les îles de la mer Egée.[48]Pendant des milliers d'années, la ligne, faite de tresses de cheveux ou de crins d'animaux chassés est restée très courte, seulement quelques pieds. La première longue corde identifiée date du 4eme siècle AJC à Rome.

[47] (Leroi Gourhan 1958)
[48] Les informations qui suivent proviennent pour la plupart de « History of fishing » de Kirkegaard et Gartside référencé plus haut, voir note 31

On trouve dans les textes grecs, assyriens (l'actuelle Syrie) et romains de cette époque des références à la pêche à la ligne. En Chine, on utilisait au 4eme siècle BC de simples cannes en bois avec du riz cuit comme appât. En Égypte, on trouve des lignes et des filets 3500 ans BC, bien qu'on ne sache toujours pas quelle méthode était la plus utilisée. Plus tard, 2000 ans BC, on trouve les premières évidences concrètes de la pêche à la ligne dans des représentations de scènes de pêche sportive sur les murs des pyramides. Sur la côte pacifique péruvienne, on pêche à bord de barques avec des hameçons depuis plus de 3000 ans. On suppose qu'alors le poisson était l'unique ressource d'une population de 20000 habitants. Les lignes étaient encore à cette époque faites de fibres de plantes, de cheveux, et de crins d'animaux.

Nos documentations sur l'histoire ancienne de la pêche à la ligne s'arrêtent là : aucune évolution significative n'est répertoriée entre les cannes en bois et les lignes en crins et en tendons antiques jusqu'au XVIIème siècle. En 1650, Charles Kirch développe une nouvelle forme d'hameçons « hairly bend » , très proches de ceux qu'on utilise aujourd'hui, et ce n'est qu'en 1770 que le moulinet fait son apparition, corrélativement avec les nouvelles cannes en bois plus élastiques. Mais le boum de la pêche sportive attendra la fin du XIXème siècle, avec une évolution rapide du *design* de l'équipement. Le crin de cheval devient un fil de soie recouvert d'huiles occises. Puis c'est l'avènement du fameux *American Spinning Reel*, en 1880, qui clôture ce nouveau pic d'évolution des matériaux. Le XXème siècle n'observera que des changements superficiels du matériel, comme les lignes en nylon, les moulinets plastiques et les cannes synthétiques.

Et ainsi, de la pêche nutritive préhistorique et antique à la pêche sportive actuelle, la technique est restée sensiblement similaire. Il s'agit d'agrémenter un hameçon d'un

appât (vers, mouche ou leurre), d'y fixer une ligne reliée à une canne et d'attendre. La préhistoire et l'histoire de la pêche se réduisent à une histoire des outils, et le pêcheur moderne rencontre donc essentiellement les mêmes contraintes stratégiques que ses ancêtres néolithiques.

- La course aux armements

Voici venu le moment d'édifier la clef de voûte de ce travail : pour reprendre la métaphore de l'enquête, ce moment s'apparenterait à celui où l'enquêteur, étant parvenu sur la scène du crime, est confronté à un ensemble de traces dont la convergence semble indiquer une cause surnaturelle à l'origine de la mort de la victime. Ici, le « crime », ou le phénomène à expliquer, est l'absence de réponses des poissons à une pression écologique vieille de plusieurs dizaines de milliers d'années. L'ensemble des traces que l'enquêteur a réunies sont les données historiques sur l'histoire de la pêche, et un ensemble d'adaptations très subtiles que les poissons ont tendu à développer pour répondre à d'autres pressions écologiques, comme par exemple la prédation marine. Et l'enquêteur a toujours, de son expérience des enquêtes passées, un ensemble de lois criminologiques qu'il a édifiées à partir des régularités observées au cours de sa carrière. Mais il peut arriver qu'il se trouve confronté à un cas tellement étrange qu'il défie toute son expérience passée, et qu'il se voie a priori dans la nécessité d'invoquer des causes surnaturelles au crime qui devient une énigme à résoudre : c'est ainsi que commence tout bon polar, selon les règles littéraires instituées par S.S Van

Dine en 1928. [49]Par exemple, l'enquêteur trouve généralement des traces de lutte, ou de tromperie sur la scène de crime. Cependant, comment réagirait-t-il s'il se trouvait confronté à un meurtre d'un enfant de 4 ans muni d'une petite cuillère sur un individu adulte bien portant ? Voici à peu près la situation dans laquelle je me suis trouvé en me penchant sur la question de l'absence de réponses adéquates des poissons à la pêche à la ligne. Dans cette analogie, la loi, qui n'est pas à proprement parler une loi, mais plutôt un ensemble de régularités à portée très générale, est la faculté des organismes à développer des stratégies évolutives pour se prémunir des pressions écologiques qu'elles subissent : cette faculté, qui semble, par sa grande généralité, constituer une sorte de propriété des êtres capables d'évolution, entraîne des processus de « course aux armements », courses durant lesquelles des espèces présentant des relations écologiques particulières ont tendance à développer par sélection naturelle, chacune de son côté, des stratégies de plus en plus complexes pour gagner la course face à l'adversaire. Il n'y a pas d'image plus évocatrice pour présenter ce phénomène que le modèle proie/ prédateur . Par exemple, l'ensemble des réflexes, stratégies et traits développés par le chat pour attraper les souris, et l'ensemble des réflexes, stratégies et traits développés par les souris pour se prémunir de la prédation du chat.

En septembre 1862, Charles Darwin raconte avec fierté, dans une lettre à l'intention de son collègue et professeur de botanique Asa Gray, comment son jeune fils Horace est capable de saisir intuitivement le mécanisme de sélection naturelle. S'inquiétant du nombre de vipères dans leur jardin, Horace suggère qu'il faudrait en tuer un maximum pour éviter de se faire mordre. Et son père Charles lui répond que bien entendu, moins il y a de vipères, moins la probabilité de se faire mordre est élevée. Mais Horace lui

[49] (Van Dine 1928)

rétorque alors que ce qu'il a vraiment voulu dire, c'est qu'en éliminant les vipères qui s'approchent pour vous mordre, on éliminait du même coup les vipères agressives, si bien qu'au bout d'un certain temps, il n'y aurait plus que des vipères timides qui n'attaquent pas dans le jardin.

« Natural Selection ! » Conclut Charles Darwin.[50]

J'ai souvent entendu dire que la force de la théorie darwinienne résidait dans sa merveilleuse simplicité, ce côté « mais oui, bien sûr, j'aurais pu y penser avant » qu'on ressent lorsqu'on lit la réflexion du petit Horace Darwin. Il me semble au contraire que la théorie darwinienne est éminemment complexe, et ne peut être réduite à cet épisode des vipères dans le jardin des Darwin. L'écologie évolutive nous apprend qu'en éliminant les vipères agressives du jardin, on peut augmenter la proportion de vipères non agressives, mais aussi la proportion de vipères agressives qui ont survécu à cette sélection. Autrement dit, l'idée du petit Horace, malgré l'approbation de son père, pourrait avoir l'effet inverse de celui recherché : à savoir générer des populations de vipères agressives capables de se prémunir de l'élimination humaine, par exemple en se dissimulant plus habilement.

La Sélection Naturelle (nous ne nous étendrons pas sur le fait qu'il s'agisse ici plus d'une Sélection Artificielle) au sens négatif de lutte pour la survie, peut en effet engendrer dans certains cas des renforcements de la population face à la pression écologique qu'elles subissent : c'est le cas bien connu des virus et des antibiotiques qui suscite actuellement de nombreuses controverses, puisque en renforçant l'effet de nos

[50] Relaté par Lewens dans l'introduction de *Cultural Evolution, CH ;Darwinism in Dispute*, p.4

antibiotiques, nous renforçons indirectement les populations virales qu'ils sont sensés éliminer. « Ce qui n'élimine pas la totalité d'une population la rend plus forte », aurait sans doute dit Nietzsche s'il avait été au fait de ces mécanismes évolutifs. La course aux armements du chat et de la souris, de la vipère et d'Horace Darwin, des virus et des antibiotiques, des Russes et des Américains, est un processus ubique qu'on observe chaque fois que la maximisation du profit d'une entité passe par une minimisation du profit d'une autre entité. Ce qu'on définit, dans le lexique écologique, comme des relations parasitiques, en opposition aux relations symbiotiques ou mutualistes dans lesquelles chaque partie trouve un avantage à l'interaction. Cette relation écologique est identifiée un peu partout dans la nature, engendrant des histoires toutes plus extraordinaires les unes que les autres.

Il y a ce fungi parasite qui se répand chez les grenouilles en rendant les appels nuptiaux des mâles mourants de son fait plus attirants, contrés temporairement par des mécanismes de discernement des mâles affectés chez certaines femelles. [51]Il y a ces papillons qui miment les papillons vénéneux, suivis d'une adaptation des populations des prédateurs qui parviennent à identifier les trompeurs.[52] Il y a encore le coucou, qui pond ses œufs dans les nids des autres oiseaux, dont certains finissent par développer des stratégies pour repérer les petits coucous, en apprenant dans l'œuf à leur progéniture des chants que le coucou ne peut imiter. [53]Il y a ces plantes qui secrètent des spores qui ont la même odeur que le prédateur volatile des insectes herbivores qui s'en nourrissent, et certains de ces insectes qui discernent au bout d'un certain temps la

[51](Waldman et al. 2016)

[52] (Brower 1958)
[53] (Croston et al. 2010)

supercherie.[54] Il y a ces labres nettoyeurs, des poissons qui tentent de maximiser le profit de leurs interactions symbiotiques avec d'autres poissons en utilisant des stratégies très subtiles, qui peuvent également être déjouées après un grand nombre d'essais et d'erreurs par les autres poissons qui interagissent avec eux[55].

Et il y a enfin le *Docteur Folamour*, qui est au centre d'un conflit entre les Russes et les Américains, et qui provoque à lui seul une course aux lancements des missiles menaçant de détruire la planète.[56] Mais contrairement à l'histoire du docteur Folamour, ces courses aux armements ne résultent pas d'apprentissages individuels des comportements adverses, d'une théorie de l'esprit ou d'une inférence bayesienne suscitant l'accélération du conflit, mais de courses évolutives, faites d'essais et d'erreurs au travers des générations. Par exemple, le mimétisme batesien des papillons inoffensifs n'est pas une transformation somatique, individuelle : les individus qui ressemblent le plus aux papillons vénéneux auront plus de probabilité de tromper le prédateur, et donc de survivre et de se reproduire. Leur population augmentant, la probabilité que les prédateurs soient trompés diminue, et les prédateurs capables de discerner les trompeurs des vrais papillons auront eux aussi plus de probabilité de survivre et de se reproduire : le mimétisme batesien est un exemple d'une dépendance négative à la fréquence, où l'avantage individuel d'un trait est corrélé négativement avec le nombre d'individus qui le portent : un « avantage du plus rare » lié à des relations écologiques complexes engendrant une fluctuation des modalités de sélection sur lesquelles je reviendrai dans ma deuxième partie.

Tous ces processus de coévolution étant le fait d'une succession d'essais et d'erreurs, où les erreurs ont généralement la mort comme corrélat, leur déroulement s'étend sur

[54] (Freeman et al. 2008)
[55] (Bshary, 2011)
[56] Docteur Folamour, Stanley Kubrick, 1964

plusieurs générations. Mais la course aux armements, bien que relativement lente puisque transgénérationelle, est un facteur d'accélération des adaptations qui n'est pas insignifiant : l'accélération d'un des coureurs engendre l'accélération de l'autre coureur, et ainsi de suite, comme un mécanisme itératif où l'accélération est elle même facteur d'accélération.

Ce phénomène de coévolution négative, de course aux armements, fut popularisé par l' « hypothèse de la reine rouge » de Leigh Van Valen, puis formalisé par les équations d'Hamilton[57]. Dans « De l'Autre Côté du Miroir », Alice, le personnage de Lewis Caroll, est entrainée par la reine rouge dans une course contre le paysage. Courant main dans la main avec la reine, Alice se demande pourquoi le paysage ne défile pas devant ses yeux alors qu'elle même se déplace. Et la reine rouge de répondre à la petite fille cette formule désormais célèbre : « dans un environnement toujours changeant, il faut courir afin de rester sur place. »[58] Cette allégorie suggère la nécessité des variations dans un paysage adaptatif fluctuant pour répondre aux demandes inédites de l'environnement. Les résultats de la méthode de « coévolution expérimentale » suggèrent que c'est précisément l'instabilité de l'environnement qui favorise la rapidité des mutations dans les deux populations concourantes.[59] L'impact de ces changements peut être radical : l'expérience de Morran et al sur la coévolution hôtes/parasites montre que les populations de nématodes hermaphrodites *C. Elegans,* confrontées à des populations de bactéries pathogènes coévoluantes auront tendance à favoriser la reproduction sexuée afin de maximiser le taux de mutation par génération. [60] Et ceci par un mécanisme très

[57] Voir P.H Gouyon, J.P Henry et J.Arnould, *Les Avatars du gène, Théorie néodarwinienne de l'évolution p. 292.*
[58] Voir Annexe 2
[59] (West et al 1999)
[60] (Moran et al 2011)

simple de sélection naturelle par lequel les populations exclusivement asexuées voyaient leur nombre d'individus décroitre au cours de l'expérience, la bactérie pathogène continuant à courir, à évoluer, pendant qu'elles-mêmes restaient sur place. Mais il y a plus. La coévolution expérimentale peut avoir pour résultat une fixation de la reproduction sexuée dans les lignées hermaphrodites, une sorte de verrou évolutif impliquant des spéciations irréversibles.[61] C'est ainsi que l'équipe de Lucas Leclerc interprète l'origine des différences de modes de reproduction (sexuée, clonale, sexuée et clonale) chez la méduse *Clytia Hemispherica*. On trouve en effet des populations exclusivement clonales dans des environnements à fluctuations lentes, ce mécanisme de reproduction étant plus quantitatif, plus propice à la colonisation rapide et efficace de niches écologiques. Inversement, les populations exclusivement sexuées sont localisées dans des zones à fluctuation rapides, suggérant l'avantage d'un mode de reproduction moins quantitatif, mais favorisant la mutation syngamique, dans un environnement instable.[62]

Et ainsi, dans son extension moderne, qui vise à rendre compte des relations écologiques dynamiques, la théorie darwinienne est loin d'être simple et intuitive. Sa confrontation à des cas tels que ceux catalogués plus haut nous amène à penser hors du cadre de l'individualité, par-delà les générations. Dans la métaphore de la course, chaque pas vers l'adaptation représente une vie somatique, un essai, une erreur, une vie, une reproduction et une mort. « Dans la vie, aurait dit l'écrivain futuriste Isaac Asimov, contrairement aux échecs, la partie continue après l'échec et mat. »[63]

[61] (Gouyon 1999)
[62] Lucas Leclere : Thèse de Doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie, 2008
[63] Source tout à fait introuvable, malgré l'expansion épidémique de cette citation sur le net. Qu'elle soit justement attribuée ou pas à Asimov, j'approuve cette métaphore suffisamment vague pour qu'elle serve de nombreux propos.

Ce décentrement, cette blessure narcissique[64] que Freud identifie lorsque la théorie darwinienne est extrapolée à la condition humaine, nous invite douloureusement à nous penser nous-même, avant même qu'il n'y ait un projet de nous-même.

- Les rêves du bricoleur

Je considère à présent le problème comme posé et suffisament tendu. Etant donnés :

1) Le processus de sélection naturelle tel qu'il fut formulé par Charles Darwin dans « l'origine des espèces »
2) L'histoire des interactions hommes/poissons durant laquelle les méthodes et matériels de pêche n'ont pas changé tandis que des populations de poissons ont évolué des adaptations significatives à la prédation marine.
3) L'ubiquité de la course aux armements et sa faculté d'accélération des adaptations

Comment se fait-t-il que les poissons mordent toujours à l'hameçon ?

Deux possibilités s'offrent à nous : ou bien la variation nécessaire n'est jamais apparue, ou bien, si elle est apparue, elle ne s'est jamais répandue. Je vais prendre les choses dans l'ordre et me focaliser dans cette sous-partie sur la première hypothèse. Mais avant de se demander si cette variation est, ou n'est pas apparue, durant l'histoire évolutive des poissons ultérieure à l'émergence de la pêche à la ligne, il faudrait auparavant se demander si elle aurait pu apparaître, autrement dit, si elle est seulement possible.

[64] Freud, *Introduction à la Psychanalyse* chap.18, p266

De quelles natures pourraient être les traits particuliers permettant de contrer une telle pression écologique ? J'en ai identifié deux types, sans prétendre à l'exhaustivité. Il pourrait y avoir des variations liées à la perception : par exemple, quelque augmentation de l'acuité visuelle, ou quelque sens dont nous ne pouvons pas nous faire d'idée a priori, qui permettrait de discerner « l'appât du repas. », ou encore de rendre le poisson sensible à la présence des pêcheurs, comme la chevesne, ce poisson d'eau douce qui perçoit le pêcheur à travers le miroir de l'eau et dont la capture requiert de subtiles stratégies de dissimulation. [65]Ces variations de nature perceptive pourraient produire des comportements de fuite à l'arrivée des pêcheurs, ou bien des techniques pour se saisir de l'appât sans mordre à l'hameçon ou tout simplement de précaution envers les leurres. Il pourrait également émerger des variations de type « mécanismes de défense » qui auraient un rôle une fois le poisson hameçonné. Ce pourraient être par exemple des traits morphologiques permettant de se défaire de l'hameçon une fois qu'il s'est implanté dans la gorge du poisson.

En partant de là, on peut tout, ou à peu près tout imaginer. Demandez à un enfant comment pourrait faire le poisson pour éviter de se faire hameçonner, et il vous dressera une liste extraordinaire de traits ou de comportements qui y suffiraient.
« Le monde réel a ses bornes ; le monde imaginaire est infini » écrivait Jean-Jacques Rousseau dans l'Emile. [66] Et « Tous les organismes ne sont pas possibles »[67] dira plus de deux siècles plus tard le médecin et biologiste François Jacob. Cette dernière formule

[65] Expérience personnelle et sagesse traditionnelle des aïeux dans les étangs de Tailly.
[66] Jean-Jacques Rousseau, *Émile ou de l'Éducation,* Livre II
[67] Ce rapport entre l'actuel et le possible en biologie est la tension directrice de *Le jeu des possibles* de François Jaco*b*

ne renvoie pas seulement au fait que tous les organismes n'ont pas existé, mais au fait qu'ils ne peuvent pas avoir existé et qu'ils ne pourront jamais exister. En 1979, Richard Lewontin et Stephen Jay Gould publient un article désormais célèbre intitulé « *The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm*». L'objet de l'article est principalement le phénomène d'exaptation, ou le recyclage d'un trait adaptatif en vue d'une autre fonction (comme par exemple les plumes des oiseaux, qu'on suppose à l'origine sélectionnées pour leurs qualités thermorégulatrices). L'exaptation nous renvoie à cette autre formule de François Jacob selon laquelle la sélection naturelle est un bricoleur plutôt qu'un ingénieur : elle opère sur ce qui est déjà là. Mais la métaphore des tympans de Saint Marc de Gould et Lewontin, qui est une sorte « d'exaptation artificielle » nous renvoie surtout à l'idée de contraintes structurales au sein des organismes. L'équilibre architectural d'une structure donnée, même vivante et donc homéostatique, capable de résilience, implique une délimitation du champ des possibles. Par exemple les girafes sont les seuls mammifères à ne pas produire de vocalisation, bien qu'on puisse imaginer leur utilité, car la longueur de leur cou n'est pas compatible avec la longueur maximale d'un nerf laryngial fonctionnel. [68] « L'imperfection est la marque de l'évolution » écrit le biologiste évolutionniste Jerry Coyne dans son livre *« Why evolution is true.* » [69]

Et ainsi, si le bricoleur peut rêver, fantasmer des organismes possibles, comme le ferait un sculpteur muni d'argile, il se doit d'opérer avec un nombre déterminé d'outils, une certaine qualité structurale du matériel de base et un ensemble de contraintes physiques (songeons seulement à la gravité) afin de produire des organismes viables,

[68] (Lönnig 2010)
[69] (Coyne 2009), P 81

c'est à dire capables d'accomplir leur ontogénèse dans un équilibre fonctionnel « normal », selon la conception canguilhemienne de la normalité. Dans cette perspective, il semble peu probable, voire impossible qu'un jour les poissons aient des mains pour décrocher l'appât de l'hameçon. Malgré cette délimitation intuitive du champ des possibles, qui permet à chacun de déterminer ce qui est plus ou moins vraisemblable, n'oublions pas qu'un groupe de reptiles a « inventé » le vol pour faire face à des pressions écologiques terrestres. Aurions-nous pu le prévoir, même seulement le concevoir, si nous avions été là, munis de *l'Origine des espèces*, pour assister à ce fabuleux recyclage ?

Postulons à présent que la gamme des variations possibles des poissons inclue un des traits envisagés plus haut pour faire face à la pêche à la ligne. Si cette variation est apparue, la question devient pourquoi ne s'est-t-elle pas répandue ?

Il faut garder à l'esprit que si la question que je me pose est particulière et qu'elle n'a jamais été posée en ces termes, ce type d'interrogations n'a rien d'inédit. On en trouve de nombreuses instances dans la littérature philosophique et scientifique.

Dans un article très controversé,[70] Jerry Fodor se demande « Pourquoi les cochons n'ont pas d'ailes ? » Cette question a ceci en commun avec la mienne qu'elle s'interroge sur les raisons pour lesquelles l'évolution n'a pas fait émerger un certain type de traits dans une espèce donnée. Bien que l'article de Fodor constitue selon moi une mauvaise critique du darwinisme (principalement parce qu'il repose sur le présupposé faux que tous les darwinistes sont adaptationnistes), on y trouve un point important que je voudrais évoquer ici :

[70] (Fodor 2007)

« Comment répondre, demande Fodor, à la question pourquoi certains phénotypes n'arrivent (happen) pas ? » Pour avoir des cochons ailés, il faudrait complètement *redesigner (de l'anglais « design »)* le cochon. Mais comme la sélection naturelle est cumulative et incrémentale, elle ne fait pas ce genre de choses. Il est important de signaler que dans cette expérience de pensée, abstraite et contrefactuelle, dans laquelle les cochons auraient développé des ailes, l'organisme « cochon ailé » ne serait dès lors plus un membre de l'espèce cochon. Etre un cochon, selon une définition phénétique, c'est, nécessairement mais en aucune manière suffisamment, fouiller le sol avec son groin pour dénicher des baies, et comme la capacité de voler induit un ensemble de traits corollaires, des contraintes structurales comme le ratio taille/poids, et un ensemble d'organes adaptés à la vie aérienne, un cochon ailé ne ressemblerait pas du tout à un cochon avec des ailes. Plus sérieusement, être un cochon, selon une définition phylogénétique, c'est avant tout descendre d'un cochon et d'une truie, c'est s'inscrire dans une lignée spécifique.[71]

Mais il me semble que rapprocher ma question de celle de Fodor, c'est à dire la subsumer sous la question plus générale « Pourquoi certains phénotypes n'arrivent pas dans l'évolution ? » C'est la réduire à une analogie formelle sans prendre en compte les facteurs empiriques qui en sont l'objet : la question « Pourquoi les zèbres n'ont pas de mitraillettes pour se défendre des lions » appelle, comme celle de Fodor, une expérience de pensée sans queue ni tête, nécessitant des contrefactuels tellement importants que le monde abstrait dans lequel elle s'inscrit n'aurait rien à voir avec le nôtre. Il me semble qu'on pourrait la rapprocher plus légitimement d'un autre ensemble de questions

[71] Sur la classification phylogénétique, voir à nouveau Hull (1978),

formellement identiques, mais plus proches dans le type d'explications qu'elles requièrent. La question de savoir pourquoi il n'y a pas de cochons ailés est tellement fantasque qu'elle implique de se situer dans un autre monde possible dans lequel nous ne serions surement pas là pour élever des cochons et nous poser ce genre de questions. On ne peut que se munir d'un « pourquoi pas, après tout? » pour envisager la possibilité d'une telle créature. Un « pourquoi pas » qui ôte toute crédibilité à un ensemble de questions plus légitimes comme « pourquoi les souris se font toujours avoir par les tapettes à souris ? » par exemple. Cette question est beaucoup plus proche de la mienne en matière de plausibilité, dans l'articulation entre réel et possible qu'une éventuelle réponse nécessiterait. Premièrement, il s'agit d'un questionnement impliquant une intervention humaine. Deuxièmement, cette intervention humaine consiste à « piéger » une autre espèce, à la tromper avec un appât mortel. Nous verrons dans ma troisième partie en quoi ces deux facteurs sont significatifs dans le cadre de ma problématique.

Les questions sur le possible et le réel sont essentiellement une affaire de temps, plus précisément de finitude. Une expérience de pensée fameuse consiste à imaginer un singe qu'on laisserait pendant un temps infini devant une machine à écrire. [72]L'articulation des concepts d'infini et de possibles mathématiques impliquent une conclusion vertigineuse : dans un temps infini, tout peut arriver. Il est donc possible que notre singe finisse, dans cette quantité de temps abstraite qu'est l'infini, par taper au hasard l'intégralité de l'œuvre de Shakespeare à la lettre près. Mais la question que nous nous posons s'inscrit dans un temps fini, et par ailleurs extrêmement court en considération des temps géologiques ou cosmiques : 5000000 ans pour les interactions

[72] C'est le paradoxe du singe savant, fondé sur les propriétés mathématiques de l'intégrale de Lebesgue et popularisé par Borges dans la Bibliothèque de Babel.

homme/poisson, et 20000 ans pour notre certitude sur l'avènement de la pêche à la ligne. C'est pourquoi notre réflexion doit se déployer dans un monde bien concret et fini, et plus précisément dans un monde organique dans lequel on trouve des rythmes et des tempos d'une grande diversité, facteurs dont nous ne pouvons faire l'économie dans notre enquête.

C'est un grand poisson et je dois le convaincre, pensa-t-il. Je ne dois pas lui permettre de savoir sa force, ni ce qu'il pourrait faire s'il maintient sa course. Si j'étais lui je donnerais tout ce que j'ai maintenant, et je foncerais jusqu'à ce que quelque chose casse. Mais, Dieu merci, ils ne sont pas intelligents comme nous qui les tuons ; même s'ils sont plus nobles, et plus capables.

Ernest Hemingway, *Le vieil homme et la mer,* p.70

II - Les mesures de l'évolution

Dans ma première partie, j'ai évacué un ensemble de réponses simples à ma question afin d'élaguer la profusion d'explications insuffisantes qui peuvent venir intuitivement. Avant d'aller plus loin, je vais récapituler brièvement les étapes de ma problématisation.

Le poisson mord à l'hameçon depuis au moins 20000 ans. Pendant cette période et jusqu'à l'avènement de l'ère industrielle, les modalités de la pression écologique représentée par la pêche sportive n'a changé que superficiellement, dans la nature du matériel utilisé. Or, nous avons également présenté (PI 1, 2) les capacités de réponse adaptatives des poissons aux différentes pressions écologiques qu'ils subissent, et les modalités de ces mécanismes d'adaptation dans le cadre plus général de la théorie darwinienne de l'évolution : il suffirait en effet d'un seul individu porteur d'une variation lui permettant de contrer cette pression écologique pour que, du fait même que cette variation lui procure un avantage différentiel en terme de survie, il ait également potentiellement plus de chance de se reproduire et de transmettre cette variation à sa descendance. Et, en considérant une population finie et un certain nombre de générations, un certain nombre d'essais, il devient de plus en plus probable que cette variation se propage et que la population considérée

finisse par acquérir cet avantage adaptatif. C'est la dimension « négative » de l'évolution par sélection naturelle[73], la fameuse lutte pour la survie responsable de la génération de caractéristiques fonctionnelles dans un environnement donné par élimination des moins adaptés et survie et reproduction des plus adaptés. La confrontation de cette conception à nos postulats sur l'histoire des relations hommes/poissons pose intuitivement le problème de savoir pourquoi une variation permettant aux poissons de se prémunir de la pêche à la ligne ne s'est jamais répandue : dans la dernière sous-partie de la première partie, nous avons vu que la question de savoir si la variation nécessaire pour répondre à la pression écologique de la pêche à la ligne était possible était éminemment dépendante aux échelles de temps dans lesquelles s'inscrivent nos réflexions sur le possible. Cette partie consistera précisément à ancrer ma problématique dans le cadre d'une conception temporalisée de l'évolution.

1) Tempos

- Echelles et calendriers

Avant de continuer, je tiens à ouvrir une brève parenthèse conceptuelle : le rythme et le tempo sont deux concepts originairement musicaux. Si le tempo en solfège, l'algèbre musical, est la mesure quantitative de l'allure d'exécution d'une œuvre, le rythme définit la succession et la relation qualitatives des valeurs de durée entre les notes.

[73] Dimension de la théorie darwinienne dont on accorde généralement la paternité aux textes de Malthus, que Darwin a lu et interprété.

Autrement dit la première est une mesure relative qui décrit la vélocité d'un morceau, et le second est une mesure absolue des variations des oscillations du morceau. Changer le tempo ne changera pas la musique dans sa constitution formelle, écrite sur la partition. En revanche, changer le rythme, c'est transformer les relations temporelles entre les notes, et donc modifier l'œuvre dans un de ses aspects les plus essentiels : le tempo accélère ou décélère, le rythme change. [74] Je referme la parenthèse.

Lorsque j'ai parlé de mon sujet à Jean Gayon, mon professeur de Philosophie de la Biologie à l'université Paris 1, il m'a suggéré que 20000 ans n'avaient peut être aucune valeur significative dans la longueur des temps géologiques qui ont vu la vie émerger, s'étendre et se complexifier. On ne devrait donc pas s'attendre à ce que les poissons aient évolué des caractéristiques adaptatives durant le laps de temps sagittal qui va du premier hameçon fonctionnel à ma première pêche dans les étangs de Tailly avec mon père. La réflexion de Jean Gayon m'a amené à introduire dans mon travail une dimension quantitative liée à la notion d'échelle. On entend couramment des analogies portant sur la mesure des temps évolutifs et la place que l'homme y occuperait. Par exemple, « l'homme apparaît à 21h dans le calendrier cosmique. » Ou encore « l'homme ne représente qu'une seconde dans la journée de l'évolution. » Ces analogies sont assez efficaces dans leur dimension réductive pour rendre compte d'échelles de temps qu'on dit souvent inaccessibles à l'entendement humain. Il y a les calendriers cosmiques qui datent de 15 milliards d'années, et les calendriers biologiques qui datent d'environ 3,5

[74] J'aurais aimé m'étendre un peu plus sur ces études conceptuelles des tempos et des rythmes en musique, mais j'aurais alors digressé pendant trop longtemps et ces seules données suffiront, j'espère, à comprendre la distinction entre tempos et rythmes que je n'utiliserais pas indifféremment dans cette partie. Pour ceux que ça intéresserait, il existe un très beau livre qui m'a été recommandé par un ami et qui étudie très en profondeur les relations entre les concepts musicaux et leurs équivalents empiriques, en histoire, en psychologie, en biologie : il s'agit de « Pourquoi la musique ? » de Francis Wolff.

milliards d'années. A l'entre deux, il y a un calendrier géologique, qui date de la formation de la terre, il y a environ 4, 5 milliards d'années, et à l'autre extrémité, il y a le calendrier anthropologique, dont la date est sans cesse repoussée par de nouvelles découvertes paléoanthropologiques. Et il y a encore cette insignifiante fraction du calendrier anthropologique, que j'appellerais le calendrier somatique, qui n'est ni plus ni moins que l'histoire ontogénétique d'un être humain. Ces calendriers sont des outils opératoires propres à chaque discipline scientifique : dans la classification hiérarchisée des sciences d'Auguste Comte, on peut identifier une fracture importante entre les sciences dites « nomothétiques » (physique, chimie, mathématiques) et les sciences dites « idiographiques » (biologie, histoire, sciences humaines), les premières fonctionnant avec des lois générales, les secondes avec une succession d'événements particuliers. [75]De deux calendriers, le positivisme a fait deux règnes.

Il me semble que cette dichotomie peut trouver un troisième terme dans une relativisation des tempos et des rythmes auxquels les objets des différentes disciplines évoluent. On trouve dans la distinction temps cyclique (le temps des lois) et temps sagittal (le temps de l'histoire), un parallèle conceptuel à cette dichotomie kantienne entre science nomothétique et science idiographique.[76] Cette seconde distinction ne reflète pas une différence essentielle entre les objets scientifiques mais une différence d'approche, la première généralisante, la seconde singularisante. Ce ne sont donc pas les objets physiques (l'atome, l'astre) et les objets biologiques (la cellule, l'espèce) en eux-mêmes qui devraient fonder les fractures méthodologiques des disciplines, mais les

[75] Voir Éric Letonturier, « Cours de Philosophie Positive, livre de Auguste Comte », *Encyclopædia Universalis*

[76] Pour une critique de la première distinction, voir S.J. Gould « aux racines du temps » p303-304. Pour une critique de la seconde, voir le Discours de 1984 de Wilhelm Windelband dans le cadre du « Débat sur l'historicisme. » pp1-16

calendriers dans lesquels ils évoluent : des différences d'échelle qui ont un impact réel sur l'épistémologie qu'on associe à chaque science. Dans un certain sens, c'est la distinction entre temps sagittal et temps cyclique qui fonde la distinction entre les objets inertes et vivants. La terre effectue sa ronde autour du soleil en une année, et tourne sur elle-même en 24 h. Temps cyclique. Et pourtant, il y a une histoire de l'univers qui s'écoule dans un temps sagittal, selon la seconde loi de la thermodynamique, et dans laquelle se succèdent et s'intriquent tous les événements que chaque science aborde selon ses propres lois. Le cycle du jour et de la nuit, déterminé par la rotation de la terre sur elle-même a évolué à mesure que la lune s'éloignait de la terre, dans un temps sagittal, irréversible et particulier qui apparaît à l'échelle perceptive du calendrier anthropologique comme un temps cyclique. Il y a 2500 millions d'années, dans la période géologique de l'Archéen, une année durait 714 jours, et un jour durait à peu près 12 heures.[77] Et les rythmes circadiens (temps cycliques) des organismes qui peuplent la terre ont évolué avec ces variations du temps de rotation de la terre autour d'elle même et autour du soleil : les premières formes de vie autotrophes se nourrissant principalement de lumières, les oscillations entre le jour et la nuit ont déterminé l'alternance de leurs dépenses d'énergie, les rythmes des phases passives de repos, et des phases actives d'utilisation de l'énergie solaire.[78] Et ces oscillations, dont les cycles ont évolué suivant un temps sagittal irréversible, continuent de déterminer les battements du temps dans les organismes qui peuplent aujourd'hui la terre. Phases de repos, phases de quête d'énergie, s'alternant dans le jour et la nuit (la quête de ressource et le sommeil) et dans l'hiver et l'été (bourgeonnement et repli chez

[77] (Arbab 2009), p. 8-9
[78] (Ksanfomality 1997) p. 41 à noter aussi que les coraux ont joué un grand rôle dans le calcul des rapports entre les horloges biologiques et cosmiques, voir (Runcorn 1966), p. 26–33

les plantes, hibernation et migration chez la plupart des animaux). Dans sa *Philosophia Biotanica* , parue en 1751, le célèbre classificateur suédois Carl Von Linné imagine une *horogium florae,* une horloge des fleurs, dans laquelle chaque heure correspond aux instants d'ouverture et de fermeture particuliers de différentes espèces.[79] A trois heures du matin sonne l'heure de l'ouverture du salsifi des prés, à 5 heures du matin celle du pissenlit etc.… Le rêve de Linné s'est aujourd'hui réalisé dans des centaines de jardins à travers le monde, grâce aux connaissances plus précises des heures de réveil des fleurs particulières en fonction du temps cyclique des saisons dans lesquelles chacune d'elle bourgeonne, fleurit, flétrit.[80] Et ainsi, dans l'horloge des fleurs de Linné se trouve le troisième terme que nous cherchions : elle est le lieu où se chevauchent l'idiosyncrasie et la nomologie, le temps cyclique et le temps sagittal, les sciences de l'inerte et les sciences du vivant. La *Philosophia Botanica* de Linné relativise dans le récit les distinctions essentielles entre les objets physiques et biologiques, et parvient à approcher, en dépassant les hiérarchies méthodologiques, une science historique faite de lois, une continuité ontologique entre les mouvements cycliques des astres et l'oxydation sagittale des êtres vivants. Dans cette perspective, les calendriers, les échelles de temps, les rythmes et les tempos sont les particularités essentielles de l'objet, ce qui détermine l'épistémologie particulière des sciences sans fonder nécessairement l'une sur l'autre.

Et la dissipation de cette illusion d'une fracture ontologique entre des objets qui obéissent à des lois et des objets historiques, particuliers, n'est possible que par une articulation des calendriers (échelle de temps) et des tempos (oscillation des évènements dans un calendrier) La fréquence des événements dans le calendrier

[79] Philosophia Botanica, Ch *IX Adumbrationes* (Ébauches), réinterprété par (Gardiner 1987)

cosmique donne l'illusion que le temps des étoiles est un temps cyclique, ou nomologique. L'inscription du calendrier biologique dans le calendrier cosmique induit une fréquence d'évènements beaucoup plus importante, d'où l'illusion qu'il n'y aurait pas de lois du vivant. Et l'inscription du calendrier somatique dans le calendrier biologique renforce encore cette illusion que la vie psychologique, qu'on fonde sur un sous-bassement biologique est changement constant tandis que le monde physique est perpétuel recommencement : le fait que les évolutionnistes du XVIIIème siècle soient partis de l'observation des organismes, et pas des étoiles, pour bâtir leur théorie, n'est pas dénué de signification en soi. Par ailleurs, avant Darwin, on utilisait le terme d'évolution pour parler du développement individuel. L'ontogénèse, le temps sagittal, développemental et oxydatif de l'individu, a servi de fondement aux théories évolutionnistes, qui pourtant se préoccupaient d'une histoire qui dépasse de loin la vie individuelle : « l'histoire naturelle », ou l'histoire de l'évolution des espèces sur terre.

Cette mise en perspective des calendriers propres aux différentes disciplines scientifiques était nécessaire pour introduire la conception temporelle de l'évolution qui est l'objet de cette partie. C'est par une distinction entre un « temps des étoiles » et un « temps de la bactérie » que je voulais introduire la véritable résolution de ma problématique par une étude des tempos de l'évolution.

- Gradualisme et polyrythmie

Natura non facit saltum, « la nature ne fait pas de sauts », écrivait Charles Darwin dans une autre lettre à son ami Asa Gray.[81] Pour Darwin, l'évolution des espèces par Sélection Naturelle est une histoire lente et graduelle, faite d'infimes variations aléatoires à chaque nouvelle génération. Pour Lyell, ce sont les mêmes phénomènes de sédimentation et d'érosion qu'on observe aujourd'hui qui ont été les moteurs de la formation du paysage géologique, des canyons, des volcans, des plaines et des montagnes : c'est l'hypothèse des causes actuelles, qui se reflète assez clairement dans la pensée de Darwin. Afin d'expliquer l'évolution des espèces par Sélection Naturelle à la lumière de l'hypothèse gradualiste de Lyell, il fallait à Darwin un calendrier géologique éminemment long. La fin du XIXème siècle voit l'émergence de nombreux débats sur l'âge de la terre, dont l'un des acteurs principaux fut le physicien britannique William Thomson, plus connu en tant que Lord Kelvin[82]. Ses études basées sur le refroidissement de la Terre et sur le gradient de température constaté dans les profondeurs suggèrent une fourchette se situant entre 24 et 400 millions d'années. Et il fallait, selon Darwin, un temps beaucoup plus long pour que la sélection naturelle permette de rendre compte de l'évolution graduelle des formes fossiles aux organismes contemporains.

[81] L'histoire des sciences attribue cependant la paternité de cette formule célèbre à Liebniz puis à Linné, qui a beaucoup inspiré l'auteur de l'origine des espèces.
[82] (Kelvin 1895)

« Il est possible que le monde ait été soumis à une période très ancienne à des changements dans ses conditions physiques et géologiques autres que ceux qui sont actuellement à l'oeuvre. Et de tels changements dans les conditions géologiques ont pu provoquer des changements à des rythmes comparables, plus rapides qu'aujourd'hui, » finira par écrire Darwin á Thomson. « Mais nous ne savons pas à quel rythme les espèces se modifient si nous devons le mesurer en nombres d'années. »[83]

Déjà en 1850, Darwin s'interrogeait sur le calendrier dans lequel s'inscrivait sa théorie et sur les rythmes auxquels les espèces se modifiaient. C'est en 1896, 14 ans après la mort de Darwin, que l'âge de la terre fut fixé à 4,5 milliards d'années, avec la prise en compte de la fluidité du magma sous la croûte terrestre, et la découverte de la radioactivité par Henry Becquerel.[84] Le calendrier géologique est aujourd'hui établi. Mais il reste encore des incertitudes quant aux rythmes d'évolution des espèces qu'évoque Darwin dans sa lettre à Thomson. L'évolution est-t-elle graduelle, comme le pensait Darwin, ou y'a t-il eu des discontinuités dans l'Histoire Naturelle, des explosions évolutives qui battent une mesure inconstante ?

Un des arguments principaux des tenants d'une évolution discontinue des espèces repose sur les discontinuités dans les archives fossiles. Elles constitueraient une preuve de la rapidité des transitions majeures, comme l'expansion des mammifères à la fin du crétacé, puisque l'absence de traces de ces phases transitives, de « chaînons manquants » dans l'archive pourrait être interprétée comme une réelle absence de ces

[83] J'ai déniché cette correspondance sur un site formidable d'adorateurs de la vie de Charles Darwin don j'ai partagé le lien dans les ressources numériques
[84] (Becquerel 1896), p. 501-502 En 2001 cette datation fut corroborée par l'analyse radiométrique du Crystal Zicon, le plus vieux solide terrestre connu.

phases dans l'histoire naturelle. Mais « les traces, écrit Pascal Quignard dans son beau livre *Sur le Jadis,* par définition, ne sont jamais visibles en tant que traces. Elles ne sont visibles que si elles sont cherchées comme des marques de ce qui n'est plus là.[85] » La négation du sens intrinsèque de la trace, tant qu'elle n'a pas été cherchée et interprétée, pourrait infléchir la plausibilité des récits que l'on écrit à partir des marques du passé, de « cette bête absente, de cette chasse possible de ce qui ne s'y voit pas ».[86] Et c'est pourquoi on a longtemps répondu à cet argument qu'une absence dans les archives fossiles n'était sans doute qu'un défaut de ce livre de la terre ouvert sur le passé, absence due à la violence des fouilles et à la dégradation sédimentaire : si les phases transitoires entre espèces ne sont pas observables, c'est peut-être tout simplement qu'elles ont disparu, ou ne sont pas encore découvertes [87]

Selon le paléontologue Stephen Jay Gould, le moment particulier qu'on appelle l'explosion cambrienne est au principe de très nombreux et divers plans anatomiques (bauplans) qui vont, après une courte période d'essais/erreurs durant laquelle la magnitude du rôle de la sélection naturelle est incertain, se stabiliser sur une grande échelle de temps pour donner naissance à la plupart des animaux connus.[88] Ce moment précis, ce pointillé dans le calendrier géologique est une explosion de nouveauté dans l'histoire naturelle. Un très grand nombre de formes disparates émergent, et la plupart s'éteindront subitement, d'après la convergence des données stratigraphiques et paléogénétiques.

[85] Pascal Quignard, « Sur le Jadis », P 69
[86] Ibid 85
[87] Déjà Charles Darwin au début de *l'Origine des Espèces* se faisait cette objection (c'était sa méthode argumentative principale) : *Pourquoi ne trouvons-nous pas de dépôts riches en fossiles appartenant à ces périodes primitives antérieures à l'ère cambrienne ? C'est là une question à laquelle je ne peux faire aucune réponse satisfaisante." Voir ODS* pp. 360-361
[88] C'est le propos de l'intégralité de « La vie est belle », de Stephen Jay Gould

« On a longtemps ignoré le rôle de l'extinction d'espèces dans l'évolution » écrit le paléontologiste David Raup. « Pourtant, les extinctions de masse ont radicalement restructuré la biosphère : l'élimination de groupes dominants aurait permis à des groupes minoritaires, auparavant contraints par la compétition avec les groupes éliminés subitement, de s'étendre et de se diversifier.[89] » Et selon Raup et Gould, ces extinctions n'ont souvent rien à voir avec un effet graduel de la sélection naturelle : elles sont généralement associées à des bouleversements radicaux d'écosystèmes stables générateurs d'explosions évolutives très rapides. Ces bouleversements pouvant être dus à des causes climatologiques (ères glacières du Silurien, du Carbonifère et du Cénozoïque), astronomiques (impacts cosmiques majeurs comme la fameuse comète de la fin du Crétacé), géologiques (pics d'activité tectoniques qui traversent les différentes ères géologiques), chimiques (fluctuations des teneurs en Co2 importantes du Cambrien au Dévonien) ou encore écologiques (espèces invasives, virus) identifiées seulement durant le cénozoïque car leurs impacts, de natures organiques, sont moins évidents à identifier dans les registres archéologiques[90]

- L'évolution en train de se faire

Le 27 janvier 1994, un colloque organisé par Walter M. Fitch et Francisco J. Ayala a réuni un grand nombre de scientifiques à la National Academy of Science à Irvin, Canada, en hommage au 50ème anniversaire de « *Tempo and Mode in Evolution* » de George Gaylord Simpson. Á cette occasion, un article de synthèse sur l'oeuvre de

[89] (Raup 1991)
[90] Pour une histoire des interprétations des cinq extinctions massives, voir (Raup et al 1982). J'ai mis à disposition un graphique rassemblant l'ensemble de ces données en Annexe 3.

Simpson a été rédigé. [91]C'est à partir de cet article que j'ai tiré l'essentiel de la pensée de Simson que je vais présenter ici.

Après avoir rappelé la position d'Huxley selon laquelle l'évolution procède rapidement par des sauts discrets, les auteurs présentent le contenu des deux premiers chapitres de l'oeuvre : dans un premier temps, il est utile de rappeler que Simpson définissait les taux d'évolution comme des résultats de changements génétiques. Le programme des paléontologues consisterait en partie à évaluer les différents déterminants génétiques populationnels contribuant à ces taux d'évolution, comme la variabilité au sein des populations, les taux et effets des mutations, les durées de générations, la taille de la population et la magnitude de la sélection naturelle en tant que pression environnementale. Simpson partait du principe que les taux d'évolution dépendent du temps plutôt que des générations : c'est à dire qu'on n'évaluera pas un taux d'évolution à partir du nombre de générations, mais à partir d'une échelle temporelle donnée, puisque le rythme des générations est un facteur inclus dans la mesure des taux d'évolution. Par exemple, si le rythme moyen d'une génération humaine est de trente ans, celui d'une bactérie E. Coli est de moins de 24h :[92] et comme à chaque génération syngamique des mutations discrètes surviennent, le rythme de génération est un facteur du tempo d'évolution de la population considérée.

[91] (Fitch and Ayala 1994)

[92] La question de l'âge des bactéries est conceptuellement complexe. On a du mal à identifier une naissance et une mort d'individu bactérien. Par commodité, on identifie l'âge d'une bactérie au temps de génération de sa population : un temps de génération éminément variable d'une population à l'autre, si bien que « l'âge » d'une bactérie peut varier de moins d'une minute à plusieurs milliers d'années. C'est le propos de (Setlow 2006) qu'un ami biologiste m'a gentiment traduit en langage courant.

La question centrale de *Tempo and mode* est celle de la constance des taux d'évolution. Fitch et Ayala montrent que ces taux sont très variables d'un ordre à l'autre : par exemple le taux de remplacement d'acides aminés (le turnover rate) est cinq fois plus rapide chez les mammifères que chez les fungi et les autres animaux. [93]De même, le virus du sida présente un turnover rate 1000000 de fois plus important que celui du génome humain, et il existe des organismes comme le coelocanthe (un poisson non téléostéen) dont on n'a identifié aucune mutation significative entre ses représentants actuels et leurs ancêtres retrouvés dans des archives fossiles, que l'on date de plusieurs millions d'années. C'est également le cas de la plupart des téléostéens.[94]

L'étude des tempos doit donc être préalable à toute inférence sur les modes : les tempos sont des facteurs empiriques déterminants de l'histoire évolutive d'une espèce. La mesure de ces taux d'évolution permet par la suite d'établir des patterns d'évolution. Par exemple, 10000 générations humaines se déroulent sur environ 250000 ans, tandis qu'il suffit de 500 ans pour obtenir 10000 générations de mouches du vinaigre. [95]Si 10000 générations n'ont pas forcément de valeur significative dans les temps géologiques, le processus prend néanmoins beaucoup trop de temps pour une expérimentation directe chez les hommes et les drosophiles. C'est pourquoi on a longtemps (jusqu'aux premiers usages des microscopes cellulaires) défendu l'idée que l'évolution n'était pas une forme de connaissance empirique. Theosodius Dobzanski fut le premier à se considérer comme témoin d'une évolution en laboratoire, avec sa fameuse expérience sur les drosophiles durant lequel il observe une spéciation confirmée par l'isolation reproductive de deux populations élevées à différentes

[93] *Ibid 91*
[94] (Lecointre 2010)
[95] La plupart des réflexions du paragraphe qui suit s'appuient sur (Lenski and Travisano 1994) **b**

températures. [96] Cette expérience cruciale fut interprétée comme l'avènement historique d'une science expérimentale de l'évolution, c'est à dire observable, manipulable, relativement prédictible et reproductible.

Mais avant lui, le révérend Dallinger avait déjà écrit à Darwin en personne que malgré les réserves du père de la théorie de l'évolution, l'évolution expérimentale était possible grâce à l'observation d'organismes aux taux de reproduction rapides comme les microbes. [97]

Plus récemment, le biologiste évolutionniste Richard Lenski a titré l'un de ses articles : *Evolution in Action : a 50000 Generation Salute to Charles Darwin.* [98]

« Qu'est-ce qui pourrait être plus excitant que de voir une histoire naturelle se dérouler sous la lunette d'un microscope ? », commence Lenski. Il faut en moyenne 4 ans pour obtenir 10000 générations d'Escherichia Coli, la bactérie qui a colonisé notre flore intestinale, et qui digère pour nous les aliments que nous absorbons. Dans un travail de recherche en collaboration avec M.Travisano, Lenski observe les tempos et les modes d'évolution des bactéries en laboratoire.[99] Leur idée initiale était de mesurer « l'évolution de l'évolution », autrement dit d'obtenir à partir de l'observation des phases évolutives des bactéries une formule qui permettrait de quantifier la répartition des phases de radiations évolutives dans n'importe quelle lignée. Ils ont constaté que dans un environnement nouveau mais constant, l'évolution se déroule très rapidement pendant les 2000 premières générations, lentement pendant les 3000 suivantes, et stagne pendant les 5000 générations restantes. Et ainsi, leur modèle d'évolution fondé

[96] (Mayr and al 1945)
[97] *Ibid 95*
[98] (Lenski 2011)
[99] (Lenski and Travisano 1994) **a**

sur l'observation des bactéries suggère une explosion de nouveautés rapide dans la première phase d'isolation d'une population, suivie d'une longue stase durant laquelle rien ou presque rien ne se passe. L'expérience de Lenski et Travisiano suggère que certains événements environnementaux peuvent provoquer des accélérations des radiations évolutives durant lesquelles les tempos d'évolution sont accélérés suivant des trajectoires imprédictibles, comme dans un *« butterfly effect »*[100]. Ces explosions dans l'histoire évolutive d'une population seraient suivies de décélérations puis de stases, de phases d'équilibre où le taux de variabilité (incarné par le turnover rate) semble figé. Le travail de ces deux chercheurs va dans le sens de la théorie des équilibres ponctués élaborée par Stephen Jay Gould et Nils Eldredge [101]: il y a un rapport analogique fort entre le modèle microévolutif des premiers et le modèle macroévolutif des seconds.

Je me suis focalisé pendant une partie entière de ce travail sur des considérations assez générales, alors que ma question initiale était éminemment précise et circonscrite. Le lecteur peut légitimement se demander à ce stade : qu'est-ce que ces histoires de tempos et de modes d'évolution ont à voir avec le fait que les poissons mordent toujours à l'hameçon ?

Qu'obtient-on si on extrapole le modèle de Lensko et Travisano sur les taux d'évolution des bactéries à l'histoire évolutive des téléostéens? Par réduction, leurs résultats suggèrent la formule suivante : les changements évolutifs majeurs, les innovations, ont

[100] L'effet papillon est un processus assez populaire qui exprime l'idée de sensibilité aux conditions initiales dans l'évolution d'un système dans la théorie du chaos. On accorde sa paternité au météorologue Edward Lorenz qui aurait demandé, lors d'un congrès de l'*American Association for the Advancement of Science* en 1972 : « Le battement d'ailes d'un papillon au Brésil peut-il provoquer une tornade au Texas ? »

[101] *(Gould and Eldredge 1972 et 1977)*

lieu durant les premiers 1/5ème de l'histoire évolutive d'une lignée. Les 4/5ème restants ne présentent pas, ou presque pas de changements significatifs.

L'origine évolutive des poissons se confond avec celle des vertébrés, il y a 500 millions d'années. Celle des téléostéens (les « poissons modernes ») remonte à 200 millions d'années.[102] Le calcul est vite fait :

- 0,2*200= 40 : soit 40 millions d'années pendant lesquelles les téléostéens ont significativement évolué.
- 0,3*200= 60 : soit 60 millions d'années pendant lesquelles les téléostéens ont observé un taux d'évolution lent, ou très peu de changements significatifs se seraient produits en termes de diversité et de disparité.
- 0,5*200= 100, soit aucun changement durant l'échelle de temps qui commence il y a 100 millions d'années et qui va jusqu'à aujourd'hui.

Autrement dit, le modèle des phases de radiations évolutives bâtit par Lenski et Travisano à partir de l'observation de populations de bactéries semble contraindre la possibilité que les poissons s'adaptent à la pression écologique de la pèche à la ligne. Même si *Homo Habilis* avait pratiqué la pêche à la ligne, comme le pensent Kirkegaard et Gartside, il n'aurait pas interagi avec des poissons avant la fin de leur phase de radiation évolutive.

[102] Voir encore (Lecointre 2010)

2) Modes :

Le lecteur peut légitimement éprouver quelque déception à ce stade du développement. Pourquoi ces longues analyses conceptuelles et historiques, pour parvenir finalement à une conclusion si abrupte? Comme je vais le montrer dans la partie qui suit, un enquêteur intègre ne peut s'arrêter à ce niveau d'évidence.

Nous avons vu qu'il était désormais possible d'observer « l'évolution en train de se faire » chez les bactéries et d'en inférer des modes d'évolution. Toutefois l'émerveillement de Lenski devant l'Histoire Naturelle qui se déroule sous son microscope nous rappelle également la dimension idiosyncratique d'une telle évolution expérimentale. « Le processus évolutif peut être directement observé en regardant les bactéries changer et s'adapter dans le temps », écrit Lenski.[103] Mais la répétition de ses expérimentations lui a ouvert les yeux sur les trajectoires particulières que chaque population empruntait alors qu'il s'était efforcé de les soumettre à des environnements chimiques identiques : il y a par exemple cette population de bactéries qui s'est adaptée contre toute attente à un régime au citrate, ce que Lenski interprête comme une spéciation.[104] La divergence de ces trajectoires, observables dans les rythmes de mutations génétiques et dans les modalités particulières de chaque échantillon, est due non seulement à une extrême sensibilité aux conditions initiales, mais aussi au jeu des interactions particulières des bactéries entre elles dans la boîte de Petri. La position

[103] *Ibid 98*
[104] *Ibid 98*

particulière, dans l'espace et dans le temps, de chaque bactérie implique un ensemble de relations écologiques particulières impossible à reproduire et donc imprédictible, comme lorsqu'on dilue une goutte de vinaigre dans un verre d'eau.[105] Il faut donc être conscient que ce que Lenski observe, expérimente, prédit, n'est qu'une certaine évolution en train de se faire. Si plusieurs populations de bactéries génétiquement identiques, conservées dans des conditions chimiques semblables divergent à ce point, est-il légitime d'extrapoler ce modèle à d'autres espèces ? A fortiori, peut-on généraliser des modes d'évolution à partir de l'observation de populations dont les taux d'évolution sont spécifiquement élevés, si ces taux d'évolution sont en soi des facteurs empiriques déterminants ? Quelles analogies sont possibles entre les modes d'évolution rapides, expérimentables, des bactéries et ceux, imperceptibles à notre échelle, des organismes dans lesquels évoluent ces bactéries ?

- Le cas des poissons diables

La notion de modèle est au cœur de ces questionnements : il y a la définition épistémologique du modèle qui renvoie au caractère construit des théories scientifiques. En ce sens un modèle est une grille de lecture du réel, un filtre plaqué sur du donné. En tant que filtre, le modèle n'est jamais tout à fait neutre. Il y a le fameux triangle de Levins, un outil théorique qui définit des axes de construction des modèles théoriques. [106]Des axes bilatéraux qui relient la généralité, la précision, et le réalisme. L'idée de Levins, c'est que le choix d'un modèle théorique, ne pouvant répondre à la fois

[105] C'est l'exemple classique utilisé pour illustrer le mouvement Brownien : la description mathématique du mouvement aléatoire d'une particule plongée dans un fluide. Voir l'article fondateur (Brown 1828)
[106] (Levins 1966)

à un idéal de généralisation, de précision et de réalisme est un compromis entre ces trois pôles : plus on gagne en généralité, et plus on perd en précision, ou en réalisme. L'extrapolation des résultats précis de Lenski impliquerait dans cette perspective une perte en réalisme. Cette définition épistémologique du modèle semble infléchir la légitimité d'une application des résultats de cette expérimentation à d'autres cas, comme celui des poissons. Cette conclusion rejoint le problème lié à la définition du modèle instituée en biologie expérimentale : les chercheurs expérimentant sur des organismes utilisent la notion de modèle en référence au type d'organismes qu'ils étudient. Et aucune étude sérieuse ne proposerait un modèle (au sens épistémique) sans présenter les caractéristiques spécifiques du modèle étudié (au sens expérimental). Ces caractéristiques correspondant souvent en biologie évolutive à une localisation phylogénétique, à une proximité morphologique relative, aux particularités métaboliques, développementales, … En bref, tout ce qui peut être dit d'une espèce mais qui ne peut pas être dit d'un organisme classé dans cette espèce. Et ces précisions sur les caractéristiques du modèle expérimental permettent de définir un cadre interprétatif, d'extrapolation des résultats obtenus.[107] Par exemple, une étude sur la reproduction des salsifis des prés aura sans doute plus d'impact en tant que modèle théorique sur des recherches en écologie végétale que sur des recherches en cognition animale. Autant dire qu'il y a un monde entre les caractéristiques spécifiques qui définissent les bactéries de Lenski et les poissons. La généralisation de ces résultats précis passe au moins par une prise en compte de la proximité phylogénétique entre les bactéries étudiées et les espèces ou groupes auxquels s'étend cette généralisation. Il nous semble donc devoir abandonner pour un temps le modèle (au double sens

[107] (Burian 1993)

philosophique de construction théorique et biologique d'organisme expérimental) de Lenski pour revenir à des cas plus proches de notre problématique.

L'existence de populations de poissons isolées dans des flaques d'eau suite à des bouleversements écologiques est connue des biologistes depuis un certain temps. Et de fait, ces phénomènes d'isolation, analogues à ceux observés sur des îles émergées récemment (à l'échelle du calendrier géologique) constituent de précieux éléments de réflexion pour les évolutionnistes, qui ont rarement l'occasion d'observer des mutations rapides dans des populations.[108]

Il y a le cas d'école des poissons cavernicoles, ces poissons devenus aveugles suite à leur isolation dans des grottes au Mexique[109], et il y a le cas, découvert plus récemment, des *Devil Holes pupfish* (*Cyprinodon diabolis*) ces poissons coincés dans des flaques d'eau suite à une période de sécheresse, dans le désert du Nevada. Leur nombre fut évalué à 35 en 2013. Ces *Pupfish* ont évolué des phénotypes qui les distinguent radicalement des populations ancestrales voisines, comme une réduction du taux d'agression, de plus gros yeux, et l'absence de nageoires pelviennes. Jusqu'ici, les chercheurs suggéraient que l'isolation de ces populations de *Pupfish,* étant l'effet de la dernière inondation du désert du Nevada, remontait à 13000 ans, ce qui ne représente que quelques secondes, comme nous l'avons vu, dans le calendrier biologique de l'évolutionniste.

[108] Il y a, par exemple, le cas fédérateur du lézard Méditerranéen *Podarcis sicula*, qui a vu son intestin se modifier radicalement en 36 ans et une trentaine de générations, pour passer d'un régime insectivore à un régime herbivore plus adéquat à l'écologie de l'île d'Adriatique ou la population a migré. Voir (Amherst 2008)
[109] (Mejia 2011)

Mais une étude récente[110], initiée par Christopher Martin, biologiste évolutionniste de l'University of North California, et publiée dans Nature, fait remonter la fourchette temporelle d'isolation des *Pupfish* dans les « trous du diable » à entre 105 et 800 ans : un centième de seconde dans la perspective évolutionniste. Et pendant ce centième de seconde, les *Pupfish* se sont donc radicalement (écologiquement et phénétiquement) différenciés de leur espèce originale, jusqu'à la spéciation, l'isolation reproductive : Ils constituent donc un nouveau rameau de l'arbre phylogénétique du systématicien.

En utilisant la méthode moléculaire pour comparer les différentes populations isolées, Martin et son équipe tentent de redessiner l'arbre évolutif des » Poissons Diables ». Les résultats sont surprenants : ils suggèrent que le taux de mutation génétique des *Pupfish* se soit subitement accéléré depuis leur isolation, qu'il estime, pour sa part, plus récente encore que la fourchette publiée par prudence scientifique.

Pourquoi les Pupfish se sont adaptés si rapidement aux crises écologiques que constituent les épisodes de sécheresse du Nevada ?

Autrement dit:

Quels mécanismes sous-jacents permettraient d'expliquer l'accélération des mutations génétiques chez ces populations de poissons ?

L'évolution des différences phénotypiques évoquées plus haut seraient selon Martin à la fois un ensemble de réponses adaptatives rapides aux conditions environnementales (d'une rare inhospitalité pour un poisson) du désert du Nevada, et un ensemble de mutations rapides dues à la taille de la population isolée et des échanges génétiques

[110] (Martin et al 2016) : les informations sur les Pupfish qui précèdent et qui suivent sont tirées de cet article.

aléatoires avec les populations voisines. Deux processus évolutifs connus dont je vais maintenant exposer les modalités.

Il existe une loi biologique, ou plutôt une classe d'évènements tellement fréquents que nous sommes tentés d'identifier un mécanisme explicatif sous-jacent, qu'on associe généralement à la loi mathématique des grands nombres : la dérive génétique. La loi des grands nombres suggère que les caractéristiques d'un échantillon aléatoire se rapprochent d'autant plus des caractéristiques statistiques de la population entière que la taille de l'échantillon augmente.[111] C'est à dire que, pour une population donnée, plus l'échantillon sélectionné est grand, plus les données qu'on en extrait seront représentatives de la population entière : c'est pour cela que la légitimité d'une enquête statistique, en sociologie, est souvent corrélée au nombre d'individus interrogés, ce qui pousse les sociologues actuels à mettre en place des projets d'enquête d'une envergure colossale et nécessitant une grande quantité de moyens techniques et économiques.[112]
Il y a des cas dans l'Histoire Naturelle où des populations sont plus ou moins soudainement isolées les unes des autres : il peut s'agir d'évènements géologiques ou climatiques, d'un feu de forêt, de la crue d'une rivière, d'une sécheresse, comme dans le cas des *Pupfish*, d'une migration impromptue ou d'une sélection artificielle.[113] La partie mineure de la population qui se retrouve isolée devient un petit échantillon de la population initiale. Or, comme une enquête statistique sur 10 personnes a plus de chances de présenter des résultats disparates, ou hétérogènes, qu'une enquête sur

[111] Loi formulée par le mathématicien suisse Jacques Bernouilli au début du XVIIIème siècle. On trouve une histoire assez documentée de cette découverte dans (Meusnier 1989), p. 89-97.

[112] J'ai appris l'existence de cette corrélation lors du cours de M1 de Mr. Demeneulaere, « Epistémologie des Sciences Sociales. » Je n'ai pas retrouvé de références correspondantes, aussi je retranscris ces propos par pure déférence épistémique envers le directeur du comité actuel de « l' Année Sociologique. »

10000 individus, le petit échantillon à plus de chance de regrouper des individus dont la moyenne des caractéristiques est plus éloignée de la norme spécifique de la population initiale. Et ce phénomène d'isolation peut provoquer, sur plusieurs générations, des changements significatifs dans le capital génétique dans l'échantillon d'individus, jusqu'à l'isolation reproductive[114]: C'est un cas particulier de spéciation. Pour Stephen Jay Gould et Nils Eldredge ce type de phénomènes, regroupés sous le concept de dérive génétique, permettrait d'expliquer des changements radicaux dans la qualité génétique des populations, et en conséquence, présenter un rôle non négligeable dans l'évolution des espèces. [115]

Et ainsi, la dérive génétique pourrait représenter un premier niveau d'explication de l'accélération des tempos d'évolution des *Pupfish*. Mais il y a plus. Certes la taille de la population est un facteur déterminant dans la définition du rythme des oscillations évolutives, cependant, si l'isolation des populations réduites de *Pupfish* pourrait expliquer cette explosion radicale de nouveautés, elle n'explique pas les caractéristiques particulières de ces variations phénotypiques. Il nous reste donc à identifier les facteurs spécifiques qui définissent ces trajectoires adaptatives.

Une étude récente menée par Colegrave et Collins sur l'évolvabilité d'Escherica Coli suggère que lorsque ces bactéries intestinales se trouvent en situation de sous-alimentation, elles augmentent leur taux de mutation (par génération par génome) afin de maximiser la probabilité d'émergence de mutations bénéfiques.[116] Autrement dit, en

[114] Concernant les débats sur la magnitude de la sélection Naturelle et de la dérive génétique, voir (Beatty 1984)

[115] (*Gould and Eldredge 1972),*

[116] (Colegrave & Collins 2008)

cas de stress environnemental, les bactéries ont tendance à accélérer leurs tempos d'évolution. Le concept de « taux d'évolvabilité d'un système », qui décrit les variations de ces accélérations évolutives, est une version moderne, plus opératoire, du concept de tempos d'évolution de Simpson.[117]

« L'évolvabilité est un trait qui peut être soumis à la sélection naturelle », écrivent D. Earl et M. Deem, et « les mutations génétiques qui définissent l'évolvabilité ne sont pas fixées mais sélectionnables. »[118] Ces chercheurs ont remarqué que les espèces très « évolvables » sont majoritairement présentes dans des environnements changeant rapidement : aussi une crise environnementale pourrait selon eux déclencher une augmentation du taux d'évolution d'une population, sans quoi elle finirait par s'éteindre. L'évolvabilité augmenterait donc de façon constante avec la sévérité et la fréquence des changements environnementaux. Inversement, les populations évoluant dans des environnements stables, sans fluctuations environnementales présenteront un taux de mutations tendant vers 0, car celles-ci sont majoritairement délétères : il n'y a donc pas de tempo optimal pour une population donnée, mais une capacité d'adaptation des rythmes aux changements environnementaux, de même que dans un orchestre, chaque instrumentiste doit calquer sa mesure au tempo joué par l'ensemble. Un système optimal pour un environnement donné tend à avoir une évolvabilité faible et serait donc contre-sélectionné lors de changements environnementaux. L'adaptation des rythmes d'évolution aux conditions environnementales, cette « évolution de l'évolution » était déjà théorisée par Simpson dans « Tempos and Modes. » cette conception sélectionniste de l'évolvabilité permet d'intégrer dans un même schéma

[117] Pour une étude plus fine de ce concept éminément plurivoque, voir (Huneman & Walsh 2016)
[118] (Earl & Deem 2004) Le paragraphe qui suit est majoritairement inspiré de cet article.

explicatif la dérive génétique et les stress environnementaux comme deux facteurs agissant synergétiquement sur l'accélération du taux d'évolution des *Pupfish* dans une trajectoire adaptative particulière.

- La pêche et le coup de foudre

En introduisant le concept de tempo d'évolution, nous avons vu que les rythmes de mutations (la variabilité) sont variables d'une espèce à l'autre, voir même d'une population à l'autre. Cette idiosyncrasie essentielle de la variabilité, présentée par Lenski, suggère qu'on ne peut pas extrapoler les phases d'évolution des bactéries observées par Lenski et Travisiano à toutes les espèces. Nous avons vu par la suite, avec le concept de « taux d'évolvabilité d'un système » et le cas des poissons diables, que les oscillations qui rythment l'évolution d'une population n'étaient pas constantes dans l'histoire de cette population. Et la convergence des travaux de Collegrave et Collins et Earl et Deam nous permet d'entrevoir une dimension beaucoup plus technique de ces rythmes incluant une articulation des tempos et des modes : les accélérations, les décélérations, les stabilisations, les explosions de radiations évolutives sont déterminés par un ensemble complexe de facteurs populationnels (comme le nombre d'individus, la qualité de la niche écologique, les pressions environnementales particulières, le taux de mortalité et le taux de mutation par génération de cette population) et environnementaux (ensemble d'événements écologiques significatifs : fluctuations climatiques, pics tectoniques, variations des conditions chimiques, espèces invasives, impacts anthropiques.)

A ce stade, il devient éminemment complexe d'esquisser une théorie générale des tempos d'évolution si ce n'est en insistant sur les quelques constantes que nous avons identifié ici dans les changements de rythmes qui caractérisent toute population. Les tempos sont des modalités d'évolution, et les modalités d'évolution influencent rétroactivement les tempos d'évolution. Le taux d'évolvabilité d'un système, corrélé à sa variabilité, est généralement maximisé par une augmentation des changements environnementaux. Une pression écologique nouvelle, en sélectionnant négativement une gamme de fitness individuelle, favorisera dans un premier temps la survie de ceux dont le taux d'évolvabilité est élevé, accélérant ainsi le taux de variabilité pondéré de la population entière. Et en réduisant la taille de la population, la nouvelle pression écologique favorisera la dérive génétique et accélèrera la magnitude de la mutation aléatoire qui est source de changement en minimisant l'impact de la sélection naturelle. Cette boucle rétroactive dans laquelle les modes et les tempos deviennent indissociables reflète la métaphore de la course qui symbolise la coévolution négative. Dans cette perspective éminemment polyrythmique de l'évolution, ou l'accélération du tempo peut elle même être accélérée, ou l'accélération engendre l'accélération, la course de fond devient une succession anarchique de saut de haies, 3x500, sprint, triple bond.

Mais il reste un dernier aspect des tempos et modes de l'évolution qu'il me faut à présent étudier, avant de synthétiser l'ensemble des hypothèses présentées pour répondre à ma question. J'ai évoqué l'idée développée par Simpson et reprise par Earl et Deem selon laquelle certains facteurs environnementaux pouvaient augmenter l'évolvabilité du système dont le succès évolutif dépend. Il me reste donc maintenant à envisager dans quelle mesure la magnitude de ces changements environnementaux sur la fitness différentielle des individus peut être quantifiée, afin d'envisager si elles

pourraient présenter un impact significatif, générateur d'accélération des tempos d'évolution des poissons.

Comme nous l'avons vu, chaque écosystème, chaque espèce, chaque organisme, a ses taux d'évolvabilité propres, mais également ses propres modalités d'évolution qui sont étroitement liés (en tant que causes et effets) à cette temporalité. La vélocité des changements environnementaux serait un facteur déterminant de ces rythmes. Mais un changement environnemental n'impacte pas également toutes les espèces qui habitent le milieu : un feu de forêt n'a pas la même signification, en terme de pression écologique, pour le peuplier, la fourmis, la chouette et le cerf.

Quelle est la magnitude de la pression écologique représentée par la pêche à la ligne sur les poissons ?

Une discussion avec mon directeur de mémoire Philippe Huneman m'a permis d'envisager quelques éléments de réponse. Les poissons sont sujets à de nombreux types de prédation. Les trois pressions écologiques majeures auxquels ils sont confrontés sont la prédation alvine, la compétition interspécifique pour les ressources et l'impact anthropique au sens large[119], cette dernière dépassant actuellement de loin les deux autres en terme de stress environnemental. J'y reviendrai dans ma troisième partie. La prédation Alevine a entraîné de nombreuses stratégies adaptatives de la part des poissons. La plupart des espèces optent pour un mode de reproduction quantitatif (stratégie r) basée sur la production d'un grand nombre de jeunes, le plus tôt possible, avec ordinairement une mortalité très élevée. Ce mode de reproduction fut interprété par le biologiste Edward Wilson comme une adaptation aux milieux instables et

[119] (Persson 1997) 85-88.

imprévisibles.[120] Pourquoi les poissons développent-ils des stratégies évolutives pour faire face à la prédation alvine, et pas à la pêche à la ligne ? Il est possible que la magnitude de la pression écologique représentée par la pêche à la ligne soit beaucoup trop infime pour qu'elle présente un impact évolutif significatif. Elle pourrait être l'équivalent, selon la formule de Philippe Huneman, d'un coup de foudre pour l'homme : évènement très rare qui n'a aucune signification évolutive. Mettons qu'un homme, par un jeu de mutations fantaisistes, soit pourvu de la capacité de se prémunir de l'impact de la foudre. Comme il est assez improbable que la foudre s'abatte sur cet homme, il est aussi improbable qu'elle lui soit d'une quelconque utilité, qu'elle lui fournisse un avantage adaptatif. Il est donc aussi improbable que cette mutation ait une signification évolutive, c'est à dire que cet individu soit sélectionné en vertu de cette mutation, et qu'elle puisse ainsi se répandre dans une population. Au contraire, un individu qui serait capable de se défendre contre la plupart des maladies virales aurait une probabilité d'être sélectionné en vertu de cette caractéristique et d'avoir plus de chance, statistiquement, de répandre cette mutation.[121] Chez les poissons, la foudre serait l'équivalent d'un hameçon, et les maladies seraient l'équivalent de la prédation alvine, de la compétition interspécifique pour les ressources et de l'impact anthropique. Dans cette perspective, il semble nécessaire de considérer dans une étude des modalités d'évolution d'une population la magnitude des différentes pressions environnementales qu'elles subissent avant de leur accorder une signification évolutive, c'est à dire avant de répondre définitivement à la question qui est au principe de ce travail. Il n'y a pas d'opposition binaire entre dérive et sélection, quelles que soient les significations qu'on attribue à chacun de ces concepts, mais un complexe de relations entre le taux de

[120] (Pianka 1970)..
[121] Il s'agit d'un cas hypothétique ne prenant pas en compte l'ensemble des contraintes et normes sociales qui régulent la reproduction dans les populations humaines.

mutation d'une population, l'impact des changements environnementaux sur la fitness des individus, et un ensemble d'événements fortuits comme la présence d'un poisson en période de nutrition près d'un hameçon déguisé d'un appât : un jeu de hasard et de nécessité dont les règles évoluent avec le jeu des participants, et qui n'est sans doute qu'un jeu de nécessité et de complexité, une façon pour nous, qui tentons d'identifier ces règles, d'évacuer la surdétermination des relations écologiques qui traversent l'histoire naturelle.[122]

- Une approche synergétique

Tout ce travail est resté en tension sur une question qui traverse les débats contemporains sur les modalités de l'évolution, sans qu'elle soit clairement formulée : l'impossibilité d'une réponse adaptative est-t-elle le fait d'une contrainte absolue, structurale, soit une réelle impossibilité, ou bien une indifférence des populations d'organismes, en terme de survie et de reproduction, à la pression écologique que nous identifions ? (Soit dans le second cas une contrainte relative, qui pourrait se lever dans le cas où la magnitude de cette pression écologique augmenterait subitement.) Il me semble qu'il serait un peu naïf de croire que ce complexe explicatif pourrait être définitivement résolu à ce niveau d'abstraction : c'est en considérant au cas par cas différents systèmes écologiques particuliers que la légitimité de chacune des propositions peut être évaluée. Dans le cas présent, on pourrait répondre en termes absolus que les poissons mordent toujours à l'hameçon parce que la mutation

[122] La question de avoir si le hasard n'est qu'un défaut épistémique de notre part face à la complexité ne date pas d'hier. Elle remonte au moins au démon de Laplace. L'immunologiste Philippe Kourilsky l'étudie admirablement dans « le jeu du hasard et de la complexité » (Odile Jacob, 2014), dont le titre est assurément un clin d'oeil à l'ouvrage emblématique de Jacques Monod.

nécessaire n'est pas possible, n'existe pas dans la gamme des variations potentielles des poissons. Et on pourrait répondre en termes relatifs que les poissons mordent toujours à l'hameçon parce que la variation nécessaire n'est pas sélectionnable, la pression écologique de la pêche à la ligne n'étant pas suffisamment importante pour représenter une pression de sélection significative en terme de fitness. Dans le premier niveau de réponse, la variation ne serait jamais apparue, et n'apparaitra jamais. Dans le second, la variation pourrait être apparue, ou potentiellement apparaître, mais n'étant pas sélectionnable, elle aurait peu de chances de se répandre dans une population. L'articulation de ces deux niveaux de réponse ne peut faire l'économie d'une conception rythmique des modalités de l'évolution : c'est la thèse principale de mon travail, ce que j'ai essayé de montrer au cours du développement de ces deux parties. Voici venu le moment de synthétiser les données présentées dans la première partie et d'élaborer un schéma explicatif articulant les différents niveaux de réponse qui viennent d'être exposés.

« Les poissons » font partie des premiers animaux apparus après l'explosion cambrienne. Nous, et tous les animaux terrestres, descendons des poissons. Cela fait au moins 20000 ans que les hommes pratiquent la pêche à la ligne dans les points d'eau près desquels ils ont élu domicile autour du globe. Cette pratique a été quasiment inchangée depuis son origine, mises à part quelques transformations superficielles du matériel utilisé. Les poissons font preuve d'un succès évolutif indéniable, en terme de diversité, de disparité et d'occupation de niches écologiques diverses et disparates. Ils ont développé au cours de leurs centaines de millions d'années d'évolution des relations écologiques d'une grande complexité, faites de prédations, de réponses adaptatives à la

prédation, de symbioses, de comportements sociaux, d'entraides interspécifiques, de flexibilité adaptative.

Pourquoi les poissons mordent-ils toujours à l'hameçon ?

En 1940, Gaston Bachelard disait dans *La Philosophie du non*[123]qu'il ne suffisait pas d'être juste pour avoir raison, mais qu'il fallait toujours être juste contre quelqu'un ou quelque théorie. Cette vision compétitive du progrès scientifique fut par la suite nommée « effet Bachelard », et selon Pierre Henry Gouyon, elle cristallise de nombreux débats stériles exhibés par l'histoire des sciences, [124]et constitue donc paradoxalement une entrave au progrès.

Ma problématique peut être le lieu de débats semblables entre une position anti-adaptationniste et une position neutraliste, ou « anti-sélectionniste ». Je vais à présent tenter de les articuler autour de la conception temporelle de l'évolution que j'ai esquissé durant le développement de la partie II.

La première position (PI, II, 3) part du principe que « tous les organismes ne sont pas possibles », la sélection naturelle étant un « bricoleur plutôt qu'un ingénieur », excluant d'emblée la possibilité, par exemple, qu'un poisson mutant possède un jour des mains pour se déshameçonner. Cette position suggère que les poissons mordent toujours à l'hameçon parce que le trait qui permettrait de se prémunir de la pêche à la ligne n'existe pas dans la gamme des variations possibles des poissons. La notion de

[123] Gaston. Bachelard : *La Philosophie du non, CHVI, «* La valeur Synthétique de la Philosophie du Non *» p 126-134*

[124] (Gouyon 1999) évoque le débat entre Cuvier et Lamarck sur l'extinction des espèces dans lequel aucun des deux protagonistes n'avaient tout à fait tort, ni tout à fait raison

contrainte, essentielle dans ce type d'argumentation, peut également s'inscrire dans une perspective rythmique de l'évolution, puisqu'il existe une limite du taux d'évolvabilité d'un système fixée à 6 mutations par génomes par générations, quel que soit l'organisme.[125]Le dépassement de ce seuil impliquerait la génération d'organismes non viables, quel que soit l'environnement considéré, et la population qui serait sujette à un tempo si rapide s'essoufflerait, de même qu'il existe pour chaque musique une limite du tempo auquel on peut la jouer, limite qui n'est que limite des capacités humaines à manier une batterie, un saxophone ou une guitare, et limite de notre discernement musical à identifier les oscillations du rythme à partir d'une certaine vélocité.

Il y a également cette conception temporelle de l'évolution qui suggère que 50000 ans ne sont pas suffisants pour qu'une population présente des adaptations significatives à des pressions écologiques données. J'ai montré dans cette partie que cette conception ne pouvait être considérée indépendamment des calendriers et des tempos dans lesquels s'inscrivent les objets étudiés.

Il y a, enfin, une position plus précise qui consiste à envisager la magnitude des différents facteurs environnementaux sur la fitness des individus d'une population, et de les mettre en relation avec les «taux d'évolvabilité » du système considéré pour envisager la possibilité d'adaptations significatives. Cette position suggère que les poissons mordent toujours à l'hameçon parce que même si le trait adaptatif pouvait émerger chez un variant, rien ne favoriserait suffisamment son porteur pour qu'il se répande dans une population. Il me semble qu'aucune de ces réponses n'est exclusive, et que nous pourrions envisager un schéma explicatif intégrant toutes ces propositions et

[125] (Jeffares 2015) pp 65-90

les articulant dans une approche synergétique et consciente de caractéristiques spécifiques de l'objet considéré. Non seulement tous ces facteurs pourraient avoir un rôle explicatif, mais il se peut que la somme de leurs effets soit supérieure à une simple addition de leurs effets individuels : par exemple, s'il existait dans la gamme des variations possibles des poissons une réponse adaptative qui permettrait de se prémunir à la fois de la prédation aérienne et humaine, alors la présence de ces deux prédateurs sur un même territoire pourrait augmenter les chances que cette variation se répande dans une population. En conclusion, c'est en considérant un ensemble de caractéristiques spécifiques (les taux de reproduction des différentes populations de poissons, leurs cycles de vie, leurs taux de mutations génétiques, leurs taux d'évolvabilité) avec un ensemble de relations écologiques et évolutives (la magnitude de l'impact des prédateurs alvins, celle de la pêche intensive) que ces explications trouvent un sens conjoint : toutes les variations ne sont pas possibles (I) dans une échelle de temps évolutif donné (II), en considération de la magnitude des différentes pressions écologiques qui s'exercent sur le système considéré (III) et des caractéristiques spécifiques de ce système (évoquées plus haut.) Voici l'approche synergétique, tolérante envers la complexité des phénomènes naturels et consciente de leur dimension idiosyncratique, que je propose pour dresser l'étiologie de cas concrets impliquant des relations écologiques dynamiques et particulières.

Tu vas me tuer, le poisson, pensa le vieil homme. Mais tu as le droit. Jamais je n'en ai vu un plus grand, ni un plus beau, ou un plus calme, ou quelque chose de plus noble que toi, frère. Viens et tue-moi. Ça m'est égal qui tue qui. Là tu as la tête qui déraille, pensa-t-il. Tu dois garder les pensées claires. Garde ta tête au frais et apprends à souffrir comme un homme. Ou un poisson, pensa-t-il. Avec sa gueule cousue et sa queue droit levée on navigue comme deux frères. Alors sa tête recommença à dérailler et il pensa : est-ce que c'est lui qui m'emporte, ou moi qui l'emporte ? Si je le remorquai par l'arrière, ça ne poserait pas question. Mais ils naviguaient ensemble, attachés côte à côte, et que ce soit lui qui m'emmène si c'est ça qui lui convient, pensait le vieil homme. J'ai juste un peu plus de ruse que lui et il ne me veut pas de mal. (…) Il n'osait plus regarder le poisson maintenant qu'il avait été mutilé. Quand le poisson avait été mordu il lui avait semblé être mordu lui-même.

Ernest Hemingway, *Le vieil Homme et la Mer*, p.106

III - De l'autre côté du miroir

Je considère qu'à ce point du développement, j'ai presque épuisé ma question, c'est à dire que j'ai fait le tour des réponses possibles, ai départagé celles qui me semblaient légitimes de celles qui ne le semblaient pas, identifié plusieurs niveaux d'explication et tenté de les articuler pour produire une synthèse la plus complète possible. Je pense néanmoins que ce sujet est l'occasion de déplacer ma problématique dans un cadre axiologique en retournant la question :

« Pourquoi les poissons ne mordraient-ils plus à l'hameçon » ?

En effet, dans mes deux premières parties j'ai intentionnellement évité le sujet de la pêche industrielle et de son impact sur l'écologie marine. Ce faisant j'ai laissé de côté le facteur « homme » qui se tenait implicitement dans ma problématique derrière le mot « hameçon ». Il est temps de se placer « de l'autre côté du miroir » pour tenter d'évaluer les tempos et les modes de l'évolution humaine et leurs impacts environnementaux.

1) <u>Le 400 mètres Cartésien :</u>

- L'homme et la vieille mer

En relisant *Le Vieil Homme et la Mer*, je me suis rendu compte qu'il y a au moins une personne qui a été confrontée à ma problématique avant moi: Ernesto, le personnage d'Hemingway, (et, par transitivité naturelle entre un être et sa création, Ernest Hemingway lui même) sur sa barque, au milieu de l'océan. Comment se fait il que le plus puissant, le plus grand et le plus noble des poissons, le grand espadon voilier, ait mordu à l'hameçon d'un vieil homme affamé sur sa petite barque usée [126]?

Le thème de la lutte de l'homme contre les éléments naturels est récurrent dans les textes d'Hemingway. On peut se demander si aujourd'hui cet héroïsme est encore possible, ou si cette lutte existe encore. L'oeuvre d'Hemingway plonge son lecteur dans une nostalgie d'un temps qu'il n'a pas vécu, dans lequel l'homme était contraint à lutter pour sa survie contre des éléments extérieurs, dans lequel il cherchait sa place dans une nature dont il n'était pas encore maître et possesseur. Il aura fallu pour représenter cette lutte poser comme représentant de l'équipe humanité un vieil homme affamé armé de simples fils de pêche sur une petite barque et comme représentant de l'équipe nature le plus grand et le plus rapide des poissons : le grand espadon voilier. Même du temps d'Hemingway, à Cuba, où les pêches en chalut et à la dynamite n'étaient pas encore pratiquées, l'homme finit par attraper son poisson. Mais la fin de l'histoire voit

[126] Ernest Hemingway était pêcheur depuis son enfance. A la fin de sa vie, à Cuba, il a lu dans les faits divers l'histoire de ce vieil homme qui s'est battu pendant trois jours avec un espadon.

l'homme redevenu membre du règne naturel au cours de cet ultime voyage initiatique rattrapé par les éléments puisque des requins dévorent le poisson intégralement avant le retour du vieux sur la côte. Il ne reste de cette lutte de trois jours qu'un fossile, un trophée morbide : le squelette de l'espadon. Selon moi, *Le Vieil Homme et la Mer* est un des derniers représentants d'un monde où l'héroïsme d'une lutte de l'homme contre la nature (en tant que tout ce qui n'est pas produit par lui) à armes égales est possible, un des derniers représentants d'une lutte qu'aucun de nous n'a vécu, celle pour la survie (« struggle for life ») entre individus et entre espèces sensée expliquer leur évolution par sélection des plus adaptés en vue de pressions écologiques telles que la prédation.

Le vieil homme et la mer est un chant nostalgique du temps où l'évolution humaine était darwinienne, où les populations d'homme couraient avec leur environnement pour survivre et se reproduire. Mais cette lutte a-t-elle encore quelque sorte d'actualité ? La course de Santiago contre la mort, sur sa barque, au milieu de l'océan n'est elle pas pure nostalgie, réminiscence d'un état indivis, idéalisé par Hemingway ? Cet état a-t-il seulement existé et y'a t'il encore quelque entité naturelle pour prétendre concourir contre l'homme, à part lui même ?

Il y a bien les bactéries (bien qu'une grande majorité court « avec nous » et pas contre nous comme nous le verrons plus tard), les virus, les guerres, la famine et toutes ces choses qu'on désigne comme facteurs de morts « non naturelles. » Mais il y a surtout, dans cette liste interminable d'enquêtes sur les modalités d'une fin réelle ou épistémique de l'homme, cette idée transversale qu'un agrégat d'actions individuelles puisse résulter, en l'absence de régulation, à des situations émergentes (dans son sens diachronique comme dans son sens statique) délétères à l'ensemble. Et parmi ces

situations émergentes, il y a la crise écologique globale, dont la pêche industrielle est un des agents majeurs.

La vie vient des océans. Nous venons de l'océan, et celui-ci nous apporte toutes les ressources minérales nécessaires à nos industries. Il est l'espace nécessaire à la mondialisation. Il faut cent ans à une goutte d'eau pour en faire le tour. Aujourd'hui, l'homme peut faire ce voyage en moins de 48h. L'océan est le lieu d'un équilibre dynamique ancestral, dans lequel se déploie une chaîne alimentaire d'une grande complexité. Le plancton est la source de cette chaîne alimentaire: c'est un organisme autotrophe qu'on retrouve n'importe où dans l'océan et qui représente la moitié de la masse du règne végétal. Il est écrit dans « Le livre bleu de Tara » que « Le plancton est un livre ouvert sur l'histoire de l'océan ». [127]Parmi ces populations unicellulaires qui dérivent dans toutes les mers du globe, on trouve les protistes, des organismes unicellulaires qu'on associe aux origines de la vie sur terre : la moitié de l'air que nous respirons est issu du processus de photosynthèse qu'opèrent ces microalgues.

Pour donner une idée de la complexité de la chaîne alimentaire basée sur le plancton, il faut savoir qu'un espadon voilier (celui d'Hemingway) de 100 kg consomme durant sa vie 1000 kg de maquereaux, qui eux même consomment 10000 kg de zooplancton, qui représentent 100000 kg de phytoplancton. Autrement dit, en pêchant un espadon, on capture 100000 kg de prairie océanique. Et cet équilibre dynamique qu'est la chaîne alimentaire océanique est le résultat de millions d'années d'évolution. Comme nous l'avons vu dans la première partie, cela fait moins de 50000 ans qu'un nouveau

[127] Voir site des expéditions Tara dans les ressources numériques La plupart des informations sur la chaîne alimentaire océanique sont issues de ce beau document qui vulgarise les données récoltées par l'expédition Tara de 2014

superprédateur s'est ajouté tout en haut de la chaîne : l'homme, qui a su compenser certaines de ses faiblesses biologiques par son intelligence et la technique qui est son prolongement. Aujourd'hui la pêche fait vivre 500 millions d'humains. [128]La pêche à la ligne n'est plus un moyen de se nourrir, mais un loisir. Les poissons marins que nous mangeons sont capturés à l'aide de filets de pêche de plus en plus élaborés. L'aire industrielle a vu le développement de la pêche en chalut, des bateaux usines pouvant mesurer jusqu'à 40 km et qui ramassent plus de 90 millions de tonnes d'organismes marins par an. La méthode est d'une simplicité effrayante. Il s'agit de déployer d'immenses filets équipés de poids qui raclent les fonds océaniques. Tout ce qui se trouve entre la coque du chalut et le fond de l'océan (jusqu'à 3000 mètres) est capturé à l'aveugle, puis trié. Ce modèle intensif de pêche entraîne des millions de tonnes de rejets, des poissons morts pour rien puisqu'on ne leur a pas encore trouvé de valeur commerciale. Autrement dit, si on peut parler de sélection, il ne s'agit pas du filtre naturel départageant les organismes en fonction de leur fitness respective, puisqu'aucun n'échappe aux mailles du filet qui se déploie depuis le chalutier. Chaque filet ramasse 500000 poissons, qui serviront principalement à produire des farines pour nourrir nos élevages de poissons : 4 kg de sardines sauvages permettent de produire 1 kg de poisson d'élevage. Au Chili, cette méthode a déjà épuisé toutes les réserves de poissons sauvages, et 90% des grands prédateurs de la côte pacifique a disparu en seulement 50 ans. Et ces extinctions ont des conséquences non négligeables sur l'ensemble de la chaîne alimentaire. Les méduses, organismes ancestraux qui ont survécu à toutes les extinctions, prolifèrent dans tous les océans du monde, en l'absence de prédateur. Et cette matière gélatineuse n'étant pas comestible, et la plupart du temps

[128] Ce paragraphe est inspiré de notes d'un cycle de conférences de Claire Nouvian, fondatrice de l'association Bloom, premier organisme de mobilisation contre la pêche chalutière en Méditerranée.

toxique, il ne faut pas compter sur un argument héraclitéen, sur l'inéluctabilité du changement, pour défendre l'activité des grands lobbys commerciaux qui sont la cause de ce dérèglement et risquent d'épuiser les ressources de l'océan entier, pourtant éminemment résiliente du fait du tempo rapide de ses cycles de reproduction. [129]

Les rejets de la pêche en chalut finiront au fond des mers, transformés en calcaire qui peut, sous certaines conditions, devenir le pétrole qui est une des ressources les plus limitées, les moins renouvelables, que nous utilisons. On brûle chaque année 100 millions d 'années carbone pour transformer les gisements fossiles en pétrole, et cette transformation est un des facteurs déterminants du réchauffement climatique, qui en retour accélère la dégradation des êtres autotrophes qui sont à la base de la chaîne alimentaire océanique. Le réchauffement climatique est un mécanisme itératif, dont le tempo s'accélère suivant une courbe exponentielle : la glace, qui réverbère la lumière du soleil, fond dans les océans polaires qui s'assombrissent et absorbent la chaleur. Et la chaleur absorbée se diffuse en continu, suivant les différents courants, dans les océans de la planète entière, accélérant le tempo du réchauffement climatique. Autrement dit, la boucle de détérioration des océans qui sont la source de la vie n'a même plus besoin de nous pour s'accélérer.

Tous ces constats paraissent éminemment pessimistes, voir catastrophistes. Je ne pense pas cependant que le rôle du Philosophe soit de pointer du doigt gratuitement les imperfections des comportements humains, ni d'y apporter un remède. Certes Je ne m'amuserais pas à dresser ce sombre tableau s'il n'existait pas de solutions viables et

[129] On peut retrouver toutes les informations sur l'impact environnemental de la pêche industriel et les actions initiées par Claire Nouvian sur le site Web de l'association Bloom partagé dans les ressources numériques. En Annexe 4 une maquette de chalutier issue du site de Bloom

applicables.[130] N'étant pas écologiste, je ne m'étendrai pas ici sur ces solutions. J'ai décidé de laisser de côté la question de savoir pourquoi nous voulons préserver les espèces de poissons, bien qu'elle soit en soi très profonde et fondamentale : elle mériterait bien plus qu'un mémoire de Master 2. Je me contente de présenter les faits dans leur brutalité et laisse à chacun l'estimation de la valeur de la diversité biologique des océans. Il est cependant dans mes cordes de philosophe d'interroger les représentations collectives qui suscitent les comportements évoqués plus haut et de proposer des représentations alternatives. L'ensemble de ce travail s'est fondé sur une représentation compétitive de l'évolution à partir d'une métaphore de la course : course aux armements, course de la reine rouge. Cette dernière partie dresse le constat que cette métaphore est non seulement inappropriée en fait (on ne peut pas parler de course entre un lièvre et une tortue, entre le *bipbip* et le *coyote*), mais surtout en droit : une modification de nos comportements collectifs passe par une modification de nos représentations collectives.

Nous n'avons plus d'adversaires à notre taille, à part nous-même, dans la métaphore de la course. Et celle-ci n'est pas appropriée pour mettre en place une conscience écologique efficiente. Le 400 mètres cartésien, la course de l'homme contre la nature pour la domination, doit laisser place à une course de fond entre ce que nous voulons, et les moyens désormais accessibles de réaliser ce vouloir : une course de fond entre l'éthique et la technique. Cette partie sera l'occasion de bâtir une métaphore plus appropriée pour articuler ces trois systèmes inégaux en terme de vélocité : l'éthique, la technique et l'environnement.

[130] Voir encore le SiteWeb de Bloom, rubrique « tout sur la pêche durable. » En fait la littérature sur les moyens à mettre en œuvre dans l'optique d'une pêche durable et responsable est surabondante. Si bien que même ce site très spécialisé ne peut pas en dresser une liste exhaustive. Mes préférences vont cependant en faveur des politiques managériales à destination des grandes entreprises.

- Evolution culturelle

Le récit qui vient d'être fait nous amène à penser à nouveau le retournement de la question. Les plus vieux événements du calendrier anthropologique s'inscrit dans les dernières secondes du calendrier biologique, et pourtant ces quelques secondes ont suffit à modifier considérablement les tempos biologiques qui sont le résultat d'une évolution millionnaire : comment cela est-t-il arrivé ? Comment le vieil homme et la mer sont-t-ils devenus l'homme et la vieille mer ?

Dans le paradigme cartésien, l'homme s'est détaché du règne de la nature pour en devenir maître et possesseur. [131] Mais il ne s'agit plus dans notre épistémè contemporaine, de l'homme dans sa dimension biologique, essentiellement stable depuis *homo sapiens,* mais de l'homme dans sa dimension culturelle englobant tout ce qui n'est pas proprement biologique dans l'ontogénèse de l'individu, autrement dit tout ce qui n'est pas inné, tout ce qui me différencie de l'enfant sauvage : cette dimension culturelle de l'homme que Michel Serres définit comme exodarwinienne, évoluant selon ses propres modalités hors du règne darwinien de la lutte pour la survie.[132]

Ce déracinement de l'homme de la nature s'illustre assez bien dans les postulats de la psychologie évolutionniste, selon laquelle l'homme moderne, avec ses voitures et ses galeries d'art, conserve la même constitution biologique (notamment neurologique) que

[131] Discours de la méthode, PVI, p. 168

[132] Michel Serres, Hominescence, Le corps, « Exodarwinisme des objets techniques », P 65. Il est intéressant de noter par ailleurs que Michel Serres identifie ce déracinement de l'homme du règne de la nature, d'*Homo Faber* à *Homo Terminator* en passant par *Homo Universalis*, au déracinement du vivant des contraintes physiques: le vivant et la culture sont deux événements d'émergence d'entités qui défient les lois de l'empire dont elles émergent.

son ancêtre *l'Homme de Cro-Magnon* : « Rien n'indique que Picasso représente un progrès par rapport aux artistes de la grotte Chauvet »[133] a dit Stephen Jay Gould dans une interview où il défendait l'hypothèse que les capacités humaines n'avaient pas changé pendant au moins 30000 ans. En psychologie évolutionniste, on parle de mismatch adaptatif pour dire que si notre constitution biologique n'a pas évolué, l'environnement dans lequel nous vivons (culturel au sens large incluant la technique) s'est profondément transformé. Dans cette perspective, de nombreux maux pourraient venir du simple fait que notre cerveau n'est pas fait pour résoudre les problèmes actuels, comme si la technique avait couru indépendamment de l'homme biologique qui se reposait, et l'avait semé en chemin.

Mais peut on parler d'évolution en matière de culture ? Le lexique de la variation, de la sélection et de l'hérédité, consubstantiel à la théorie darwinienne de l'évolution, est il adéquat pour se référer aux changements culturels dont l'homme est le média dans l'espace et dans le temps ?

De nombreux débats contemporains ont pour objet les modalités d'évolution de la culture.[134] Cet objet suppose en soi une dichotomie essentielle entre Nature et Culture qui n'a rien d'évidente. Afin d'éviter cet écueil épistémique qui n'est pas l'objet de notre problématique, je me focaliserai sur une fraction particulière de la dimension culturelle de l'humanité : la technique. C'est à la technique seulement que je ferai référence par le générique « culture. »

[133] « *Il n'y a pas de sens de l'évolution »* », (Postel-Vinay 1997)
[134] Tim Lewens, Cultural Evolution, Ch 1 « *What is Cultural Evolutionary Theory* ? »

Il est indéniable que la culture humaine est transitive : c'est à dire qu'elle se transmet au travers des générations. Il y a une forme d'hérédité culturelle dont les modalités ne sont pas si différentes d'une hérédité mendelienne. Elle est également cumulative, en ce sens que la relation transitive qui lie les générations par la culture n'efface pas totalement les acquis des générations précédentes. Cette dimension cumulative de l'histoire des cultures et des techniques semble prescrire l'utilisation du mot « développement » plutôt qu' « évolution » pour parler du phénomène culturel. Comme dans le développement d'un organisme, la culture humaine ne repart pas de zéro à chaque étape : certains acquis sont sélectionnés, transmis, mémorisés, et servent de fondement à la nouveauté. La distinction essentielle entre une hérédité culturelle et une hérédité biologique réside peut-être dans cette notion d' « acquis » qui est au croisement de la transitivité et de l'accumulation. Or on distingue assez grossièrement l'évolution lamarkienne de l'évolution darwinienne avec l'idée que la première postule une « hérédité des caractères acquis », tandis que la seconde s'y opposerait.[135] Et on ne peut nier que ce qui est acquis durant l'existence, est, en matière technique et culturelle, transmissible aux pairs et à la descendance. On a même longtemps identifié cette dimension cumulative de la culture à un propre de l'homme qui le soustrait au règne de la nature.[136] Quelles sont donc les modalités de l'évolution culturelle ? Quels sont ses tempos d'évolution ? La culture en tant que technique est-t-elle lamarckienne, darwinienne, ou procède-t-elle de modalités propres qui n'auraient pas encore été qualifiées ?

[135] Dans sa version synthétique, la théorie néo-Darwinienne sépare les caractères héritables localisés dans les cellules germinales des caractères non héritables localisés dans les cellules somatiques qui sont modifiables au cours de l'ontogénèse Voir á nouveau August Weismann *Germ Plasm : a theory of Heredity*, PIV ChXIII : « The supposed transmission of acquired characters », p 312-409

Pour que la culture évolue sur un mode lamarckien, il faudrait qu'elle soit non seulement transitive et cumulative, mais surtout orientée : et il me semble que ce soit le cas, au moins en ce qui concerne la technique. En effet nos besoins collectifs déterminent, dans une certaine mesure, des fonctions nécessitant des supports physiques, organiques ou techniques. Y'a-t-il une nouvelle maladie qui se répand dans une population, la science orientera ses financements et ses programmes de recherche en direction d'une solution. [137]Et ce caractère orienté, lamarckien, de la technique fait de l'évolution culturelle un processus beaucoup plus rapide qu'une évolution biologique, darwinienne. [138]

Prenons le fameux exemple du cou de la girafe, utilisé pour ses vertus pédagogiques pour distinguer Lamarck de Darwin. Les girafes lamarckiennes, par leur effort continu pour attraper les feuilles des arbres de la savane, allongent leur cou dans une sorte d'élan vital dont les effets sur l'organisme sont transmissibles à leur progéniture. Les girafes darwiniennes au cou suffisamment long auront potentiellement plus de chances de survivre, et donc de se reproduire et de transmettre cet avantage adaptatif à leur descendance, que les girafes au cou plus court. Si l'homme qui s'est construit une échelle trop courte pour attraper un fruit dans l'arbre attendait de mourir avant de penser à rajouter quelques barreaux à son échelle, l'humanité n'en serait pas où elle en est aujourd'hui, sélectionneur artificiel capable de modifier son propre génome et ceux des

[137] Nuance : ce n'est plus un secret pour personne qu'aujourd'hui les financements dans les laboratoires pharmaceutiques dépendent en grande partie du rendement anticipé plutôt que du bien commun. Aussi la recherche n'est pas forcément orientée vers des besoins humains globaux, mais répondent plutôt à des intérêts privés, tout du moins localisés.

[138] Lewens *(Ibid 134)* émet cependant une réserve quant au caractère systématiquement orienté de la technique. Selon lui la plupart des découvertes émergent de façon aléatoire, par sérendipité. Il prend l'exemple du feu qui est loin de faire consensus.

organismes dont il se sert comme ressources, de marcher sur la lune et de s'interroger sur les tempos et les modes de sa propre évolution.[139]

On peut distinguer deux grands types de transmission culturelle : les premières sont horizontales, ou synchroniques (c'est à dire qu'il ne s'agit pas de transmissions générationnelles mais populationnelles) et sont théorisées notamment par la mémétique, instituée par le généticien Richard Dawkins[140]. Dans le paradigme mémétique, les mêmes sont des unités culturelles analogues dans leurs modalités de transmission aux gènes : ils se répandent selon leur fitness différentielle dans un environnement culturel donné, indépendamment de notre volonté. La mémétique est donc une forme d'épidémiologie culturelle. Elle pense la culture comme un phénomène émergent des relations sociales entre individus biologiques. Les idées, les techniques (les mêmes) se répandent dans des populations par des processus de copies, passant de corps en corps sans égard aux intentions des organismes qui en sont les porteurs. On peut les identifier aux maladies vénériennes. Dans cette perspective, la culture suit sa propre course indifféremment des corps biologiques relégués au rang de média. Une version extrême de cette discipline envisage même que dans cette indifférence au bien être de leurs supports biologiques, les mêmes puissent courir « contre nous » : scénario qui trouve son incarnation dans certains récits de science-fiction où les machines (qui sont des mêmes) utilisent l'homme comme une ressource énergétique. Godin et autres réactionnaires voient dans notre dépendance moderne aux Smartphones les prémisses de cette domination des mêmes sur leur support[141] : dans un certain sens, les mêmes

[139] Un des écueils dans ce type de réflexion réside dans l'inégalité de la distribution des ressources et de l'éducation. Ainsi ont émergé un ensemble de théories unifiées sous le titre de « Darwinisme Social » pour justifier les inégalités en tant que lois Naturelles : Dans un sens, celui qui n'a pas le matériel pour construire une échelle plus haute aura certainement une espérance de vie plus courte que celui qui possède d'emblée une échelle à la bonne taille.

[140] Richard Dawkins, *The selfish gene*, Ch 11 « Memes : the new replicators »

[141] Voir par exemple (Godin 2013)

ont besoin de nous pour survivre et se reproduire, et nous concourrons activement à l'accélération de leur propagation : si l'évolution de la technique est totalement autonome vis à vis de son support biologique, nous pourrions devenir de simples organes reproducteurs des mêmes que nous pensons créer et contrôler.

La dimension verticale (ou diachronique) concerne les processus de transmission liés à l'éducation. Elle s 'exerce à chaque fois que quelque chose du monde qui nous précède nous est enseigné (normes, valeurs, histoire, connaissance, technique.) [142]La verticalité de la transmission culturelle renvoie au double aspect transitif et cumulatif de la culture. Nous sommes des nains sur les épaules des géants », écrivait Bernard de Chartres au XIIème siècle[143] : toute la connaissance qui nous précède forme une montagne, et chacun naît en son sommet, appuyé, fondé sur l'accumulation des idées qui le précède. La révolution copernicienne était nécessaire à Newton pour formuler ses lois de la gravitation. La révolution newtonienne était nécessaire à Einstein pour formuler ses lois de la relativité. Einstein se tenait sur les épaules de Newton, qui se tenait sur les épaules de Copernic. Et chaque révolution scientifique apporte avec elle un corpus de découvertes stimulées par l'orientation particulière de la révolution. Comme l'explosion cambrienne qui a vu l'expansion et la diversification des animaux dont nous sommes les descendants, une révolution scientifique engendre une nouvelle gamme de variations possibles en effaçant partiellement les acquis jugés rétrospectivement désuets et en conservant les acquis sur lesquels cette révolution s'est appuyée. Dans l'explosion cambrienne, c'est la disparition de certaines espèces

[142] Il y a cette idée chez Max Weber et la plupart de nos sociologues contemporains que nos parents nous « offrent un monde » en nous éduquant. L'éducation est une transmission sociale d'un ensemble de normes communes et de valeurs particulières qui reconstruisent le monde social dans lequel l'enfant va se développer. La formule résume assez bien l'idée que je me fais de la dimension verticale de la transition.

[143] Cité par Bernard Maris, dans l'*Antimanuel d'économie. 1. Les fourmis*, Ch. "La croissance"

dominantes qui a laissé la place à d'autres espèces minoritaires et leur a permis de se déployer et de se diversifier.[144] Dans la révolution einsteinienne, c'est la crise de la géométrie newtonienne (le repère cartésien) dans la philosophie géométrique de Poincaré qui a permis à l'espace de Minkowsky de s'imposer et de servir de fondement à la relativité restreinte.[145]Et ainsi, en histoire des sciences comme en histoire naturelle, c'est la mort, la disparition d'un ensemble d'objets dominants qui permet l'émergence de la nouveauté. Nouveautés qui, en se détachant du sédiment qui a permis leur émergence, forment des strates que les historiens des idées tentent de dater et d'articuler à la manière des paléontologistes. Et comme en paléontologie où les strates, les discontinuités des archives fossiles, ont été interprétées comme des discontinuités historiques réelles, faites d'évènements ponctués et de transitions rapides, l'histoire des idées et de la connaissance à ses sauts, ses pointillés. En 1962, l'Historien et Philosophe Thomas Khun publie « *la structure des révolutions scientifiques* » dans lequel il expose sa vision pointilliste de l'histoire des sciences. La science procèderait selon lui par cycles, faits de révolutions (explosion évolutive), de science normale (stase ou équilibre) et de crises (crises écologiques, ou catastrophes naturelles).[146]

Toutefois si les bactéries de Lenski et Travisano observent des phases statiques après l'explosion de diversité, la science contemporaine, dans son intrication mercantile à la technique, semble emportée dans un élan de nouveauté perpétuelle, comme une explosion qui réduit l'écart temporel entre les révolutions scientifiques, faites de siècles

[144] S.J Gould : la vie est belle, le schiste de Burgess, Seuil, 1998, Ch3 « *La réinterprétation du schiste de burgess : vers une nouvelle vision de la vie »*
[145] (Walter 2008)
[146] Chaque partie de l'introduction de *la structure des révolutions scientifiques* décrit une de ces étapes

entre Newton et Einstein, en années voir en mois aujourd'hui.[147]. Mais cette impression d'accélération ne pourrait-t-elle pas être liée simplement à l'incapacité de penser son propre temps, de distinguer dans le diffus du quotidien ce qui est de l'ordre de l'événement de ce qui ne l'est pas ? L'histoire des sciences modernes souffre-t-elle d'une absence de recul nécessaire à établir une étiologie, une histoire explicative de l'articulation des révolutions scientifiques ? Comment savoir si une découverte actuelle est une révolution ou une parenthèse de la future histoire des sciences ? Cela fait plusieurs années maintenant que je suis convaincu que le rôle du philosophe d'aujourd'hui consistait à écrire une histoire de son propre temps. Etrange histoire d'un présent qui n'existe pas tout à fait, si l'on admet les résultats théoriques de la relativité restreinte dans laquelle la simultanéité n'est qu'une construction du point de vue d'un référentiel donné. Et depuis que je travaille sur ce mémoire, il me semble de plus en plus qu'une partie du travail de cet historien du présent devrait avoir pour objet l'histoire de ses propres tempos. Stefan Zweig était pour moi cet historien qui prenait la mesure du pouls du XXème siècle, un penseur des équilibres ponctués avant la théorie des équilibres ponctués, rationalisant la contingence des événements historiques et leur imprédictibilité comme le fait Lenski avec ses bactéries. [148]Aussi cette histoire pourrait, en ce qui concerne la technique, se réduire à une dynamique dont le *Hic et Nunc,* l'ici et maintenant, n'est qu'un passant illusoire, dynamique représentée par une courbe des découvertes scientifiques qu'on projette comme tant de révolutions techniques qui vont bouleverser les modalités de l'évolution culturelle.

[147] Par exemple, les deux plus grandes révolutions en biologie moléculaire, la découverte de la structure moléculaire de l'ADN par Watson et Crick et récemment Crispr cas9 par une communauté innombrable de chercheurs, sont espacées de seulement 50 ans.

[148] C'est l'essentiel du propos des « *très riches heures de l'humanité* », dans lequel Zweig identifie des événements historiques majeurs et montre à la fois leur contingence et l'imprédictibilité de leurs effets. La préface introduit cette dimension contingente et pointilliste de l'histoire du XXème siècle

La courbe des révolutions scientifiques décrit en effet une fonction exponentielle, une science en marche depuis Prométhée qui s'est mise à courir et dont l'accélération produit ses propres moyens d'accélération toujours plus véloces. [149] L'évolution de la technique, corrélée à ces révolutions, semble donc tout à fait distincte, en terme de tempos, de la courbe arithmétique faite d'explosions ponctuelles et de stases qui décrit l'évolution des populations de bactéries de Lenski et Travisano. Comment rendre compte de ce distinguo ? Cette différence quantitative, en terme de vélocité, entre l'évolution technique et l'évolution biologique, peut elle être interprétée comme une véritable différence, qualitative, entre ces deux modalités d'évolution ?

- L'organologie générale

L'organologie générale est une tradition philosophique dont on doit la paternité à des philosophes vitalistes comme Henri Bergson et Georges Canguilhem. Prenant l'organisme comme point de départ, elle considère la technique comme une simple extension des fonctions biologiques, comme un organe dont dispose l'organisme pour assurer sa survie et sa reproduction. Ernst Kapp disait des instruments fabriqués qu'ils s'externalisaient, étaient des « organes projetés » : le bol, par exemple, ne serait qu'une projection des mains sur le monde que nous construisons comme tous les autres organismes.[150]

En ce sens, l'organologie générale renverse le point de vue mécaniste qui prend la machine pour point de départ et considère l'organisme comme une force créatrice

[149] (Stent 69)
[150] Ernst Kapp, *Principes d'une philosophie de la technique,*

projetant ses besoins sur le monde. « Le vivant construit son milieu » nous dit Georges Canguilhem[151], et la technique s'inscrirait dans le prolongement d'une activité vitale non limitée à l'être humain. Pour Bergson, qui utilise lui aussi la métaphore de la course aux armements, le langage et l'intellect font partie de la technique et s'inscrivent dès lors dans la continuité organique de l'individu biologique. [152] La production d'instruments ou d'outils, replacée dans la perspective d'une course aux armements, n'est qu'une tactique de survie. Ils « travaillent comme des organes, ils sont simplement des organes extérieurs.. ». Le philosophe de la technique Thierry Hocquet propose que dans la conception vitaliste du vivant de Bergson et Canguilhem, le puceron ne serait qu'un organe de production de sucs pour la fourmi. [153]Une autre espèce peut donc également être un simple moyen en vue d'une fin : celle de la survie de l'organisme. Aussi les cannes à pêche, les voitures, les Google-glass et les filets de chalutiers sont situés dans une continuité ontologique avec l'inventaire de l'architecture animale et de son impact environnemental : la construction de niche est un phénomène qui n'est pas limité à l'homme dans sa dimension technique. Les oiseaux construisent leurs nids, les castors leurs barrages, les vers de terre leur tunnel, et ce faisant, tous participent à des modifications environnementales qui s'inscrivent dans une écologie interspécifique.

On voit comment la perspective vitaliste estompe la frontière entre nature et culture, entre naturel et artificiel, entre inné et acquis, toutes ces dichotomies essentielles à l'exercice de la philosophie occidentale. Une usine n'est certes fonctionnellement pas bien différente d'une fourmilière, et un filet de pêche a tout de la toile d'araignée. Les innovations techniques biomimétiques (bioluminescence, nanorobotique, algorithmes

[151] Georges Canguilhem*, La connaissance de la vie, pp 160-193*
[152] Henri Bergson, L'Evolution créatrice, p.131-140
[153] Thierry Hocquet, Cyborg Philosophie, « *Cyborg et l'Oranologie Générale* », p 49-89. Ce chapitre m'a fourni de nombreux renseignements, réflexions et références sur l'organologie générale

évolutionnaires, architectures organiques) démontrent par leur efficacité l'économie et l'efficience des processus naturels dont ils s'inspirent. Mais selon les théoriciens de l'organologie générale, il n'y a pas lieu de « mimer le vivant » puisque, en tant que membre indissociable du règne de la nature, le vivant se prolonge sans effort, sans rupture, par le biais des instruments, des techniques qui sont des organes extérieurs.

Dans la sous-partie précédente, nous nous interrogions sur la possibilité d'une comparaison quantitative des taux d'évolution des systèmes biologiques et culturels, ou techniques. Autrement dit, une course aux armements entre l'homme et la nature, qui présuppose cette distinction légitime, nécessiterait qu'on identifie les deux concurrents pour évaluer leurs potentialités d'accélération, d'endurance, de vitesses normales. Mais si la technique n'est qu'un organe, un prolongement de l'activité vitale indistinct des fonctions innées de l'organisme, incluant les modifications environnementales qui en sont les conséquences, il n'y a plus deux systèmes en concurrence, mais un seul système évolutif qui court seul : le système nature qui suit son cours dans les limites de l'écosystème le plus englobant que nous connaissions : la planète terre, cette rivière héraclitéenne où rien ne se perd et tout se transforme. L'organologie générale est en ce sens assez inspirée de la Philosophie de Spinoza dans laquelle l'homme « n'est pas un empire dans un empire »[154]. Une philosophique dans laquelle l'homme n'est pas essentiellement isolé du reste monde, la nature agissant au travers lui. Mais l'organologie générale et le vitalisme bergsonien sont des théories du début du XXème siècle, une ère qu'on regardera sans doute plus tard comme dénuée de « conscience écologique ». La conscience écologique qui ne peut se passer d'une distinction Naturel/Artificiel, Organe/Technique, Organisme/Machine, puisqu'elle se fonde sur un

[154] Spinoza, Ethique III, préface

catalogue des effets de la mondialisation et de l'industrialisation qui suppose un impact de l'artificiel sur le naturel, un impact de la technique sur le biologique. L'organologie générale nous déresponsabilise en décrivant notre activité industrielle irrégulée comme un simple effet de l'évolution du vivant qu'il n'y aurait pas lieu de canaliser. Le conatus spinozien se trouve réactualisé dans un paradigme biologisant : il est normal pour un organisme, pour une espèce, de chercher à se préserver, à s'étendre, à se perfectionner, à « persévérer dans son être»[155]: regardez les tortues et leurs carapaces, regardez les araignées et leurs toiles, regardez les castors et leurs barrages. N'ont ils pas comme nous leurs organes extérieurs, leurs niches construites traversant les générations et qu'ils défendent ardemment, et leurs compétitions avec d'autres espèces ? Si l'homme court très vite, et parvient à maîtriser totalement son environnement, tant mieux ! Auparavant l'homme avait des prédateurs, et il vivait comme une bête traquée, et c'est la technique seule (donc des organes projetés) qui lui ont permis de devenir « Maître et Possesseur de la Nature. » C'est la dure loi de la vie : une course suppose des gagnants et des perdants.

Cette conception naturalisante de la technique nous soulage donc du poids de la responsabilité écologique de bien des manières : on pourrait par exemple en déduire par analogie avec certains mécanismes identifiés au sein d'écosystèmes particuliers, que le rapport de l'homme à son environnement est celui d'un superprédateur, qui régule l'ensemble de la chaîne alimentaire dont il dépend : il y a par exemple les équations de Lotka-Volterra qui décrivent la fluctuation des populations liées pars des relations prédatives. Ces équations non linéaires prédisent une corrélation négative entre le nombre de proies et le nombre de prédateurs : plus il y a de proies, plus leur prédateur

[155] Spinoza, Ethique III, Proposition 6

dispose de ressources et plus leur nombre augmente en conséquence. Mais plus il y a de prédateurs et plus la population de proies décroît relativement au nombre de bouches à nourrir, et ainsi de suite dans une succession de cycles où les populations fluctuent selon deux courbes négativement corrélées[156] Et il existe des cas dans lesquels la décroissance du nombre de prédateurs engendre une surpopulation des proies qui s'effondrent de par leur propre expansion. Ce serait le cas par exemple du lynx qui aurait un rôle de régulation nécessaire à la stabilité des populations de lièvres des neiges : la diminution du nombre de lynx entraîne une augmentation de la population de lièvres qui finit par s'effondrer du fait de son expansion par un effet de surpopulation.[157]

Dans cette perspective, la pêche en chalut pourrait aussi bien être défendue comme mécanisme de régulation des populations qui, sans cette pression écologique intense, souffriraient de surpopulation et décroitraient. Mais le temps sagittal, entropique, (anthropique) et irréversible de la détérioration des populations aquatiques par l'industrie humaine est bien différent du temps cyclique du modèle proie/prédateur dans lequel on identifie des équilibres fluctuant, des oscillations, des retours, des résiliences. La pêche intensive n'est pas l'analogue d'une sélection naturelle. En éliminant tous les membres de la chaîne alimentaire d'un écosystème localisé, elle ne laisse pas de place à la résilience des proies pendant la décroissance cyclique du prédateur, et *vice versa*. De même, nous sommes la seule espèce à savoir produire, à partir de matériaux « bio » des objets non « biodégradables » dont l'Océan est la première victime. Tous les organismes polluent, ne serait-ce qu'en respirant, mais cette

[156] (Volterra 1931)
[157] (Leigh 1968) L'équation de Lotka voltera fut par ailleurs modélisée en réaction à l'observation que le nombre de poissons prédateurs de la mer Adriatique avait augmenté suite au conflit entre l'Italie et l'Autriche, durant lequel la pêche avait significativement diminué. Voir (Meier & al 2006), p. 5

pollution s'inscrit dans un cycle de recyclage fixé par des millions d'années de coévolution. La dégradation d'un sac en plastique ou d'un filet de pêche moderne est si lente qu'à notre échelle somatique elle devient inexistante.[158] Dégradation lente, question de tempos et d'échelles encore une fois, mais il y a une telle différence entre notre tempo de production de ces objets et leur tempo de dégradation qu'elles finissent par induire une différence essentielle. « Nous ne nous rendons jamais compte à quel point se transforment les phénomènes, leur nature et leurs lois, lorsque change leur échelle. Nous méprisons la quantité alors que la croissance laisse rarement la qualité invariante » écrit Michel Serres dans *Hominescence.*[159]

Si l'homme, dans sa dimension technique court trop vite, c'est parce qu'il brise ces cycles, ces équilibres mouvants qui caractérisent les écosystèmes. Et ainsi, l'incommensurabilité des rythmes de la course nous révèle cette différence qualitative entre les activités humaines et animales que l'organologie générale refuse par soucis de cohérence d'un système dans lequel l'homme demeure une espèce biologique obéissant à ce titre aux mêmes lois que toutes les autres.

[158] 450 ans pour le sac en plastique, 600 ans pour le filet de pêche. J'évite intentionnellement le cas des déchets nucléaires.
[159] Michel Serres, Hominescence, « *Les Autres* », P 324

2) L'évolution comme symbiose :

Après avoir exposé différentes conceptions du rapport entre l'évolution biologique et technique, je propose d'analyser le rapport entre évolution éthique et technique, condition nécessaire à l'avènement d'une conscience écologique. Quel est le taux d'évolvabilité de la technique humaine, et quel est le taux de sa capacité de réaction à ses conséquences ? Autrement dit, quelle emprise l'homme a-t-il sur la technique, et quelles sont les modalités d'évolution de la technique et de l'éthique ?

- Le lièvre et la tortue[160]

Paradoxalement, les deux questions que j'ai posées, *« pourquoi les poissons mordent-ils toujours à l'hameçon* ? » et « *pourquoi les poissons ne mordraient-ils plus à l'hameçon ?* » requièrent le même type de réponse. L'homme, dans sa dimension technique, court trop vite. Et dans les deux cas, la notion de vitesse nécessite une étude précise des oscillations du temps dans lequel se déroulent nos récits. La course de la technique et de l'environnement biologique ne peut plus être décrite, après ce qui vient d'être vu, comme une course de fond, mais plutôt comme un sprint sur 400 mètres ponctué de violentes accélérations. La première accélération a consisté dans l'explosion, il y a au moins 20000 ans, de la pratique de la pêche à la ligne. La seconde est l'avènement de l'ère industrielle, et majoritairement de la pêche chalutière. Dans le premier cas, il faut

[160] Annexe 5

prendre en compte la relative insignifiance de notre accélération en tant que pression de sélection. La seconde semble beaucoup plus effective.

Michel Serres utilise la métaphore du lièvre et de la tortue pour représenter respectivement la lenteur de l'éthique face à la progression exponentielle de la technique. [161]Il y a en effet cette double articulation de la métaphore de la course : celle du système culturel face au système biologique, celle du système éthique face au système technique. Et la deuxième course passe nécessairement par une réflexion sur la réalité de la première. L'homme court-t-il contre son environnement ? Auquel cas quelles seraient les modalités de cette course ?

Nous avons montré qu'au sein du corps humain, et au sein des organismes en général se déroulaient des courses aux armements suivant un modèle Hôte/Parasite.[162] Dans sa dimension organique, ou biologique, l'homme est donc encore en train de courir contre un environnement qu'il porte en lui. L'usage immodéré des antibiotiques non seulement renforce par sélection les virus contre lesquels ils sont supposés lutter, mais surtout accélère, en induisant un stress environnemental, leurs taux d'évolvabilité. : Selon Gilling et Strokes, les bactéries pourraient évoluer plus rapidement et plus radicalement aujourd'hui qu'il y a seulement quelques décennies. [163]Hors de son corps, l'homme utilise des pesticides pour protéger ses cultures contre les espèces qui s'en nourrissent,

[161] « La technique-lièvre prend de vitesse l'evolution-tortue » M. Serres, hominescence, p.51
[162] (Moran et al 2011)
[163] "Nous inondons le monde avec des agents sélectifs, et cela peut avoir changé les équations standards du cout énergétique qui régissent ces rythmes si une évolution accrue en vaut le prix : Il vaut mieux être vivant et endommagé que morts. » voir (*Gillings & Strokes 2012)*

et par le même mécanisme, il obtient l'effet inverse de ce qu'il voulait obtenir au départ, [164]comme le petit Horace Darwin et ses vipères.

Dans une course d'athlétisme, le jeu de l'adversaire n'influe pas directement sur la performance de son concurrent, mais chacun doit atteindre le même point. Ce n'est pas le cas dans la course aux armements, où les performances relatives des deux concourants sont l'objet de stratégies variées, comme si l'un pouvait, par exemple, envoyer des projectiles sur l'autre coureur, et l'autre, s'armer de prothèses à ressort. C'est pourquoi il nous faut à présent repenser la métaphore de la course pour qu'elle soit plus représentative des relations qualitatives et rétroactives que l'homme entretient, de fait, avec son environnement. Par exemple, dans la plupart des jeux de société il n'y a pas de stratégie optimale pour gagner : aux échecs et au jeu de go, comme dans un duel d'escrime, il n'y a pas de « Botte de Nevers » qui garantirait la victoire mais des normes de réactions au jeu de l'adversaire. Certains jeux ne supposent même aucune stratégie possible puisqu'ils sont régis par le hasard (pile ou face, lancé de dés) tandis que d'autres semblent répondre au même indéterminisme mais impliquent une certaine théorie de l'esprit (poker pierre-feuille-ciseau). Il y a aussi ces jeux où la victoire nécessite des compromis, parfois des alliances temporaires avec l'adversaire, la réussite d'autres participants étant déterminants dans la victoire individuelle (la plupart des jeux de plateau comme Risk, Cyclades etc..) Et il y a surtout ces jeux où il n'y a pas de victoire personnelle sans victoire de l'adversaire, ou la victoire est commune ou n'est pas.

[164] **(**Codur &Veron 2005)

Les équilibres de Nash[165] incarnés dans le dilemme du prisonnier décrivent ce type de jeux dans lesquels les actions visant le seul profit individuel sont désavantageuses pour les deux participants, tandis qu'une stratégie du compromis est bénéficiaire aux différents partis. Et selon certains évolutionnistes[166], il pourrait s'agir d'un mécanisme de sélection naturelle efficient à long terme sur les populations : l'ensemble des participants aux jeux présentant des comportements altruistes a plus de chances de gagner que l'ensemble des participants aux jeux présentant des résultats individualistes, comme si ces deux populations se retrouvaient chacune dans une barque au milieu de l'océan et que la coopération constituait le meilleur moyen de ramener l'ensemble de l'équipage sur la côte.

Nous sommes dans la même barque que nos commensaux : notre corps. Et l'ensemble des espèces qui peuplent un écosystème sont dans une situation analogue. D'un point de vue global, la planète Terre est une barque au milieu d'un grand Océan. Le profit de l'homme en tant qu'espèce passe-t-il nécessairement par une conquête toujours plus rapide et étendue des écosystèmes dans lesquels plusieurs espèces évoluent ?

Voilà une question qui n'échoue pas seulement aux écologistes ni même aux philosophes, mais à chacun des membres d'un « nous » qu'il s'agirait de définir.

[165] Très bien expliqués dans Bernard GUERRIEN, « ÉQUILIBRE ÉCONOMIQUE », *Encyclopædia Universalis*

[166] On trouve par exemple une référence du dilemme du prisonnier dans le chapitre 5, « Agression, stability and the selfish machine », du *Gène égoïste* de Richard Dawkins.
, pp.69-74, Voir Annexe 6

- Coévolution positive

J'ai longtemps parlé de coévolution dans sa dimension négative, au sens de course aux armements. Dans cette perspective, on isole deux adversaires, deux concurrents, avec un gagnant supposé. Si ces deux concurrents sont l'homme et la nature (personnifiée dans notre travail par les populations de poisson) alors on peut dire que l'homme court trop vite, et qu'il ne peut s'agir d'une course parce qu'elle est trop inégale.

Mais étymologiquement, « *coévoluer* » signifie « *évoluer avec* ». Aussi le terme de coévolution englobe à la fois la course aux armements illustre par le modèle proie/prédateur, et une dimension positive, celle de la *coadaptation*, illustrée par la symbiose. On peut le voir comme un autre type de métaphore, ou comme un autre type de réalité. La question de savoir si la coévolution serait seulement une guerre perpétuelle ou seulement un travail d'équipe implique évidemment un positionnement politique dans lequel je ne souhaite pas m'engager ici. Les deux processus existent, agissent, expliquent : la toile de l'araignée, chargée en électrons, réagit au passage du bourdon dont les ailes en frôlant frénétiquement la poussière du sol sont chargées positivement, et favorise ainsi sa capture :[167] Coévolution négative. Les pétunias les plus symétriques sont statistiquement les plus chargées en électrons et les plus susceptibles d'attirer ces mêmes bourdons dont les ailes sont chargées en protons [168]: Coévolution positive. Pourquoi la cime de la forêt amazonienne est-t-elle si haute ? Parce que les plantes qui s'y développent sont en lutte perpétuelle pour la lumière du soleil (course aux armements) et parce que chacune d'elles est le support de relations

[167] (Vollrath 2013)

[168] (D. Robert et al 2013)

symbiotiques très spécifiques qui accélèrent ce processus (symbiose) : deux points de vue sur un même événement, deux récits dans différents langages.

Dans son modèle symbiotique de l'évolution, Lynn Margulis adopte le second point de vue. Selon elle la symbiose est le réel moteur de l'évolution, puisque l'origine chimique de la vie, sa diversification, sa complexification et sa spécification n'ont pu se faire que par une succession d'interactions symbiotiques. « Nous sommes des symbiotes vivant sur une planète symbiotique » écrit-t-elle *dans « The Symbiotic Planet, a New Look to Evolution »*[169] Ce beau livre s'ouvre sur un récit des origines chimiques et symbiotiques du vivant dans lequel les bactéries tiennent un rôle central. Dans ce récit, aujourd'hui admis par la communauté scientifique dans ses grandes lignes, les cyanobactéries sont considérées comme les premières cellules vivantes, autotrophes, à se propager sur terre.

Et de symbioses en symbioses, comme dans un jeu de poupées russes, elles furent incorporées dans les cellules procaryotes qui devinrent cellules eucaryotes, qui, par une succession d'assemblements aboutirent aux premiers multicellulaires qui sont les ancêtres de toute forme de vie Terrestre. L'évolution des espèces se ferait donc par une dynamique positive de relations mutualistes dans lesquelles des individus biologiques s'intriquent les uns dans les autres pour former d'autres individus biologiques plus englobant. Des corps dans des corps dans des corps qui interagissent dans des systèmes fonctionnels complexes.

[169] Lynn Margulis, *The Symbiotic Planet, a New Look to Evolution* p. 155-170

Et les découvertes récentes en immunologie supportent le modèle symbiotique de Lynn Margulis en renversant le rapport concurrentiel entre nous et nos commensaux en un rapport d'utilité mutualiste : une relation qui ne peut être expliquée que par un récit symbiotique de l'évolution comme celui qui vient d'être évoqué. Une relation dans laquelle chacun des systèmes trouve un avantage aux échanges qu'il effectue avec l'autre, comme les plantes à fleur, dont l'origine représentait pour Darwin un « abominable mystère » et les pollinisateurs. [170]Des rapports fragiles et complexes, dont l'observation suscite toujours l'émerveillement.

Les processus symbiotiques nous renvoient en effet à une dimension évolutive plus englobante que celle de l'individu perceptible à notre échelle temporelle et spatiale. Ils nous amènent à considérer ces individus évolutifs comme des écosystèmes dynamiques qui représentent des niveaux de sélection plus larges dans lesquels les équilibres de Nash et leurs applications en théorie de jeux trouvent un sens si l'on considère un temps long susceptible de contenir un grand nombre d'essais et d'erreurs évolutives. « J'ai commencé à penser, écrit le microbiologiste Martin Blaser, qu'un vrai symbiote est un organisme qui vous maintient en vie quand vous êtes jeunes et vous tue quand vous devenez plus vieux. Ce n'est pas particulièrement bon pour vous, mais c'est bon pour l'espèce. »[171]L'idée que le bénéfice individuel est inversement proportionnel au bénéfice du groupe n'a rien d'une nouveauté : la sélection balancée, les mimétismes batesiens, les équations de Voltera, les équilibres de Nash évoqués dans ce travail en sont des instances. Mais l'idée que ce groupe puisse être constitué de différentes espèces évoluant à des tempos différents dans des échelles de temps différentes a encore du mal

[170] (Crepet 1998)
[171] (Blaser & al 2014)

à s'imposer. La logique articulant les microcosmes et les macrocosmes, selon laquelle à la fois ce groupe puisse être « en nous » et qu'en tant qu'espèce nous constituons un individu compris dans un réseau d'interactions écologiques plus vaste est souvent reléguée au statut de belle image, d'analogie panthéiste, animiste, ou quelqu'autre « *isme* » réducteur. Et pourtant, ce n'est qu'en lui reconnaissant un statut de réalité que la conscience écologique prend forme et signification.

Le *Paresseux Tridactyle* illustre assez bien cette articulation macro/micro, puisqu'il combine remarquablement ces relations écologiques internes et externes à différentes échelles, différents tempos, différents calendriers: sur sa peau et entre ses poils se développent des algues vertes qui lui donnent sa couleur vaseuse, qui constitue un excellent moyen de camouflage. En retour les algues sont à l'abri dans les craquelures de la peau du paresseux qui retient l'eau de pluie (Macro). La fourrure du paresseux est également colonisée par des acariens et des coléoptères, toute une faune qui produit des déchets azotés nourrissant les algues. Lorsque le paresseux se lèche pour faire sa toilette, il absorbe les algues et la faune qui s'y loge, ce qui fournit à son microbiote intestinal une importante source d'énergie riche en lipides (Micro). Le paresseux ne descend déféquer qu'une fois par semaine, ce qui consomme 10% de ses calories quotidiennes : il enterre ses excréments au pied de son arbre, bouclant ainsi le cycle de matière azotée en fertilisant l'arbre hôte, et permettant l'éclosion d'une nouvelle génération de papillons qui remonte s'abriter dans son pelage. (Macro→Micro)[172]

[172] Etude détaillée de ce mutualisme plurispécifique dans (Pauli et al *2014)*

Et ainsi, dans le *Paresseux Tridactyle* et comme dans tous les organismes multicellulaires, « l'intérieur et l'extérieur s'interpénètrent. »[173]

La convergence de ces récits symbiotiques retraçant l'histoire de la vie sur Terre dans un calendrier géologique et des récits immunologiques décrivant ces histoires qui se déroulent dans notre corps dans un calendrier somatique nous révèlent une étrange vision du monde de plus en plus répandue dans laquelle les bactéries sont les atomes universels du vivant. « *Take a breathe and you sample the world* », écrit Nathalie Wolfe dans un article du National Geographic.[174] En respirant, nous nous pénétrons de l'effet du soleil sur les plantes qui pratiquent la photosynthèse, des plantes qui résultent d'associations symbiotiques dont les bactéries sont le point de départ : les bactéries ne font pas qu'habiter l'air puisqu'elles l'ont créé. Elles sont le monde dans le calendrier biologique. Respirez, et vous en aurez un échantillon. Il y a quelques mois Jill Banfield et son équipe de chercheurs ont publié dans *Science* un nouvel arbre de vie dans lequel les bactéries occupent presque l'intégralité de l'espace ramifié de l'histoire naturelle[175] : elles sont partout et l'ont été de tous temps : l'origine de la vie est supposée bactériologique, et la vie n'aurait pas de fin selon l'équipe de Banfield parce qu'il y aura toujours des bactéries, des déserts les plus secs aux interstices de glace Antarctique aux abysses les plus sombres, éminemment adaptables du fait de la rapidité de leurs cycles de reproduction et de leur capacités d'accélérations de leurs rythmes biologiques et évolutifs.

[173] Formule célèbre de Richard Lewontin. Dans *La triple hélice : les gènes, l'organisme, l'environnement.*
[174] N'ayant pas trouvé de formule adéquate en Français, je laisse la citation telle qu'elle : Littéralement : « Respire, et tu échantillones le monde. » (Wolfe 2013)
[175] (Banfield et al 2016) Voir Annexe 7

L'univers bactérien nous amène donc à nouveau à repenser les calendriers, les échelles et les tempos de nos cosmologies. Dans un certain sens, chacun de nous est à la fois un organisme et un écosystème dense, avec différents habitats peuplés d'espèces aussi différentes les unes des autres que les animaux d'une jungle ou d'un désert. Nos dents sont des îles au beau milieu d'une mer de salive où s'agitent des milliers de bactéries, entrant et sortant chaque fois que nous respirons. Et l'immunologiste Philippe Kourilsky suggère malicieusement que c'est pour cette raison que le *French Kiss* pourrait fonctionner comme un vaccin, un échange profitable d'organismes dont nous ne partageons qu'un tiers des variétés, tiers dont nous héritons en grande partie dès notre naissance par voie utérine.[176] Cette implosion du soi unitaire en une multitude ressemble à un nouveau décentrement de l'ego, mais pour la première fois vers des temps et des espaces microscopiques. « Qui sait si une bactérie ne voit pas les corps humains comme des montagnes massives, extrêmement dispersées, réellement éternelles (au moins d'une durée géologique), adaptée à toutes formes d'exploitation et ne présentant guère de dangers sauf lorsqu'une dose de pénicilline frappe certaines de ses mauvaises congénères ? » Demande Stephen Jay Gould dans l'éventail du vivant. [177]

Ce bref voyage dans le monde des bactéries nous enseigne que la coévolution positive est une modalité d'évolution universelle, actuelle, dont nous sommes malgré nous les acteurs. Mais quel que soit le jugement qu'on voudra émettre sur l'ubiquité relative de la course aux armements et de la symbiose en fait, il s'agit aujourd'hui de décider quel modèle nous semble le plus légitime en droit pour fonder une éthique environnementale efficiente : Lynn Marguilis ouvre son livre sur cette idée de modèle

[176] Philippe Kourilsky, L*e Jeu du Hasard et de la Complexité*,
[177] Stephen Jay Gould : *« l'éventail du vivant »,* p 214

idéal symbiotique dont l'homme se serait exclu en devenant homme. Elle prône les bienfaits de ce modèle et suggère que nous devrions nous inspirer des relations symbiotiques des bactéries pour fonder une conscience écologique encore balbutiante lorsqu'elle écrit ces mots : « Je suppose que l'avenir proche d'homo sapiens est lié à une reconnaissance des événements de fusions et de symbioses qui ont produit nos ancêtres planétaires microscopiques. » [178]

- Des Equilibres

La notion d'équilibre est cruciale dans la pensée écologique, surtout lorsqu'elle se fonde sur une conception symbiotique de l'évolution. On entend souvent dire qu'en moins d'un siècle, l'homme a brisé des équilibres naturels qui ont mis des millions d'années à évoluer. Mais c'est précisément parce que, malgré les apparences à l'échelle individuelle du calendrier somatique, ces équilibres ont évolué qu'il faut préciser les modalités d'utilisation pertinentes de ce concept. Les écosystèmes ne sont pas des entités fixes : l'équilibre qu'on identifie en les observant est analogue à celui d'une bicyclette, selon les mots de Pierre Henry Gouyon. [179] Et une bicyclette doit avancer, rester en mouvement, pour rester stable. Nous retombons donc sur cette conception rythmique de l'évolution lorsque nous voulons émettre un jugement objectif sur la magnitude des activités humaines sur l'équilibre des écosystèmes : l'impression de stabilité est due à la lenteur du tempo d'évolution des écosystèmes à notre échelle, mais l'explosion évolutive des techniques humaines et son effet sur les cycles d'apparence immuables des écosystèmes

[178] *Ibid 169*
[179] Je l'ai souvent entendu employer cette formule lors d'interventions colloquiales et radiophoniques, mais n'en ait retrouvé aucune référence écrite.

est bien réelle et identifiable sur de courtes échelles de temps : l'impact de la pêche chalutière en constitue un exemple suffisamment évident.

La notion d'écosystème que je viens d'utiliser est aussi assez ambiguë parce qu'elle présuppose une certaine fixité des équilibres dans un système clos. Or l'expansion des activités humaines nous montre bien que les écosystèmes ne sont pas clos, mais dépendent aussi de la dynamique de facteurs globaux comme le climat, la teneur en oxygène de l'air etc.. L'industrie globale perturbe ces écosystèmes du dehors et du dedans et provoque des bouleversements inédits, jamais identifiés dans l'histoire naturelle depuis que l'homme a conscience d'une histoire naturelle. [180]Il faut cependant ajouter que l'industrie n'est pas le propre de l'homme : les castors, les fourmis, les abeilles, les vers de terre, les plantes, les bactéries, construisent leur environnement. Ils le modifient de façon conséquente plutôt que de se modifier eux-même (on retrouve ici la perspective naturalisante de l'organologie générale.) C'est pourquoi l'idéal de préservation des écosystèmes ne doit pas être pris au pied de la lettre : « Préserver veut d'abord dire laisser certaines marges de manœuvre aux choses naturelles, leur reconnaître un volant de possibilités » écrit Stéphane Haber dans sa *Critique de l'Antinaturalisme*[181] ; autrement dit, il s'agirait plus de maintenir des potentialités d'évolution que de conserver dans le sens populaire du terme de « garder en état ». La notion d'évocentrisme, introduite par M. Sarasin, décrit assez bien cette confusion. [182]

[180] Giec, 2013, Groupe 1 : Résumé technique à l'intention des décideurs, voir lien dans les ressources numériques

[181] Cité Par Thierry Hocquet dans *Cyborg Philosophie* (*Ibid 153*), P 263

[182] (Sarrazin et Lecomte 2014)

Notre corps est lui aussi le lieu de transformations permanentes du fait des relations entre des entités qui font tout pour maximiser leur succès évolutif et qui établissent à cet effet des relations symbiotiques et parasitiques avec leur hôte. Les nouvelles théories du cancer prennent en compte cette dimension écosystémique et évolutive du milieu cellulaire. Le cancer est une prolifération : ce n'est pas la cellule qui prolifère qui est nocive en soi, mais la prolifération elle même.[183] Et cette prolifération est liée à une absence de réaction, de contrôle, de la part de l'environnement cellulaire de la cellule cancéreuse. [184]La notion de déséquilibre prend donc son sens à partir d'un certain niveau de perturbation. Par analogie, Lionel Naccache reprend cette idée que les comportements humains sont dépendants à leur fréquence : [185]C'est à dire que le résultat d'un comportement individuel (en termes économiques de pertes/profits) est dépendant du nombre d'individus qui le pratiquent : une plage déserte est un endroit merveilleux précisément parce qu'elle est déserte. Elles sont très recherchées pour le sentiment de retour à un état sauvage qu'elles suscitent. Et c'est sa qualité d'être déserte qui, paradoxalement, va entraîner sa colonisation. L'avantage qu'un individu retire à faire la sieste sur une plage déserte se perd lorsque d'autres individus désirent eux aussi faire la sieste sur la plage déserte. De même chacun voudrait manger du poisson sauvage plusieurs fois par semaines, mais si l'humanité entière s'y mettait, il n'y aurait effectivement très vite plus de poissons pour mordre à l'hameçon. On évoque généralement cette dépendance à la fréquence dans sa dimension négative, malthusienne. Il me semble que c'est oublier que la technique, comme la cellule qui

[183] (Thomas et al 2013)

[184] (Merlo et al. 2006)

[185] Lionnel Nacache, *L'homme réseau-nable***.** Le propos de ce livre repose sur une analogie entre la crise d'épilepsie (augmentation de l'activité des synapses et homogéinisation des neurones) et les effets de la mondialisation (augmentation de l'activité des réseaux de communication et homogéinisation des paysages, cultures et institutions.)

prolifère, n'est pas néfaste en soi, qu'elle est génératrice de nouveautés, de nouveaux moyens de production, et que l'absence de maîtrise seule (la tortue de l'éthique) est responsable des maux identifiés par les rapports des différents organismes de veille environnementale.[186] C'est le fameux et discutable exemple du couteau qui serait, dans cette perspective, une potentialité fonctionnellement neutre.[187]

Nous avons vu que les déséquilibres écologiques viennent de taux d'évolvabilité inégaux, lorsqu'une entité trouve soudainement le moyen de courir si vite que la métaphore de la course n'est plus pertinente : c'est ce qu'il se passe dans la plupart des cancers, lorsque certaines cellules qui ne sont plus contraintes par un environnement cellulaire affaibli se mettent à proliférer. C'est ce qu'il se passe lorsque des idées perverses envahissent des foules et les meuvent dans une certaine direction avec la force d'un tsunami. Le propos de nombreux éthiciens converge vers l'idée que leur devoir actuel consiste à opposer à une technicité progressant à la vitesse du lièvre un ensemble de barrières dont la mise en pratique, de par la nature profonde des réflexions et des débats qu'elle nécessite, et la complexité des processus d'impositions de normes écologiques face à des institutions privées, progresse à la vitesse de la tortue. Mais l'éthique doit-elle être un frein ? La décélération est-elle bonne en soi, et quels en seraient les moyens ? L'homme n'est pas plus fixe qu'un écosystème ou qu'une espèce, et sa « préservation » passe plus par un maintien de potentialités que par un ralentissement impossible qui réduirait cette marge de manœuvre. La dimension

[186] Je fais essentiellement référence au rapport du GIEC de mars 2014 « impact, adaptation et vulnérabilité » Voir lien dans les ressources numériques

[187] L'exemple du couteau est analogue à l'argument de Marx dans le livre III du capital dans lequel il défend que les ouvriers ne doivent pas s'attaquer aux machines qui n'ont rien demandé. Je précise "discutable » parce que, sans entrer dans les détails, cette neutralité supposée peut être facilement remise en question avec des cas comme les plantations OGM ou l'utilisation des pesticides.

normative que j'introduis en conclusion d'un travail dans l'ensemble purement descriptif n'est certainement pas un appel à la technophobie : c'est précisément la technique qui nous permet de prétendre à une conscience collective de notre humanité, grâce aux moyens de communication formidables qui devraient être, aujourd'hui, tout comme l'éducation, à la portée de chacun.

Un nous en ouverture ?

L'homme… mais bien sûr, mais comment donc, nous sommes parfaitement d'accord : un jour il se fera ! Un peu de patience, un peu de persévérance : on n'en est plus à dix mille ans près. Il faut savoir attendre, les bons amis, et surtout voir grand, apprendre à compter en âges géologiques, avoir de l'imagination : alors là, l'homme ça devient tout à fait possible, probable même : il suffira d'être encore là quand il se présentera. Pour l'instant, il n'y a que des traces, des rêves, des pressentiments… Pour l'instant, l'homme n'est qu'un pionnier de lui-même. Gloire à nos illustres pionniers !

Sacha Tsipotchkine, *Promenades Sentimentales au Clair de Lune*[188]

Dans la première sous-partie de la partie 2, j'ai mis en relation des systèmes aux échelles et aux tempos différents, à partir d'une distinction que j'ai nommé « le temps de la bactérie » et « le temps des étoiles». J'ai montré également comment de cette seule différence d'échelle on avait inscrit ces objets dans des règnes, soumis à des régimes légaux incommensurables. Puis j'ai décrit comment, malgré cette polyrythmie, on pouvait former des récits intégrant ces objets dans un spectre narratif continu : par exemple, le rythme circadien est le résultat de l'évolution sagittale de la rotation de la terre sur elle-même. Et par la photosynthèse, qui est rythmée par cette rotation, les plantes créent une atmosphère qui a un impact cosmique. L'incommensurabilité de ces taux d'évolvabilité n'empêche donc pas le système cosmique et le système bactérien de s'influencer réciproquement. Aussi les différents tempos d'évolution de ces objets n'impliquent pas une absence de relations, d'interactions mutuelles. Si les objets techniques modernes sont aussi périssables qu'une bactérie, le vouloir humain, ce « nous » qu'il reste à définir ensemble, peut potentiellement durer et interagir avec les trajectoires évolutives de la technique. On pourrait rêver une horloge florale des

[188] Cité par Romain Gary dans la préface de *Les oiseaux vont mourir au Pérou*

techniques, où comme dans celle imaginée par Linné, chaque ouverture serait déterminée par le rythme des jalons éthiques inscrits dans des politiques démocratiques efficientes, représentatives de choix collectifs. Le soleil du vouloir battrait la mesure des floraisons du pouvoir, et surtout sélectionnerait tel un jardinier les graines à planter dans le terreau humain en plein labour : Il choisirait plutôt qu'il limiterait. Et pourtant, si l'homme devient jardinier du buisson dont il est issu, originairement simple bourgeon parmi les innombrables ramifications du vivant, jamais l'expression « scier la branche sur laquelle on est assis » n'a eu autant de sens et de réalité qu'aujourd'hui dans les faits. Ce complexe d'être et de devoir être, de fait et de droit, nous renvoie encore une fois à ce paradoxe rousseauiste du possible et du réel, de l'imaginaire et de la finitude : quelles sont les contraintes qui restreignent aujourd'hui les trajectoires évolutives de la volonté humaine ?

J'ai été assez marqué par ces mots de Michel Serres qui vont dans le sens du rejet du paradigme cartésien, souvent critiqué en théorie, inchangé en pratique:
« A la maîtrise du monde doit succéder aujourd'hui la maîtrise de la maîtrise » Voici une définition de l'Ethique qui me semble assez pertinente dans sa considération d'une vieille logique dualiste qui ne devrait plus être : la maîtrise en tant que moyens, et la maîtrise de la maîtrise en tant que volonté.

Mais toutes ces considérations sont parcourues de « nous » comme s'il y avait un « nous » évident qui pouvait adapter ses cibles à ses capacités. Or, le problème vient sans doute de là : « Certes, tout dépend de nous, mais nous commençons à peine à comprendre ce que signifient à la fois et ce tout et ce nous. » écrit encore Michel Serres dans *Hominescence*. Un « nous » au moins aussi complexe à définir que les « poissons »

puisqu'il ajoute à la difficulté du choix des critères de classification phylétiques, écologiques et phylogénétiques l'épaisseur de la diversité culturelle dans sa dynamique évolutive et la difficulté de « se penser soi-même », de se prendre soi même comme objet de pensée, comme l'évêque Saint-Denis qui, tenant sa tête entre ses mains, symbolise cette dualité du regard et du regardé. Mais tout cela n'est sans doute rien comparé au poids de la responsabilité qui nous échoit dans la définition de ce nous, puisque si les hommes se sont vraiment déracinés du règne des déterministes biologiques, cette définition ne serait plus que le reflet d'un vouloir pur. « Tous nos malheurs proviennent de ce que les hommes ne savent pas ce qu'ils sont, et ne s'accordent pas sur ce qu'ils veulent être », écrivait Templemore dans *plus ou moins bête*. Voici donc venir le temps de l'insoutenable poids de la liberté anticipé par les existentialistes. Les trajectoires évolutives de la technique idéalement conditionnées par un vouloir collectif seraient le reflet de ce que nous sommes, de ce que nous voulons être, comme le bol est le reflet de la forme de nos mains. Il n'y a rien de plus pathétique qu'un artiste qui aurait la mauvaise foi d'annoncer lors de la présentation de son œuvre que toutes les critiques qu'on pourra lui faire sont d'emblée le fait de la mauvaise qualité de son matériel ou de contraintes de temps qu'on lui aura imposées. Les techniques modernes et à venir nous promettent de devenir nos propres architectes. Certes cela demande sans doute un peu de courage de revendiquer cette liberté au principe de notre propre création, mais maintenant que nous sommes nous-mêmes bricoleurs et que nous pouvons rêver, ne taperions nous pas rapidement un meilleur texte que ce singe en une éternité ?

L'homme reste donc encore à inventer : aujourd'hui qu'il a les moyens techniques de se définir, qu'il devient parent de sa propre parenté et jouit d'un ensemble de réseaux

sensés connecter ses éléments individuels, le poids de la responsabilité lui échoit : le *vouloir*, au sens kantien, n'a jamais été aussi tangible, aussi indéterminé et pur.

De la même manière que le « *moi* » s'estompe avec les découvertes de l'immunologie moderne, qui ne distingue plus le « *soi* » du « *non soi* », le « *nous* » disparaît à mesure que la technique court devant l'organique et redéfinit les frontières de l'humain et du non humain. En revanche l'altérité, les poissons, l'environnement, conservent cette apparente stabilité qui induit l'illusion que nous en sommes maîtres, qu' « *il/elle* » , l'autre qui n'est pas « *tu* », nous appartient. Où trouver l'unité du « *nous* » ? Si elle n'est ni dans la technique, ni dans l'organique, elle se trouve peut être dans le troisième terme : l'éthique en tant que vouloir, à l'embranchement des deux concourants lièvre et tortue. L'éthique voit l'évolution darwinienne et ses petits pas de tortue, et elle voit l'évolution technique et ses potentialités d'accélération de bonds du lièvre. Dans la fable, la tortue finit par gagner, parce que le lièvre, trop sûr de lui, s'est assoupi. « *Rien ne sert d'aller trop vite, il faut partir à point.* » Il serait temps pour la conscience écologique de se réveiller, de partir à point, de réellement prendre conscience qu'elle est une conscience. Il serait temps que s'efface la première dichotomie de la fable tortue/organique, lièvre/technique, pour laisser la place à un relais. Sur de longues distances, le lièvre s'épuise, tandis que la vieille tortue traverse les mers pour revenir sur le lieu où elle est née et pondre à son tour. Faut-t-il donc créer nécessairement ce troisième terme pour que s'unissent les deux coureurs et qu'ils cessent d'être concurrents ? Faut-t-il une altérité extra-terrestre ou inorganique aux hommes pour qu'ils réalisent leur unité continue dans le vivant terrestre et dans la conscience humaine ? L'altérité est peut être déjà là, dans la maîtrise sans maître, dans les filets des chaluts.

Je ne prétends pas avoir plus de compétences en matières morales que n'importe quel homme, et par ailleurs, j'essaye tant que je le peux d'éviter dans mon travail de prescrire et de juger des comportements. Je suis aussi conscient que l'émergence d'une unité à partir d'une pluralité n'est pas chose évidente, et que bien entendu une minorité d'agents détiennent l'argent, le pouvoir et donc d'une certaine manière le vouloir de l'humanité. Aussi c'est plutôt en tant qu'homme que j'ai décidé d'ouvrir ce travail, tout en reconnaissant sa faible portée. Quand bien même, comme dit dans une autre fable l'oiseau éteignant le feu de la forêt au lion qui s'enfuit: « j'aurai fait ma part. »

Annexes

I

A l'honorable Conseiller à la cour de sa majesté impériale, le seigneur Matthäus Wacker von Wackenfels, chevalier et patron des écrivains et philosophes, mon maître et mécène,
De la part de son ami Johannes Kepler, mathématicien impérial de la cour, à Prague, auprès de Rudolf II, empereur du Saint Empire Romain, roi de Bohème et de Hongrie.
[…]
Je sais à quel point vous appréciez le Rien.
Et donc je peux facilement dire qu'un cadeau vous fera d'autant plus plaisir qu'il se rapprochera de Rien.
Le cadeau qui vous fera plaisir devra donc être à la fois petit et insignifiant, peu couteux et éphémère, c'est à dire presque Rien. Et comme il y a de nombreuses choses qui partagent cette caractéristique dans le royaume de la nature, il me faut faire un choix parmi elles. […]
Alors que je considérais avec anxiété ces sujets, je traversais un pont – mortifié par mon impolitesse d'apparaître devant vous sans cadeau de Nouvel An – sauf peut-être (pour continuer sur le même ton) celui que je veux toujours vous apporter, c'est à dire Rien.
Et je ne parvenais pas à penser à quelque chose qui, tout en étant proche de Rien, pourrait pourtant être aussi l'occasion d'une réflexion subtile.
A ce moment précis, par un fait heureux, une partie de la vapeur dans l'air a été assemblée en neige par la force de ce froid, et quelques flocons épars sont tombés sur mon manteau, tous hexagonaux, avec des branches duveteuses.
Par Hercule !
Ici, il y avait quelque chose de plus petit qu'une goutte, et qui pourtant avait une forme.
Ici, en effet, il y avait un cadeau de Nouvel An des plus désirables pour l'amoureux du Rien – un cadeau digne d'un mathématicien, puisqu'il descend du ciel et ressemble à une étoile. […]
Notre question est : pourquoi les flocons de neige, quand ils tombent – avant de se mêler aux autres et de former de grands tas – pourquoi les flocons de neige tombent-ils toujours sous une forme qui a six angles et six branches, duveteuses comme des plumes ?
Il doit y avoir une cause pour laquelle la neige a cette forme de petite étoile à six branches.
Cela ne peut pas être dû au hasard.
Pourquoi toujours six ?

Johannes Kepler. *Strena seu de nive sexangula* [Etrennes ou la neige hexagonale].

II

En y réfléchissant plus tard, Alice ne put comprendre comment cela s'était fait : tout ce qu'elle se rappelle, c'est qu'elles étaient en train de courir, la main dans la main, et que la Reine courait si vite que la fillette avait beaucoup de mal à se maintenir à sa hauteur. La Reine n'arrêtait pas de crier : « Plus vite ! », et Alice sentait bien qu'il lui était absolument impossible d'aller plus vite, quoiqu'elle n'eût pas assez de souffle pour le dire.
Ce qu'il y avait de plus curieux, c'est que les arbres et tous les objets qui les entouraient ne changeaient jamais de place : elles avaient beau aller vite, jamais elles ne passaient devant rien. « Je me demande si les choses se déplacent en même temps que nous ? » pensait la pauvre Alice, toute intriguée. Et la Reine semblait deviner ses pensées, car elle criait : « Plus vite ! Ne parle pas ! » Alice ne songeait pas le moins du monde à parler. Elle était tellement essoufflée qu'il lui semblait qu'elle ne serait plus jamais capable de dire un mot et la Reine criait toujours : « Plus vite ! Plus vite ! » en la tirant de toutes ses forces.

– Est-ce que nous y sommes bientôt ? parvint à articuler Alice, tout haletante.
– Si nous y sommes bientôt ! répéta la Reine. Mais, voyons, nous sommes passées devant il y a dix minutes ! Plus vite !

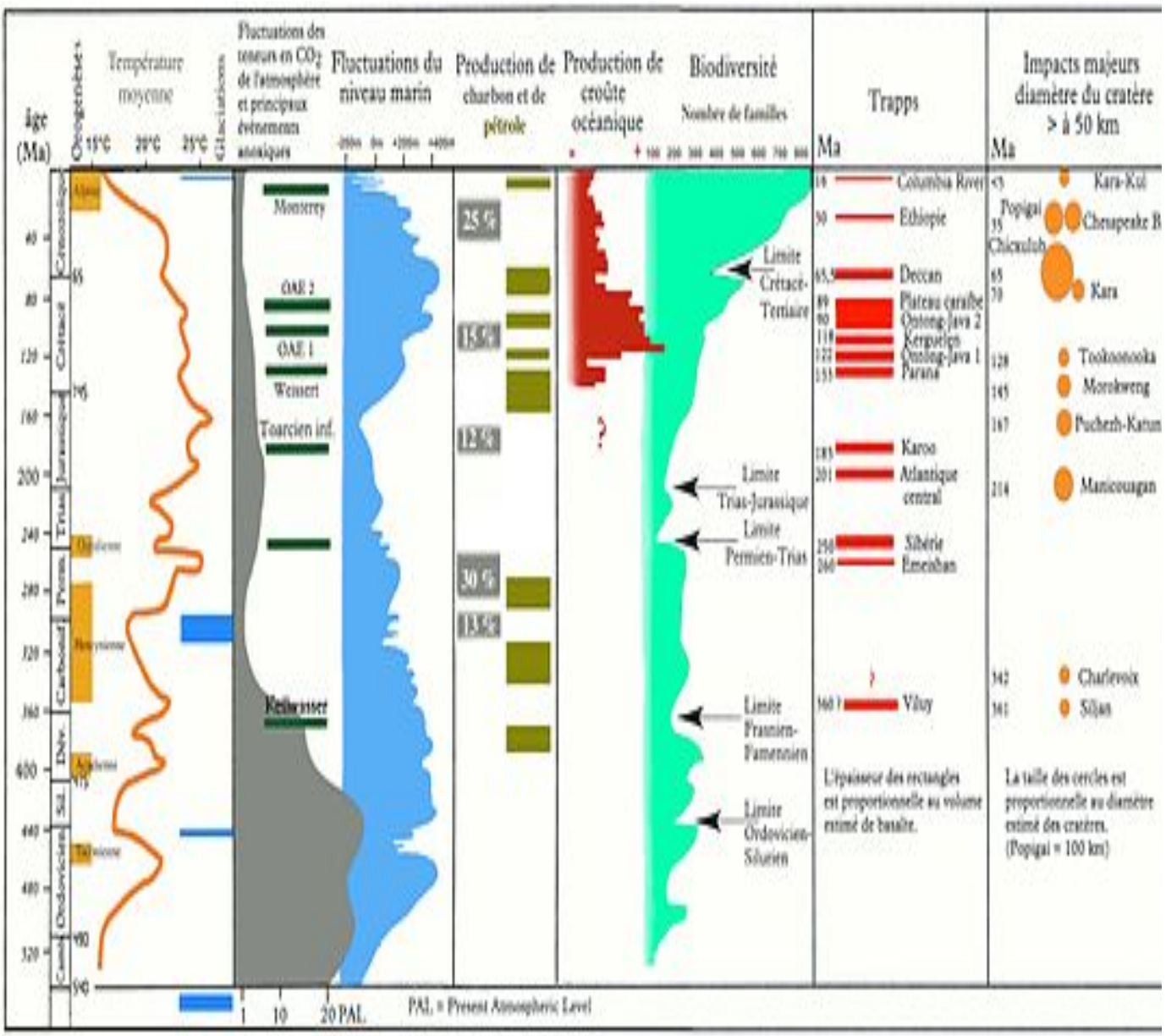
Elles continuèrent à courir en silence pendant quelque temps, et le vent sifflait si fort aux oreilles d'Alice qu'elle avait l'impression qu'il lui arrachait presque les cheveux.
– Allons ! Allons ! criait la Reine. Plus vite ! Plus vite !
Elles allaient si vite qu'à la fin on aurait pu croire qu'elles glissaient dans l'air, en effleurant à peine le sol de leurs pieds ; puis, brusquement, au moment où Alice se sentait complètement épuisée, elles s'arrêtèrent, et la fillette se retrouva assise sur le sol, hors d'haleine et tout étourdie. La Reine l'appuya contre un arbre, puis lui dit avec bonté :

– Tu peux te reposer un peu à présent.

Alice regarda autour d'elle d'un air stupéfait.
– Mais voyons, s'exclama-t-elle, je crois vraiment que nous n'avons pas bougé de sous cet arbre ! Tout est exactement comme c'était !
– Bien sûr, répliqua la Reine ; comment voudrais-tu que ce fût ?
– Ma foi, dans mon pays à moi, répondit Alice, encore un peu essoufflée, on arriverait généralement à un autre endroit si on courait très vite pendant longtemps, comme nous venons de le faire.
– On va bien lentement dans ton pays ! Ici, vois-tu, on est obligé de courir tant qu'on peut pour rester au même endroit. Si on veut aller ailleurs, il faut courir au moins deux fois plus vite que ça *!*

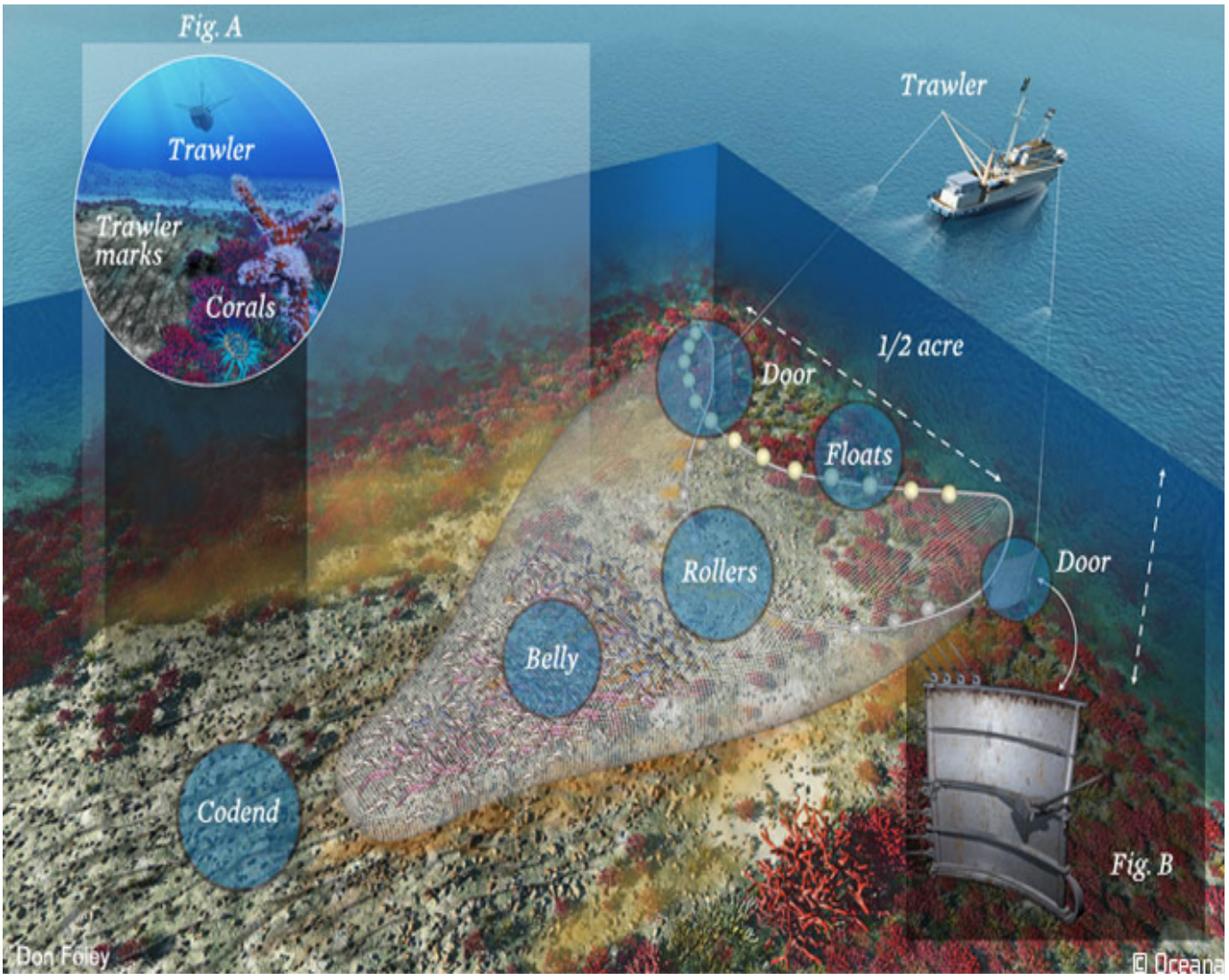
Extrait de *de l'autre côté du miroir, Lewis Caroll, Ch 2*

III



Graphique de Spiridon Manoliu et Monica Rotaru (1928) représentant les équilibres ponctués au niveau des températures, du niveau de la mer, du taux de CO2, de l'activité tectonique, de la biodiversité et des impacts météoritiques durant les 600 derniers millions d'années de l'histoire de la Terre

IV



Modèle de la pêche en Chalut emprunté au site de l'association Bloom, voir http://www.bloomassociation.org/nos-actions/nos-themes/peche-profonde/

V

Rien ne sert de courir ; il faut partir à point.
Le Lièvre et la Tortue en sont un témoignage.
Gageons, dit celle-ci, que vous n'atteindrez point
Sitôt que moi ce but. - Sitôt ? Etes-vous sage ?
Repartit l'animal léger.
Ma commère, il vous faut purger
Avec quatre grains d'ellébore.
- Sage ou non, je parie encore.
Ainsi fut fait : et de tous deux
On mit près du but les enjeux :
Savoir quoi, ce n'est pas l'affaire,
Ni de quel juge l'on convint.
Notre Lièvre n'avait que quatre pas à faire ;
J'entends de ceux qu'il fait lorsque prêt d'être atteint
Il s'éloigne des chiens, les renvoie aux Calendes,
Et leur fait arpenter les landes.
Ayant, dis-je, du temps de reste pour brouter,
Pour dormir, et pour écouter
D'où vient le vent, il laisse la Tortue
Aller son train de Sénateur.
Elle part, elle s'évertue ;
Elle se hâte avec lenteur.
Lui cependant méprise une telle victoire,
Tient la gageure à peu de gloire,
Croit qu'il y va de son honneur
De partir tard. Il broute, il se repose,
Il s'amuse à toute autre chose
Qu'à la gageure. A la fin quand il vit
Que l'autre touchait presque au bout de la carrière,
Il partit comme un trait ; mais les élans qu'il fit
Furent vains : la Tortue arriva la première.
Eh bien ! lui cria-t-elle, avais-je pas raison ?
De quoi vous sert votre vitesse ?
Moi, l'emporter ! et que serait-ce
Si vous portiez une maison ?

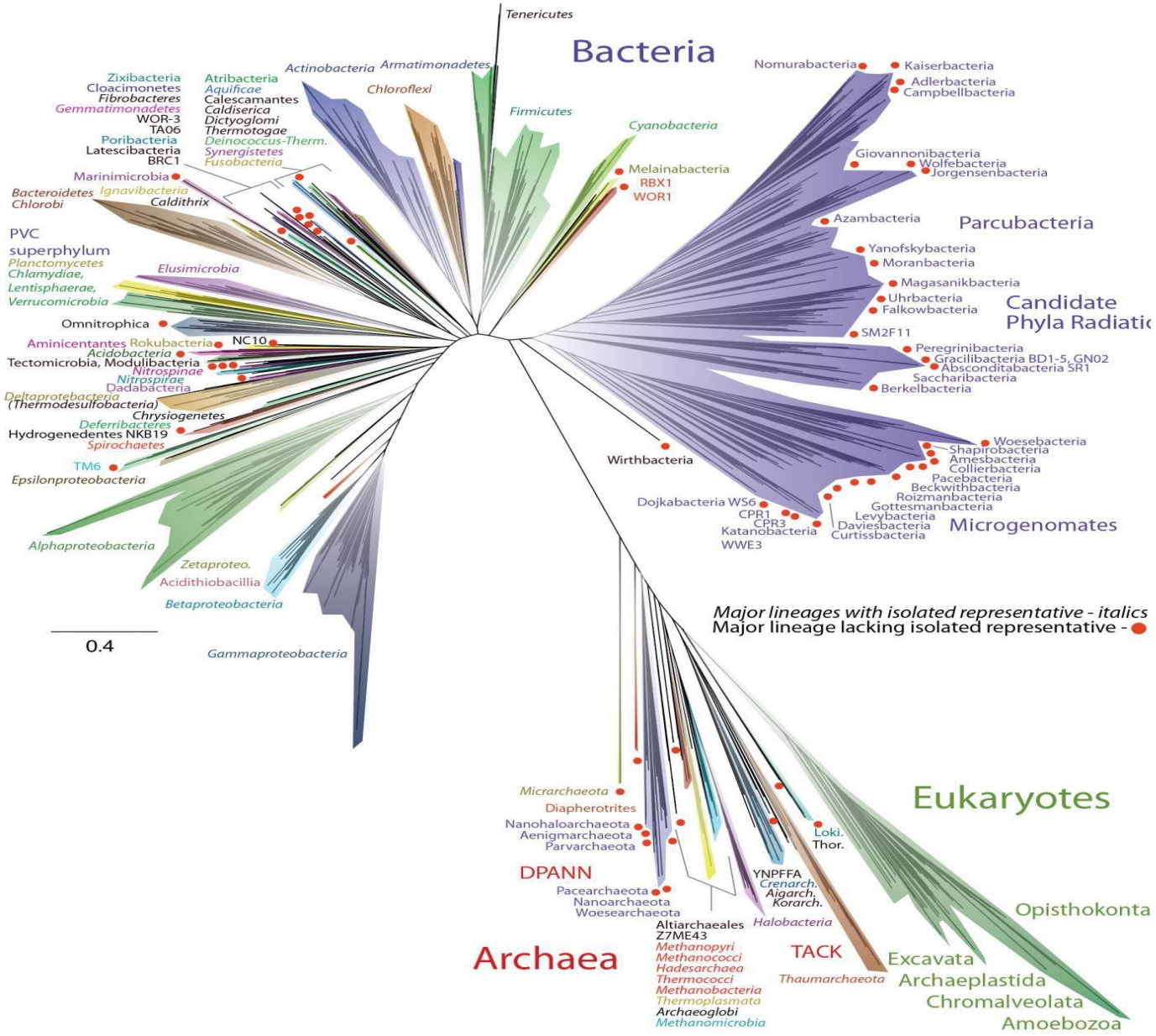
Jean de Lafontaine, *Le Lièvre et la Tortue*, Fables, Livre VI, 10

VI

		Suspect n°2	
		Se tait	Dénonce
Suspect n°1	Se tait	6 mois pour 1 et 2	1 est condamné à 10 ans 2 est relâché
	Dénonce	2 est condamné à 10 ans 1 est relâché	5 ans pour 1 et 2

Tableau représentant les alternatives du Dilemme du prisonnier. Chacun des deux suspects ne sait pas si l'autre a dénoncé ou s'est tu. Selon l'interprétation évolutionniste de cette expérience de pensée, ce n'est que après un certains nombres d'essais et d'erreurs marqués par la succession des générations dans le calendrier biologique que les « deux suspects comprendront » le bénéfice de la coopération, puisque le groupe constitué des individus les plus altruistes aura plus de succès évolutif que le groupe constitué des individus les plus individualistes.

VII



Nouvel arbre de vie publié dans Nature Microbiology par Jill Banfield et son équipe. On voit assez clairement la place importante qu'y occupent les bactéries. Voir Banfield et al (2016)

VIII



La pêche, Edouard Manet, 1861-1863, Huile sur canevas, Metropolitan Museum of Art, United States

Bibliographie

Articles

- Amherst. : *Lizards Undergo Rapid Evolution After Introduction To A New Home*. ScienceDaily, (18 Avril 2008)
- Arbab, I. : *The Length of the Day : A Cosmological Perspective*, Progress in Physics, vol. 1, (janvier 2009)
- Aronson, L.R : *Further studies on orientation and jumping Behavior in the Gobiid Fish, Bathygobius Soporator,* Annals of the New York Academy of Sciences, 188, (1971)
- Banfield et al : *A New View of the Tree of Life,* Nature Microbiology 16048 (2016)
- Bauer L.M : *Candiru — a little fish with bad habits: need travel health professionals worry? A review* , Journal of Travel Medicine, vol. 20, no 2, p. 119–124 (mars-avril 2013)
- Beatty J : *Chance and Natural Selection*, Philosophy of Science, Vol. 51, No. 2 pp. 183-211 (Juin 1984)
- Becquerel, H: *Sur les radiations invisibles émises par les corps phosphorescents*, Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, t. CXXII, (mars 1896)
- Beukema, J.J. : *Angling experiments with carp*. II. Netherlands Journal of Zoology, 20,: 81-92. (1970)
- Boorse, C. : *Wright on Functions*, The philosophical Review, Vol. 85, No.1 pp70-86 (Jan, 1976),
- Brent, L.J. and Croft, D.P : *Ecological Knowledge, Leadership, and the Evolution of Menopause in Killer Waves,* in Current Biology, volume 25, issue 6 (Mars 2015)
- Brower, J. Vz. *Experimental studies of mimicry in some North American butterflies.* Evolution 35:32-47. (1958)
- Brown, R. ; *A brief account of microscopical observations made in the months of June, July and August, 1827, on the particles contained in the pollen of plants; and on the general existence of active molecules in organic and inorganic bodies.* Philosophical Magazine 4, 161-173 (1828)
- Brown, Culum : *Familiarity with the Test Environment Improves Escape Responses in the Crimson Spotted Rainbowfish, Melanotaenia Duboulayi*. Animal Cognition 4, no2 (Octobre 2001)
- Bshary R., Andrea Hohner, Karim Ait-el - Djoudi, et Hans Frick : *Interspecific Communicative and Coordinated Hunting between Groupers and Giant Moray Eels in the Red Sea.* PLoS Biology 4, no 12 e431. (2006)

- Bshary, R. *Machiavelian Intelligence,* Fish cognition and behavior. 2nd ed. Fish and aquatic resources series 15. Chichester, West Sussex, UK; Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, (2011)
- Burian, R.M : *How The Choice of Experimental Organism Matters : Epistemological Reflections on an Aspect of Biological Practice,* Journal of the History of Biology 26, 351-367 (Février 1993)
- Codur A.M et Veron J : *Les méthodes d'analyse de la relation entre population et environnement : des nombres aux systèmes*, Academia, PDF, (Juillet 2005)
- Colegrave N. & Collins S : *Experimental evolution: experimental evolution and evolvability* , Heredity, vol. 100, no 5,, p. 464-470, (mai 2008)
- Crawford M.A *The role of dietary fatty acids in biology: Their place in the evolution of the human brain.* Nutr Rev 50:3–11. MedlineWeb of ScienceGoogle Scholar (1992)
- Crepet W. *The abominable mystery***.** *Science* 282:1653-4. (1998)
- Croston, R. & Hauber, M. E. *The Ecology of Avian Brood Parasitism*. Nature Education Knowledge 3(10):56 (2010)
- Csilla A. D'Agostino D.P: *Contingency checking and self-directed behaviors in giant manta rays: Do elasmobranchs have self-awareness?* Journal of Ethology, Volume 34, Issue 2, pp 167-174 (Mai 2016)
- Earl D.J. & Deem M.W : *Evolvability is a selectable trait*, *PNAS*, vol. 101, no 32, p. 11531 – 11536 (août 2004)
- *Eldredge, N. Gould, S.J : Punctuated Equilibria: An Alternative to Phyletic Gradualism. In Schopf, Thomas J. M. Models in Paleobiology. San Francisco, (1972)*
- Fitch, W.M. and Ayala, F.J : *Tempos and Modes in Evolution*, Process of the Natural Academy of Science USA 91, 6802-6807 (1994)
- Fodor, J. *Why Pigs Don't Have Wings ?* , London Review of Books, (2007)
- Freeman, B.C, Beattie G.A : *An Overview of Plant Defenses against Pathogens and Herbivores.* The Plant Health Instructor. (2008)
- Gardiner B.G : *Some Aspects of Linnaeus' Life*. 4. Linnaeus' Floral Clock**.** *The Linnean*, 3:26–9 (1987)
- *Gillings M, Strokes H : Are Humans Increasing Bacterial Variability ? Trends in Ecology and Evolution, P 346-352, (Juin 2012)*
- Godin C : *Le Post-Humain, la Barbarie qui vient,* Cités 55(3):79, Cairn (2012)
- Gould, S.J : *Natural History, The Chain of Reason versus the Chain of Thumbs*, dans *Bully for Brontosaurus: reflections in natural history*, Norton, (1991)
- Gould S.J and Eldredge N. *The tempo and mode of evolution reconsidered,* Paleobiology*, Vol 3, No2,* (1977)
- Gould S.J et Eldredge N : *Punctuated equilibrium : an alternative to phyletic gradualism, Models,* Paleobiology*, pp 82-115, (1972)*
- Gouyon, P.H : *Sex: a pluralist approach includes species selection. (One step beyond and it's good.)* J. EVOL. BIOL. 1 2 (1999)
- Hassenauer, J.M J.C. Vokoun *: Differences in the Metabolic Rates of Exploited and Unexploited Fish Populations: A Signature of Recreational Fisheries Induced Evolution?* Plos One, (Juin 2015)
- Henshilwood, C and Sealy, J : *Bone artefacts from the Middle Stone Age at Blombos Cave, Southern Cape, South Africa*. Curr. Anthropology 38, 890-895 (1997)
- Helfman, G.S. & Schultz, E.T : *Social Tradition of Behavioural Traditions in a Coral Reef fish*. Animal Behaviour, 32 379-384. (1984)

- Hull, D : *A Matter of Individuality*, Philosophy of Science, Vol. 45, No. 3. (Septembre 1978)
- Huneman P. and Walsh D. *Challenges to evolutionary theory* New-York: Oxford University Press, (2016)
- Jeffares, DC Tomiczek, B, Sojo, V, Dos Reis, M : *A Beginners Guide to Estimating the Non-synonymous to Synonymous Rate Ratio of all Protein-Coding Genes in a Genome,* Methods in molecular biology (Clifton, N.J.) (2015)
- Kelvin.L. *The age of the earth. Nature*, 51:438-40 (1895)
- Kottelat, M : *Fishes of the Nam Theun and Xe Bangfai basins, Laos, with diagnoses of twenty-two new species (Teleostei: Cyprinidae, Balitoridae, Cobitidae, Coiidae and Odontobutidae)* Ichthyol. *Explor. Freshwat.* 9(1):1-128. (1998)
- Ksanfomality, L.V : *Possible emergence and evolution of life are restricted by characteristics of the Planet*: Astrophys. Space Sci., vol. 252, (1997)
- Leclere Lucas: These de Doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie*, Evolution de la reproduction sexuée des hydrozoaires : aspects historiques, analyse phylogénétique et développementale*, (2008)
- Lecointre, G : *Du Rififi Chez les Poissons*, Pour la Science, N°390, (2010)
- Leigh E. R : *The Ecological Role of Volterra's Equations*, in Some Mathematical Problems in Biology (1968)
- Lenski R.E et Travisano M: *Dynamics of adaptation and diversification : a 10000 generation experiment with bacterial populations* Proc. Natl Acad. Sci. USA 91, 6808-6814, (Aout 1994)
- Lenski R.E et Travisano M : *Dynamics of evolutionnary stasis* , Process of Natural Academy of Science, USA 91, 6815-6818(1994)
- Lenski : *Evolution in Action : a 50,000-Generation Salute to Charles Darwin*, Microbe/Volume 6, Number 1, (2011)
- Leroi-Gourhan, A : La fonction des signes dans les sanctuaires paléolitiques, *Bulletin de la Société Préhistorique Française,* vol. 55, Nº 7-8. (1958)
- Levins R.: *The Stratégy of model building in Population Biology,* Biology and Philosophy November 2006, Volume 21, Issue 5, pp 607-621 (1966)
- Lindner, Echterhoff, Davidson, & Brand : *Observation inflamation, Your Actions Become Mine* Psychol Sci.;21(9):1291-9. (Septembre 2010)
- *Lodé, T : Oviparity or viviparity? That is the Question. Reproductive Biology 12 (3): 259–264. (2012)*
- Lönnig, W.E :*The Laryngeal Nerve of the Giraffe: Does it Prove Evolution?* Zurück zur internetlibrary.html (2010)
- Martin C.H et al : *Diabolical survival in Death Valley: recent pupfish colonization, gene flow and genetic assimilation in the smallest species range on earth*. *Proceedings of the Royal Society B.* (Janvier 2016)
- Martin J. Blaser and Glenn F. Webb. *Host Demise as a Beneficial Function of Indigenous Microbiota in Human Hosts*. *mBio,* (Decembre 2014)
- Meier P. Bonanomi A. Messina D. *Les équations de Lotka-Volterra pour les systèmes des populations* (2006)
- Mathelet G : *Abysses : Les créatures des ténèbres*, Terre sauvage, Paris, no 40, (mai 1990)
- Mayr E, Dobzhansky T : *Experiments on Sexual Isolation in Drosophila: IV. Modification of the Degree of Isolation Between Drosophila Pseudoobscura and*

Drosophila Persimilis and Sexual Preferences in Drosophila Prosoltans. Proc Natl Acad Sci U S A.;31(2):75–82. (février 1945)
- Mejia R. *Cave-dwelling fish provide clues to the circadian cycle***.** *PLoS Biology,* 9(9):e1001141. (2011)
- Merlo et al : *Cancer as an Evolutionnary and Ecological Process*, Nature Reviews Volume 6, (Décembre 2006)
- Meusnier, N : *Argumentation et démonstration de la loi des grands nombres*, dans La démonstration mathématique dans l'histoire, Besançon, (1989)
- Milinski, M., Pfluger, D., Kulling, D. & Kettler, R : *Do sticklebacks cooperate repeatedly in reciprocal pairs ?* Behavioral Ecology and Sociobiology, 27 17-21 (1990)
- Moran et al : *Running with the Red Queen: Host-Parasite Coevolution Selects for Biparental Sex*, Science Vol 333, Issue 6039 (2011)
- Pauli J. et al : *A syndrome of mutualism reinforces the lifestyle of a sloth,* Royal Society, *(2014)*
- Persson L:*Competition, predation and environmental factors as structuring forces in freshwater fish communities: Sumari (1971) revisited*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 54(1), 85-88. (1997)
- Pianka, E. R. *On r and K selection*. American Naturalist 104, 592-597. (1970)
- Postel-Vinay, O : *Il n'y a pas de sens de l'évolution*, interview de S.J Gould dans, *La Recherche.fr*, nº 301 (septembre 1997)
- O'Connor, S., Ono, R. & Clarkson, C : *Pelagic Fishing at 42,000 Years before the Present and the Maritime Skills of Modern Humans*. Science 334, 1117–1121 (2011).
- Raup D.M & John. J, Jr. Sepkoski : *Mass extinctions in the marine fossil record*, Science, vol. 215, no 4539, 19, p. 1501–1503. (mars 1982)
- Raup, D.M : *Extinction : Bad gens or bad luck*, W.W. Norton, (1991)
- Robert. D. et al *: Detection and Learning of Floral Electric Fields by Bumblebees,* Science, (février 2013)
- Runcorn, S.K : *Corals as paleontological clocks*, Scientific American, vol. 215, 1966
- Sarrazin F. et Lecomte J :*Peut-on dépasser l'anthropocentrisme dans nos regards sur la biodiversité ?* SFE R59, *(*Juillet 2014)
- Setlow B. and al : *Role of Dipicolinic Acid in Resistance and Stability of Spores of Bacillus subtilis with or without DNA-Protective α/β-Type Small Acid-Soluble Proteins,* Journal of Bacteriology, 188(11): 3740–3747. (Juin 2006)
- Stent, G.S **:** *The Coming of the Golden Age: A View of the End of Progress*, The Natural History Press, (1969)
- Thomas and al: *Applying ecological and evolutionary theory to cancer: a long and winding road*, E*volutionary Applications*, Blackwell, 6 (1), pp.1-10 (2013)
- Trinkaus. E. and al : *First evidence of substancial fish consumption by early modern humans in China*, Proceedings of the National Academy of Sciences, (2006)
- Ueda, H : *Physiological Mechanism of Homing Migration in Pacific Salmon from Behavioral to Molecular Biological Approaches*. General and Comparative Endocrinology 170, no. 2 (Janvier 2011)
- Van Dine, S.S : *Twenty Rules for Writting Detective Stories,* American Magazine, (septembre 1928)
- Vollrath F., Edmonds.D : *Consequences of electrical conductivity in an orb spider's capture web***.** *Naturwissenschaften*, (2013)

- Volterra, V : *Variations and fluctuations of the number of individuals in animal species living together* in Animal Ecology, Chapman, R.N. (ed), McGraw–Hill, (1931)
- Waldman et al : *Fungus turns frogs into sexy zombies*, Science, Plants & Animals, (2016)
- Walter, S : *Henri Poincaré et l'espace-temps conventionnel*, Cahiers de philosophie de l'Université de Cæn , 87–119 (2008)
- West et al: *A pluralist approach to sex and recombination*: J. EVOL. BIOL. 1 2 (1999)
- Whiten, *Primate Culture and Social Learning*, Cognitive Science Volume 24, Issue 3, pages 477–508, (Septembre 2000)
- Wolfe, N : *Small Small World*, Dossier National Geographic, (Janvier 2013)

1

Ouvrages

- Aristote : *Physique*, II, 3-9, Trad. Barthélémy Saint Hilaire, Librairie Philosophique de Delagrange, (1862)
- Isaac Asimov : *Les robots de l'aube*, J'ai lu, tome 2, (1988)
- Gaston Bachelard : *La Philosophie du non : essai d'une philosophie du nouvel esprit scientifique*, PUF, (1940)
- Henri Bergson : *Le Rire*, Puf 2012 (1901)
- Henri Bergson, *L'Evolution Créatrice*, Paris, Alcan, (1907)
- Jorge Luis Borges : *La Bibliothèque de Babel, Fictions,* Folio, Poche 1983, (1944)
- *Raymond Boudon : Essais sur la théorie générale de la rationalité*, Paris, Puf, (2007)
- Georges Canguilhem*, La connaissance de la vie, Hachette, (1952)*
- Lewis Caroll : *de l'autre côté du miroir*, Librio poche 2002, (1871)
- Jean-Jacques Cleyet-Merle: *La préhistoire de la pêche*, Paris, Éd. Errance, (1990)
- Cohen : *Fishes of the World,* Third Edition*,* (1970)
- Sonia Cole : *Leakey's Luck*. Harcourt Brace Jovanvich, New York (1975)
- Auguste Comte, *Cours de Philosophie positive*, *Deuxième Leçon.* Paris: Librairie Larousse, janvier 1936, (1830-1842)
- Jerry Coyne : *Why evolution is true ?* Broché 2010, (2009)
- *Charles Darwin : L'Origine des Espèces,* GF Flammarion, Paris, 1992 (1859)
- Richard Dawkins :*The selfish gene*, 30th annicersary edition Oxford University Press, 2006 (1976)
- René Descartes, *Discours de la méthode,*Pléiade, Éd. Gallimard, 1966 (1637)
- Emile Durkheim : *Les formes élémentaires de la Vie Religieuse, Le système Totémique en Australie,* Paris, Les Presses universitaires de France, 1968, cinquième édition, (1902)
- Sigmund Freud, *Introduction à la Psychanalyse,* PB Payot, 1970 (1916)
- Romain Gary, *Les oiseaux vont mourir au Perou,* Gallimard 1970 (1961)
- Stephen Jay Gould : *La Vie est Belle,* Seuil 1998 (1989)
- Stephen Jay Gould : *Aux Racines du Temps*, Le livre de Poche 1997, (1990)
- Stephen Jay Gould : *« l'éventail du vivant »,* Essai, Poche (2001)

- Pierre-Henri Gouyon, Jean-Pierre Henry et Jacques Arnould : *Les Avatars du gène, Théorie Néodarwinienne de l'Evolution,* Belin, Coll. regard sur le science, Paris (1997)
- Thomas Heams, Philippe Huneman, Guillaume Lecointre, Marc Silberstein: *Les Mondes Darwiniens, L'évolution de l'évolution*, Editions Matériologiques, Sciences et Philosophie (2015)
- Ernest Hemingway, *Le Vieil Homme et la mer, Folio Poche 1972 (1952)*
- Thierry Hocquet, *Cyborg Philosophie*, Seuil, (2011)
- David Hume : *Enquête sur l'entendement humain*, Livre II, Broché poche 2006, (1748)
- François Jacob, Le jeu des possibles, Biblio Essais, poche 1986, (1981)
- Ernst Kapp, *Principes d'une philosophie de la technique*, Paris Vrin, 2007 (1877)
- D.F Kirkegaard et I.R Gartside : *History of Fishing,* (EOLSS) Vol.2 (2011)
- Evelyn Fox Keller: *The Mirage of a Space Between Nature*
- *and Nurture*, Duke University Press, Durham, NC, (2010)
- Rudyard Kipling : *Just So Stories,* Paperback 2013*,* (1902)
- Philippe Kourilsky « le jeu du hasard et de la complexité » Odile Jacob, (2014)
- Thomas Kuhn: *La structure des révolutions scientifiques,* Champs, Sciences, Poche 2008 (1962)
- Jean de La Fontaine : *Fables,* Le Livre de Poche, Classiques modernes, La Pochothèque, 1985, (1660)
- André Leroi-Gourhan, Marc Groenen : *L'Art pariétal : langage de la Préhistoire*, Jérôme Millon, (1992)
- Tim Lewens : *Cultural Evolution*, Oxford University Press, (2014)
- Richard Lewontin : *Biology as Ideology, The Doctrine of DNA* - 91 edition Harper Perennial, (1991)
- Richard Lewontin. *La triple hélice : les gènes, l'organisme, l'environnement.* Seuil, (2003)
- Carl Von Linné : *Philosophia Botanica*, Oxford 2005, Trad. Stephen Freer, (Ébauches) (1751)
- Bernard Maris : *Antimanuel d'économie. Tome 1. Les fourmis*, Broché 2015 (2003)
- Lynn Margulis, *The Symbiotic Planet, a New Look to Evolution*, Broché 1999 (1998)
- Jacques Monod, Le Hasard et la nécessité, Seuil (1973)
- Lionnel Nacache : *L'homme Réseau-Nable*, Odile Jacob, (2015)
- Claire Nouvian, *Abysses*, Fayard, (2008)
- Pascal Quignard : *Sur le Jadis*, Essai (poche) 2005
- Ladislas Robert : *Le temps et sa flèche*, Champs Flammarion, Poche (1995)
- Jean-Jacques Rousseau, *Émile ou de l'Éducation,* Flammarion 2009, (1762)
- Michel Serres, *Hominescence*, Le Pommier (Poche), (2014)
- Baruch Spinoza, *Ethique*, Flammarion, 1993 – Essai, Poche (1677)
- Voltaire: *Candide*, *ou l'optimisme,* Scolaire/Universitaire, poche 2011 (1759)
- August Weismann : *Germ Plasm : A theory of Heredity* , Electronic Scholarly Publishing (1893)
- Wilhelm Windelband et Silvia Mancini : *Histoire et Sciences de la Nature*, Les Études philosophiques No. 1, Philosophie allemande (2000), *Discours au rectorat de Strasbourg* (1894)
- Francis Wolff : *Pourquoi la musique ?* Fayard, (2015)
- Stephan Zweig, *Les Très Riches Heures de l'Humanité*, Poche 2004, (1939)

Ressources numériques

- Stanley Kubrick, Docteur Folamour, 1964
- Catalogue des correspondances de Charles Darwin : http://www.darwinproject.ac.uk/
- Site officiel de l'expédition Tara dans lequel on peut télécharger gratuitement les comptes rendus des expéditions et le Livre Bleu de Tara http://oceans.taraexpeditions.org/?id_page=1
- Site officiel de l'association Bloom :http://www.bloomassociation.org/
- Portail du Système des Nations unies mettant à disposition les résultats du cinquième rapport du GIEC : http://www.un.org/fr/climatechange/ipccreports.shtml
- Autre édition du rapport également disponible sur: http://leclimatchange.fr/
- Guerrien B. *« Equilibre Economique», Encyclopædia Universalis* . URL : http://www.universalis.fr/encyclopedie/equilibre-economique/
- Letonturier, E. « *Cours de Philosophie Positive,* livre de Auguste Comte », *Encyclopædia Universalis* URL : http://www.universalis.fr/encyclopedie/cours-de-philosophie-positive