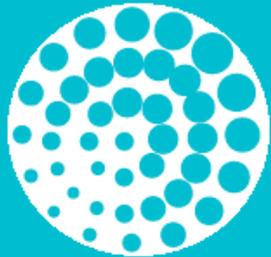
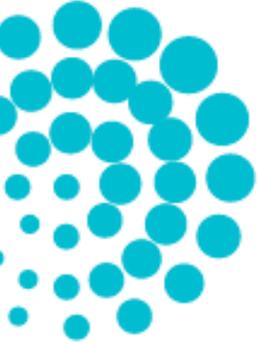


Le syndrome de la reine rouge

François Roddier

Séminaire du 6 avril 2012





Après 60 ans de progrès scientifiques et techniques, sans précédent dans l'Histoire de l'humanité, un milliard d'individus souffrent de la faim dans le monde; les ressources naturelles (pétrole, métaux) s'épuisent; la biodiversité diminue; l'air, l'eau et la terre sont de plus en plus pollués; la couche d'ozone est en danger, le climat se réchauffe. Dans les pays développés, les inégalités sociales augmentent, le chômage devient endémique, les gouvernements s'endettent.

Est-ce là où mène le progrès? De nombreux scientifiques de ma génération, notamment dans le domaine des sciences de l'univers, s'interrogent¹²³.

Si, dans l'ensemble, l'humanité progresse vers plus de confort et une longévité accrue, l'Histoire nous montre que cette progression est loin d'être régulière. Depuis l'antiquité, des périodes de vaches maigres succèdent aux périodes de vaches grasses; des temps de guerre succèdent aux temps de paix; des civilisations disparaissent, de nouvelles les remplacent. D'une manière générale, l'Histoire est parsemée de famines, de conflits, d'épidémies et de banqueroutes. L'évolution de l'humanité serait-elle dictée par une loi fondamentale, un « principe de Lucifer »⁴ qui condamnerait régulièrement l'Homme à un destin malheureux auquel nul ne saurait échapper?

La thermodynamique classique

Le physicien autrichien Ludwig Boltzmann semble avoir été un des premiers à invoquer les lois de la thermodynamique. Cette phrase, extraite d'une traduction anglaise de ses écrits populaires⁵ publiés en 1905, est souvent citée: « [The] struggle for existence is a struggle for free energy available for doing work (La lutte pour la vie est une lutte pour disposer d'énergie libre afin de produire du travail mécanique) ». En thermodynamique, l'expression « énergie libre » désigne toute forme d'énergie intégralement convertible en

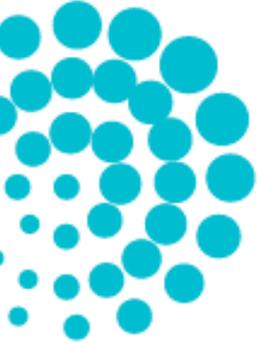
¹ Jacques Blamont, Introduction au siècle des menaces, Odile Jacob (2004).

² André Lebeau, L'engrenage de la technique, Gallimard (2005). L'enfermement planétaire. Gallimard (2008). Les horizons terrestres, Gallimard (2011).

³ Roger-Maurice Bonnet, Lodewijk Woltjer, Surviving 1,000 centuries can we do it? Springer, Praxis (2008).

⁴ Howard Bloom, Le principe de Lucifer, tome 1 et 2, Le jardin des livres (1997 et 2003).

⁵ Ludwig Boltzmann, Populare Schriften (Popular Writings).



travail mécanique, comme l'énergie électrique. N'étant que partiellement convertible, la chaleur n'est pas de l'énergie libre, mais une forme dégradée d'énergie.

En 1922, le statisticien américain Alfred Lotka montre que la sélection naturelle tend à maximiser le flux d'énergie qui traverse une structure organique⁶. Pour Lotka, la sélection naturelle fonctionne comme une troisième loi (encore inconnue) de la thermodynamique⁷. Rappelons que la première loi de la thermodynamique stipule la conservation de l'énergie, tandis que la deuxième stipule qu'elle se dégrade sous forme de chaleur, ce qu'on exprime en disant qu'elle se dissipe. Nous reviendrons plus loin sur la troisième loi de Lotka.

En 1926, le physico-chimiste anglais Frederick Soddy, prix Nobel de chimie (1921) pour sa découverte des isotopes, écrit un livre d'économie intitulé « Wealth, Virtual Wealth and Debt » (Richesse, richesse virtuelle et dette), dans lequel il prévoit la crise de 1929. Selon lui, les économistes confondent les deux sens du mot anglais « wealth », à savoir d'une part le bien-être « being well », d'autre part la richesse monétaire « being rich » qu'il qualifie de richesse virtuelle. Pour Soddy, le bien-être se mesure en termes du flux d'énergie libre dont nous pouvons contrôler à notre avantage la dissipation sous forme de chaleur.

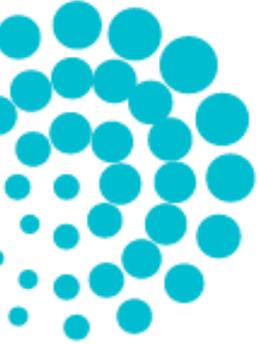
Vers le milieu du XXe siècle il devenait clair que, d'un point de vue physique, la vie était un processus irréversible de dissipation d'énergie. Mais, étant indépendantes du sens du temps, les lois fondamentales de la physique ne permettaient pas d'expliquer un tel processus. On se contentait d'appliquer les lois de la thermodynamique à des transformations réversibles au voisinage d'états d'équilibre. Or les systèmes à l'équilibre n'évoluent pas. Pour comprendre l'évolution, en particulier celle de l'humanité, il fallait comprendre les processus hors équilibre.

La thermodynamique hors équilibre

Peu après la dernière guerre mondiale, le physico-chimiste Ilya Prigogine proposa de décomposer les systèmes thermodynamiques non plus en éléments proches de

⁶ Leipzig: J. A. Barth (1905). Alfred Lotka, Contribution to the Energetics of Evolution, PNAS, 8, p. 147 (1922).

⁷ Alfred Lotka, Natural Selection as a Physical Principle, PNAS, 8, p. 151 (1922).



l'équilibre, mais en éléments dans un état stationnaire⁸, auxquels il donna le nom de « structures dissipatives ».

La deuxième loi de la thermodynamique (appelée aussi second principe) implique que tout système fermé, c'est-à-dire isolé du reste de l'univers, tend vers l'équilibre. Cela entraîne que tout mouvement cesse; toute différence s'estompe; toute structure, donc toute information disparaît. Si, par contre, on ouvre le système de sorte qu'un flux d'énergie le traverse, alors des structures peuvent spontanément apparaître et se mettre en mouvement. Un exemple familier est le mouvement de l'eau à l'intérieur d'une casserole posée sur le feu.

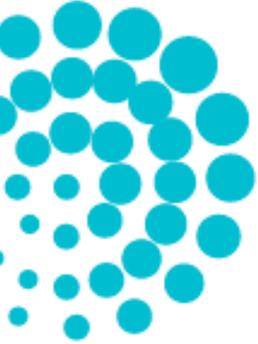
Les structures dissipatives de Prigogine sont des systèmes ouverts traversés par un flux constant d'énergie. Elles ne subsistent que grâce à ce flux d'énergie. Clairement, aussi bien un être vivant comme l'Homme qu'un ensemble d'êtres vivants comme l'humanité, sont des structures dissipatives. Celles-ci ont la propriété de s'auto-organiser par elles-mêmes. Il restait à comprendre pourquoi et comment elles s'auto-organisent. Ces dernières décennies ont permis d'apporter des réponses scientifiques à ces deux questions. Ces réponses sont d'importance primordiale pour comprendre dans quel but et de quelle manière les sociétés humaines s'auto-organisent. Elles sont la clé de leur évolution.

La troisième loi

Les météorologues ont été les premiers à comprendre pourquoi les structures dissipatives s'auto-organisent. De même que les mouvements de l'eau dans une casserole sont dus à la différence de température entre le haut et le bas de la casserole, de même les mouvements de l'atmosphère sont dus à la différence de température entre les pôles et l'équateur. Les météorologues ont découvert que l'atmosphère terrestre est dans un état de dissipation maximale d'énergie. Dans leur langage, les physiciens disent qu'elle est dans un état de production maximale d'entropie (en anglais: Maximum Entropy Production, MEP, ou MaxEP). Les astronomes ont montré qu'il en était de même de l'atmosphère de Mars et celle de Titan. Il semble donc que cela soit un phénomène général⁹.

⁸ Parfois qualifié d'équilibre dynamique (avec mouvement) par opposition aux états d'équilibres statiques (sans mouvement).

⁹ Voir : Axel Kleidon, Ralph D. Lorenz, edit., Non-equilibrium Thermodynamics and the Production of Entropy, Springer (2005).



Indépendamment, les physiciens s'intéressant aux écosystèmes, ont montré que eux aussi s'auto-organisaient de façon à maximiser leur dissipation d'énergie, conformément aux idées de Lotka sur la sélection naturelle. Il semble donc que, d'une façon très générale, les structures dissipatives s'auto-organisent pour maximiser leur taux de production d'entropie, c'est-à-dire la vitesse avec laquelle ils dissipent l'énergie. Un nombre croissant de physiciens tendent aujourd'hui à considérer cette propriété, baptisée MEP ou MaxEP, comme une troisième loi de la thermodynamique.

On sait que la mécanique statistique permet de démontrer la deuxième loi de la thermo-dynamique à partir des lois fondamentales de la physique. On doit cette démonstration à Boltzmann. Il était donc naturel de chercher une démonstration similaire pour cette nouvelle loi. En janvier 2003, un physicien des écosystèmes, Roderick Dewar, a proposé une telle démonstration¹⁰. Une erreur a toutefois été relevée dans son raisonnement en 2007¹¹. Cette loi apparaît cependant comme un principe général vérifié jusqu'ici dans toutes ses conséquences.

En sciences humaines, ce principe implique que l'humanité cherche sans cesse à augmenter son taux de dissipation d'énergie, ce qui est tout à fait conforme aux observations. Si, comme l'a proposé Soddy, on mesure le bien-être individuel en termes du flux d'énergie libre que chacun dissipe, alors il paraît naturel qu'un ensemble d'individus cherchant à maximiser leur bien-être, maximisent la vitesse à laquelle cet ensemble dissipe l'énergie.

Ces considérations impliquent qu'en évoluant l'Homme améliore effectivement son bien-être, mais elles ne permettent pas de comprendre pourquoi cette évolution est parsemée de catastrophes. La réponse à la deuxième question nous éclaire sur ce sujet.

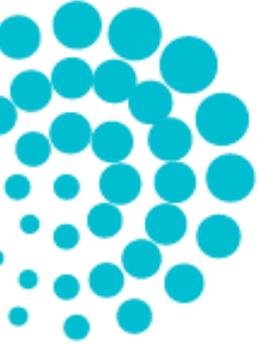
Le processus d'auto-organisation

Les progrès en dynamique non-linéaire, dus pour l'essentiel à l'utilisation des ordinateurs, ont permis de comprendre comment les structures dissipatives s'auto-organisent¹². Celles-ci oscillent constamment entre l'ordre et le chaos¹³, un processus

¹⁰ Roderick Dewar, J. Phys. A: Math. Gen. 36, p. 631 (2003).

¹¹ G. Grinstein and R. Linkster, J. Phys. A: Math. Theor. 40, p. 9717 (2007).

¹² Voir: John Gribbin, Le chaos, la complexité et l'émergence de la vie, 2004, Flammarion, 2010. Plus récemment: Ricard V. Solé, Phase Transitions, Princeton, 2011.



baptisé *criticalité auto-organisée*¹⁴. On observe ce processus aussi bien en géophysique avec la formation des courants atmosphériques qu'en biologie, à travers l'évolution des espèces, ou en sciences humaines, avec l'auto-organisation des sociétés. Nous nous contenterons ici de décrire ce processus dans le cas le plus complexe, celui des sociétés humaines.

Une structure dissipative s'auto-organise par échange d'information entre ses éléments. En dynamique des fluides cet échange d'information se fait par l'intermédiaire des collisions entre les molécules. En biologie, il se fait par l'intermédiaire de substances chimiques. Chez l'Homme, il se fait grâce au langage.

Le processus fondamental est une réplication de l'information dans le temps et dans l'espace. En biologie, les organismes qui possèdent les mêmes gènes forment une même espèce. Chez l'Homme la culture a pris le rôle des gènes. Les individus qui possèdent une même culture forment une société. La biologie nous enseigne que les êtres vivants qui possèdent les mêmes gènes tendent à coopérer. C'est le phénomène de sélection de parentèle. Chez l'Homme, les individus qui possèdent une même culture coopèrent à l'intérieur de la société.

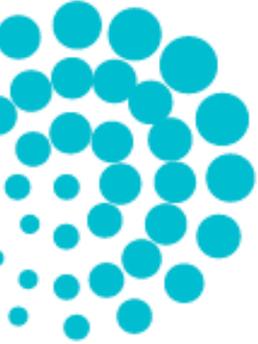
Comme toute structure dissipative, une société mémorise de l'information sur son environnement. Plus elle mémorise d'information, plus elle dissipe d'énergie. Chez l'homme, l'information est majoritairement mémorisée dans son cerveau. Les sociétés humaines ont pu se développer grâce à une nouvelle forme de mémoire, l'écriture, dont la monnaie est un aspect particulier. Aujourd'hui cette mémorisation se fait massivement dans les ordinateurs.

Cherchant à maximiser son taux de dissipation d'énergie, une structure dissipative tend à s'étendre de façon à mémoriser toujours plus d'information. C'est ce que font les espèces animales et végétales. C'est ce que font aussi les sociétés humaines. Primitivement organisé en tribus, l'Homme a successivement créé des villes-états, des états-nations, puis des unions d'états comme les États-Unis ou l'Europe. Il en est de même aujourd'hui des sociétés de production avec la création d'entreprises de plus en plus grosses dépassant le cadre des nations pour devenir des multinationales. En sciences économiques, le gain obtenu porte le nom d'économie d'échelle.

Malheureusement, en dissipant de l'énergie, une structure dissipative tend à modifier son environnement. Comme les espèces animales, les sociétés humaines tendent à épuiser leurs ressources naturelles. Historiquement, l'épuisement des sols et la

¹³ Il s'agit ici du chaos déterministe au sens de la dynamique non linéaire.

¹⁴ Per Bak, *Quand la nature s'organise*, 1996, Flammarion, 1999.



déforestation a conduit bien des civilisations à leur perte. Une société qui s'étend crée une menace pour les sociétés voisines et peut engendrer des conflits. Le même phénomène se produit pour les entreprises. Au fur et à mesure qu'elles grossissent, elles doivent rechercher de nouvelles sources de matières premières et tendent à saturer le marché. Face à la concurrence, elles doivent sans cesse développer de nouveaux produits ou de nouvelles méthodes de production.

Plus vite une structure dissipative s'adapte à son nouvel environnement, plus vite cet environnement va évoluer. Les physiciens appellent cela un effet de rétroaction positive. Il a pour résultat une accélération continue de l'évolution. Ce phénomène est régulièrement observé en biologie dans la course aux « armements » entre une proie et un prédateur. Le temps d'adaptation des gènes étant fini, il arrive un moment où une espèce n'a plus le temps de s'adapter et s'éteint. C'est le phénomène d'extinction des espèces. Le biologiste Leigh van Valen a baptisé ce processus « effet de la reine rouge » en référence à l'œuvre de Lewis Carroll¹⁵ dans laquelle la reine rouge dit: « ici, il faut courir le plus vite possible pour rester sur place ».

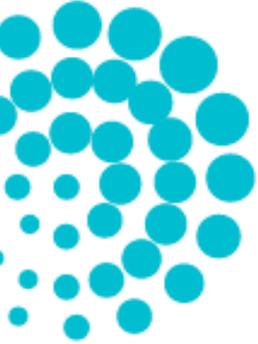
L'effet de la reine rouge

De toute évidence, l'effet de la reine rouge s'applique aux sociétés humaines. Dans ce cas, le temps d'adaptation n'est plus celui des gènes, mais celui de la culture. Il est beaucoup plus court, typiquement de l'ordre d'une génération, c'est-à-dire une trentaine d'années. On peut comparer ce temps à celui du doublement de la dissipation d'énergie. En Afrique, la dissipation d'énergie se mesure encore en termes de démographie. Certaines régions comme le Rwanda ou le Darfour ont vu leur population doubler en moins de trente ans. Il en a résulté des conflits majeurs.

Dans les pays développés, la dissipation d'énergie est principalement de nature exosomatique. On la mesure en kW par individu. Celle-ci a doublé entre 1950 et 1980, alors que la croissance démographique ralentissait. À la différence des pays africains ou des pays européens aux époques précédentes, cette croissance très rapide n'a pas engendré de conflits majeurs. Elle a cependant durablement affecté la société. Considérablement accrues, les inégalités sociales continuent d'augmenter; le chômage est devenu permanent; la croissance économique stagne; la dette publique s'aggrave.

Les pays développés offrent un parfait exemple de société soumise à l'effet de la reine rouge. Une telle société cherche constamment à s'adapter à un environnement

¹⁵ Lewis Carroll, Alice au pays des merveilles : de l'autre côté du miroir.



qui évolue de plus en plus vite. Paradoxalement, alors que nous vivons en période d'abondance, le temps libre diminue. Ceux qui ont du travail courent pour ne pas le perdre et ceux qui n'en ont pas courent pour en trouver. Pour gagner du temps, on se contente de « fast food »; on prend sans cesse l'avion, le train à grande vitesse ou l'autoroute; notre moindre déplacement se fait en voiture.

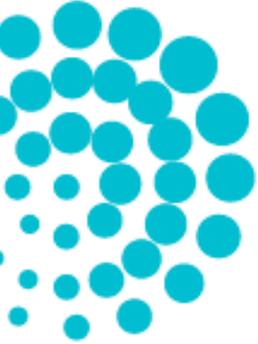
On a vu que les espèces biologiques soumises à cet effet sont fragiles et tendent à s'éteindre. Un nombre croissant d'individus pensent que nos sociétés modernes vont s'effondrer. L'humanité s'inquiète de plus en plus de sa survie.

La sélection r et K

L'alternance entre l'ordre et le chaos étudiée par les physiciens se traduit en biologie par une alternance entre deux modes de sélection naturelle baptisés r et K¹⁶. Les biologistes constatent que lorsque l'environnement est stable, la nature favorise les organismes de grande taille, à longue durée de vie et se reproduisant lentement. Mais dès que l'environnement évolue, ceux-ci apparaissent fragiles et tendent à s'éteindre au profit de petits organismes, à courte durée de vie et se reproduisant rapidement. Les grands arbres sont remplacés par la savane, les grands dinosaures par les petits mammifères. Plus adaptables, ces petits organismes prolifèrent jusqu'à ce que certains d'entre eux deviennent gros à leur tour.

Ce qu'on observe en biologie pour les gènes, se produit en sciences humaines pour la culture. Les individus partageant une même culture tendent à coopérer entre eux. L'économie se développe et la société s'étend. Dans l'antiquité, c'est la formation de l'empire romain; ces derniers siècles, c'est la formation des empires coloniaux puis de l'empire soviétique. Dissipant de plus en plus d'énergie, ces sociétés font très vite évoluer leur environnement. Plus elles essayent de maintenir leur croissance économique, plus vite l'environnement évolue. La croissance stagne, l'individualisme l'emporte sur la solidarité, la ségrégation culturelle remplace l'intégration culturelle. Ces grandes sociétés se divisent en sociétés plus petites et plus diverses, donc plus adaptables au changement. C'est l'effondrement de l'empire romain, des empires coloniaux et du bloc soviétique. Fondamentalement, le processus est de même nature que celui de l'extinction des espèces en biologie. Il est donc important d'en étudier le mécanisme plus en détails.

¹⁶ Les lettres r et K représentent les coefficients de l'équation logistique décrivant l'évolution d'une population en présence de ressources limitées: r est le taux de reproduction, K la population maximale.



Biologie et économie

Contrairement aux sciences « dures » que sont la physique et la chimie, les théories économiques sont loin de faire l'unanimité. Une majorité d'économistes se sont cependant ralliés à un certain nombre de postulats formant la base d'une théorie dite néoclassique, enseignée aujourd'hui dans les universités. Pour eux, le but de l'économie est d'optimiser le fonctionnement de la société en maximisant le profit pour le producteur et le bien-être pour le consommateur, ce qui conduit tout naturellement à maximiser la production, c'est-à-dire au « culte » de la croissance.

Les lois que nous avons décrites plus haut éclairent l'économie sous un nouveau jour. Si, comme le fait Soddy, on identifie le bien-être à la production d'énergie libre, alors maximiser le bien-être revient à maximiser la dissipation d'énergie ce qui, nous l'avons vu, conduit tôt ou tard à l'effondrement des sociétés. Les économistes reconnaissent l'existence de crises récurrentes, mais espèrent toujours les conjurer en jouant sur la monnaie. Les faits leur donnent systématiquement tort au point qu'un économiste de renom, Joseph Stiglitz, concède aujourd'hui que les économistes doivent changer leur croyance. Dans un interview¹⁷ il déclare: « La théorie économique est devenue un monde autosuffisant, une fausse représentation de la réalité ».

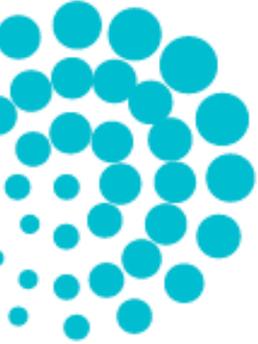
Dès 1971, le physicien et économiste Georgescu-Roegen avait reconnu l'importance de rattacher l'économie aux sciences dures. Dans son livre intitulé « La décroissance », il affirme: « La Thermodynamique et la biologie sont les flambeaux indispensables pour éclairer le processus économique ». Malheureusement à cette époque les progrès en thermodynamique hors équilibre étaient encore insuffisants. Aujourd'hui, ils permettent de bâtir une véritable science économique.

On sait aujourd'hui que dans les processus d'auto-organisation la réduction d'entropie se fait par réplication de l'information¹⁸. Clairement la monnaie est une information, mais elle n'est pas la seule. Un nombre croissant d'économistes prennent conscience du rôle fondamental de l'information en économie¹⁹, mais se cantonnent dans leur discipline. Le tableau ci-dessous montre qu'on peut établir un parallélisme entre les différents rôles de l'information en biologie et en sociologie:

¹⁷ Alternatives économiques, avril 2010.

¹⁸ Entropie et information sont des grandeurs de même nature mais de signe opposé.

¹⁹ Robert U. Ayers, Information, Entropy and Progress, AIP Press, 1994.



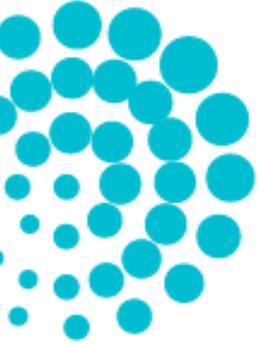
Biologie	Économie
ADN	Culture
ARN	Savoir
ARN Messenger	Instruction générale
ARN ribosomique	Savoir-faire
ARN de transfert	Instruction technique
Hormones	Information des média
Enzymes	Monnaie
ATP	Énergie

Ce parallélisme est établi en considérant un organisme vivant comme une société organisée de cellules. On voit que dans nos sociétés la monnaie joue le rôle biologique des enzymes, c'est-à-dire celui d'un catalyseur. On sait que dans un cycle de réactions chimiques, le catalyseur est régénéré à la fin du cycle. De même, à la fin d'un cycle de production, l'argent emprunté à une banque est régénéré et rendu à la banque.

La vie est née avec l'apparition de cycles autocatalytiques. Ceux-ci génèrent plus de catalyseurs qu'ils n'en consomment entraînant le phénomène de reproduction des cycles. De même, lorsqu'un investissement est bien adapté à la consommation, un cycle de production peut créer plus d'argent qu'il n'en a été emprunté, ce qui permet d'accroître la production et de générer une avalanche de biens matériels, ainsi qu'une avalanche de profits. En physique, ce phénomène d'avalanches est caractéristique du processus de criticalité auto-organisée. Les physiciens ont montré que l'amplitude des avalanches est aléatoire et inversement proportionnelle à leur fréquence.

Dès 1959, le mathématicien Benoît Mandelbrot, connu pour sa découverte des fractals, a montré que les fluctuations du marché sont inversement proportionnelles à leur fréquence, entraînant la possibilité de graves crises financières²⁰. Plus récemment, Per

²⁰ Benoît Mandelbrot, *Fractales, hasard et finance*, Flammarion, 1959, 1997.



Bak²¹ et ses collaborateurs ont montré qu'une économie de marché est effectivement un processus de criticalité auto-organisée.

En biologie, lorsque l'environnement change, certains enzymes ne sont plus adaptés, par exemple à la digestion d'une nouvelle nourriture. La sélection naturelle favorise alors les organismes dont les enzymes sont les mieux adaptés. Lorsqu'aucun d'entre eux n'a suffisamment d'enzymes adaptés, l'espèce s'éteint. De même en économie, lorsque l'environnement change, certains investissements monétaires deviennent inadaptés, entraînant des faillites plus ou moins importantes. Ce sont les crises financières. Les nécessités de la croissance économique vont alors favoriser les investissements les mieux adaptés. Lorsqu'aucun d'entre eux n'est suffisamment adapté, c'est la crise économique.

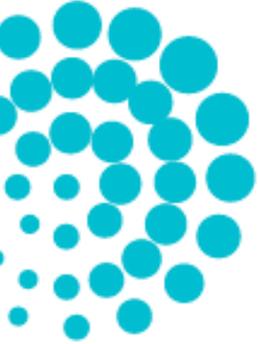
Les inégalités sociales

Les avalanches de profits décrites plus haut ont pour effet de générer d'importantes fluctuations dans la distribution spatiale des richesses. Mathématiquement, le processus est similaire à celui des fluctuations de densité dans le phénomène physique de transition liquide-vapeur au point critique (d'où le nom de criticalité auto-organisée). On observe la formation d'un brouillard qui porte le nom d'opalescence critique. Une propriété de ce brouillard est que, au point critique, les fluctuations spatiales de densité y sont invariantes par changement d'échelle. Cela signifie que l'opalescence critique a le même aspect vu à l'œil nu, à la loupe, ou au microscope. Mathématiquement, cela implique que la distribution spatiale de densité y est décrite par une loi de puissance.

En ce qui nous concerne, on doit donc s'attendre à ce que, au point critique, c'est-à-dire lorsque la croissance économique est optimale, la distribution spatiale des richesses soit décrite par une loi de puissance. C'est effectivement ce qu'on observe. En économie, cette loi est connue sous le nom de loi de Pareto. Elle implique qu'environ 80% des richesses sont détenues par 20% de la population.

En physique, en dessous de la température critique, le brouillard se condense en deux phases l'une liquide l'autre vapeur. En économie, un phénomène de condensation similaire se produit avec l'effondrement de la classe moyenne et la condensation de la population en deux classes, les riches et les pauvres. Comme les molécules d'un gaz, les riches disposent d'énergie et sont libres de se mouvoir tandis que, semblables aux molécules emprisonnées dans une phase liquide, les pauvres ont perdu toute liberté d'action. Lorsque cela se produit, c'est la crise sociale.

²¹ Voir référence 14



La crise de la culture

En biologie, les enzymes sont produits par transfert d'information contenue dans l'ADN, c'est-à-dire à partir des gènes. Ce transfert d'information est assuré par diverses molécules d'ARN. Assez souvent ce transfert d'information n'est pas effectué. On dit que les gènes correspondants ne sont pas « exprimés ». Lorsque l'environnement change, certains enzymes manquants peuvent devenir nécessaires à la survie. Les espèces chez lesquelles les gènes correspondants sont exprimés prendront alors le relais.

Le tableau de correspondance inséré plus haut montre que, dans nos sociétés, un transfert similaire d'information est assuré par l'éducation. Lorsque l'environnement évolue rapidement, l'éducation doit évoluer en conséquence, notamment l'enseignement technique. De nos jours les ingénieurs doivent constamment se recycler. C'est la formation permanente. En cas d'évolution encore plus rapide, l'enseignement général lui-même peut devenir inadapté. C'est la crise de l'éducation.

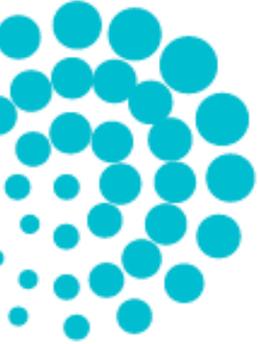
Lorsqu'un pays uni culturellement comme la France doit affronter de tels changements, son éducation nationale s'en trouve ébranlée. C'est le passage de l'ordre au chaos, c'est-à-dire de la sélection K à la sélection r. Une multitude d'écoles de toutes confessions viennent peu à peu concurrencer l'école publique. L'unité culturelle de la France se délite. Aux inégalités de richesses s'ajoute des inégalités culturelles²².

Il arrive en biologie que l'ADN lui-même devienne inadapté. Dans ce cas, non seulement un certain nombre d'espèces s'éteignent, mais des genres peuvent s'éteindre aussi. L'équivalent chez l'Homme est la remise en question de la culture, en particulier de l'idéologie dominante. Celle-ci est véhiculée principalement par les gens qui, grâce à elle, ont atteint une position dominante. Lorsque cette idéologie devient inadaptée, ils sont les derniers à en subir les conséquences. Ils vont donc l'imposer à la société, menant celle-ci à sa perte. Ce processus semble être à l'origine de l'effondrement des civilisations passées²³.

C'est clairement le cas aujourd'hui de l'idéologie qualifiée de néolibérale qui domine la plupart des pays développés. Reposant sur le culte de la croissance, cette idéologie entraîne des modifications de l'environnement à l'échelle de la planète. Le développement durable est souvent présenté comme une poursuite de la croissance par d'autres moyens. Malheureusement, nous avons vu que l'évolution de l'environnement est

²² Chez les animaux évolués, la sélection K favorise les espèces qui éduquent leurs enfants. La sélection r favorise celles qui ne les éduquent pas.

²³ Franz Brosch, Une brève histoire de l'extinction en masse des espèces, Agone, 2010.



liée à la dissipation d'énergie. Plus celle-ci s'accroît, plus vite l'environnement évolue. Maintenir à tout prix la croissance conduit à l'effondrement des civilisations.

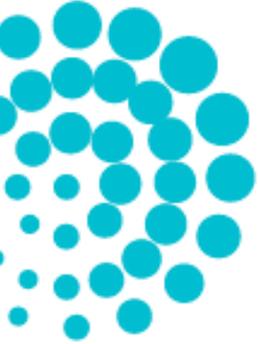
L'avenir de l'humanité

Voici donc le principe de Lucifer identifié. Il porte le nom de troisième loi ou troisième principe de la thermodynamique. La sélection naturelle favorise les êtres vivants qui dissipent le plus d'énergie. Notre bien-être est lié à la dissipation d'énergie. Nous sommes tous en compétition pour accroître notre bien-être. Mais plus vite nous dissipons l'énergie, plus vite nous courrons à notre perte. Le problème est semblable à celui de la course aux armements entre la proie et le prédateur. Il conduit à la destruction mutuelle assurée. Aucun d'entre nous ne peut s'en sortir individuellement. Aucune nation ne peut renoncer à la croissance sans se faire doubler par les autres. La seule issue possible est à l'échelle mondiale. Saurons-nous un jour nous unir pour décider ensemble, d'un commun accord, de limiter notre taux de dissipation d'énergie?

La réponse à cette question dépend de la source d'énergie dont l'humanité disposera. Nos problèmes actuels viennent de l'utilisation temporaire d'une source d'énergie à débit potentiellement illimité comme le pétrole. Même si la quantité totale de pétrole est limitée, le nombre de puits de pétrole ne l'est pas. Il n'a pas cessé de croître. La vie est une forme de combustion. Plus on dispose de combustible, plus le feu s'étend. Le problème risque de s'aggraver si l'on remplace le pétrole par une source d'énergie à plus long terme comme les réacteurs EPR. Si, par malheur, l'humanité parvient à utiliser la fusion nucléaire (projet ITER), alors c'est l'incendie.

Considérons en effet un système fermé, isolé du reste du monde, contenant des êtres vivants capables d'utiliser la fusion nucléaire. La seconde loi de la thermodynamique nous dit que tout système fermé tend vers l'équilibre thermodynamique, c'est-à-dire la mort. La troisième loi nous apprend qu'il tend vers cet équilibre le plus vite possible. La biologie nous montre qu'en présence d'une source d'énergie à débit illimité, la compétition pour la dissipation d'énergie l'emporte sur la coopération. C'est donc l'explosion, démographique ou exosomatique. La durée de vie de l'humanité se réduit à celle d'un feu de paille.

Supposons maintenant que l'humanité renonce à la fission nucléaire, jugée trop polluante et trop risquée. Peu à peu les énergies fossiles s'épuisent. Dans une économie en déclin, les recherches sur la fusion nucléaire sont abandonnées parce que trop coûteuses.



Seule l'énergie solaire laisse espérer le maintien d'un certain niveau de vie²⁴. Pour les pays avancés, c'est la pénurie d'énergie. L'énergie solaire est une source d'énergie à débit limité. On ne peut que tenter de l'utiliser le plus efficacement possible. La biologie nous apprend qu'en cas de pénurie d'énergie, la coopération l'emporte sur la compétition. L'humanité s'organise pour faire face à la pénurie. Après avoir chuté, l'économie reprend pour atteindre peu à peu un état stationnaire adapté au débit de l'énergie reçue. Les inégalités sociales entre les individus comme entre les nations s'estompent. L'idéologie de la croissance n'est plus qu'un mauvais souvenir. On est passé du feu de paille à une combustion lente et contrôlée.

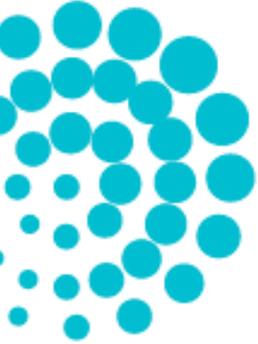
Durant la préhistoire l'Homme a appris à allumer du feu. Au XVIIe siècle, avec Denis Papin, il en découvre la puissance motrice. Au XVIIIe siècle, il apprend à construire des machines à vapeur. Si, en poussant sur un piston, la vapeur fournit du travail mécanique, elle ne peut le faire de manière continue qu'en ramenant le piston à sa position initiale. Pour cela il faut rendre une partie de l'énergie reçue. Au XIXe siècle, Sadi Carnot énonce pour la première fois ce qui deviendra le second principe de la thermodynamique: « On ne peut durablement produire du travail mécanique que par des cycles fermés de transformations extrayant de la chaleur d'une source chaude pour en rendre une partie à une source froide ». Au XXe siècle, l'Homme fabrique des moteurs thermiques de plus en plus perfectionnés et dissipe de plus en plus d'énergie. Aujourd'hui, il découvre que le principe de Carnot s'applique à l'humanité toute entière. Pour vivre, l'humanité doit produire du travail mécanique. Pour cela, elle dispose²⁵ d'une source chaude à 6000°K, la surface du Soleil, et d'une source froide à 3°K, le ciel nocturne. Mais elle ne peut le faire durablement que par des cycles fermés de transformations ramenant notre planète à son état initial. L'humanité apprend à recycler.

De même que notre corps peut être considéré comme une société de cellules, de même une société d'individus peut être considérée comme un organisme vivant. L'humanité apparaît alors comme un organisme vivant en gestation. Nous en sommes les cellules. Sa croissance rapide est due au pétrole, sorte de lait maternel fournit par une Terre nourricière. C'est bientôt le sevrage. L'humanité va devoir apprendre à se nourrir par elle-même. Un cerveau global²⁶ se développe. Pour la première fois, l'humanité prend conscience d'elle-même et s'inquiète de sa survie à long terme. Lorsqu'un être vivant arrive

²⁴ Pour donner un ordre de grandeur, tapisser nos autoroutes de panneaux solaires permettrait actuellement de subvenir aux besoins de la France en énergie.

²⁵ En commun avec la biosphère. L'ensemble forme une structure dissipative qu'avec Lovelock on appelle maintenant Gaïa.

²⁶ Voir référence 4.



à maturité, sa croissance s'arrête. C'est la phase d'homéostasie. Son évolution ne s'arrête pas là pour autant. Si sa dissipation d'énergie devient stationnaire, l'information continue à affluer. Avec le temps libéré, la société redevient plus conviviale. L'éducation reprend un rôle majeur. Cessant d'être orientée vers le profit, une recherche plus fondamentale et plus multidisciplinaire s'instaure. Notre compréhension du monde progresse. L'humanité évolue vers la maturité et la sagesse.