

Pour une régulation écosystémique de la finance ?

Par Dominique DRON

Ingénieure générale des Mines, CGE, ministère de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique

La résilience du système financier a été régulièrement, et davantage encore après l'explosion des *subprimes*, un sujet aigu de préoccupation. De 1970 à 2010, le FMI a décompté 208 krachs monétaires, 145 crises bancaires et 72 crises de dette souveraine. Or, un autre type de système complexe, celui des écosystèmes, a développé et sélectionné sur un temps très long des principes de régulation assez efficaces pour résister (ou se restaurer après) à de nombreux types de choc. L'observation de ces régulations écosystémiques pourrait sans doute enrichir les considérations actuelles sur les conditions de résilience des systèmes financiers, appelés ici, par symétrie, « financystèmes ».

Écosystèmes et financystèmes : pourquoi cette mise en parallèle ?

Des fonctionnements, des concepts et des réseaux communs

Les systèmes écologiques, les systèmes financiers, les systèmes informationnels, les systèmes électriques... sont des systèmes dits complexes. Ils sont composés d'acteurs plus ou moins interdépendants animés de relations de coopération et de concurrence sur la base de flux, d'échanges et de stocks, ainsi que de critères comportementaux propres à chaque acteur. Ils sont soumis à des déstabilisations d'origine interne ou externe. Enfin, ils sont sujets à de multiples modes de vulnérabilité.

Les descriptions dynamiques des écosystèmes remontent à plusieurs décennies. Ils se présentent comme des réseaux aux maillons interdépendants entre lesquels circule l'énergie contenue dans la matière vivante. Des centaines d'observations quantifiées ont abouti à des descriptions des relations entre espèces et milieux chiffrées en unités énergétiques ⁽¹⁾. Chaque espèce est caractérisée par son abondance, ses proies et ses prédateurs. Les similitudes structurelles entre les écosystèmes, les info-systèmes et les financystèmes ont été examinées dans la littérature, l'énergie étant assimilée dans le dernier cas à une monnaie circulante ⁽²⁾.

À l'intérieur de chacun de ces réseaux, les acteurs diffèrent plus ou moins par leur fonctionnement, les ressources qu'ils privilégient et les stress auxquels ils sont exposés. Dans un

écosystème, cela signifie, d'une part, que divers types d'acteurs peuvent cohabiter sans que cela se traduise par une relation de concurrence et, d'autre part, que les espèces et les liens trophiques ne sont pas sensibles aux mêmes atteintes ou aux mêmes pénuries, certains maillons pouvant donc prendre le relais d'autres maillons affaiblis. Du point de vue de la résilience du système, ce constat conduit à déduire une condition de diversité des acteurs ou/et des vecteurs dans leurs comportements ou leurs vulnérabilités.

Cette condition remplie, la circulation de l'énergie et des diverses substances (eau, carbone, azote, phosphore...) dans l'ensemble du réseau peut alors se réajuster après un choc.

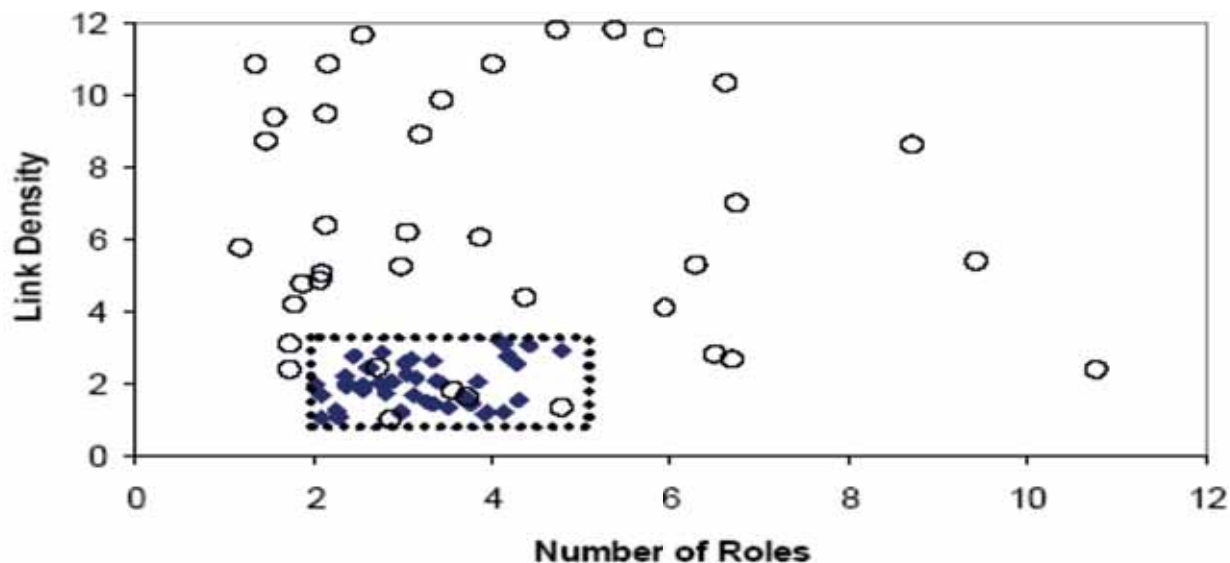
Pour décrire les écosystèmes, il a été recouru aux notions de flux, de nœuds et de connectivité, comme pour les systèmes informationnels ⁽³⁾. Un réseau maillé est composé d'acteurs (ou nœuds), chacun représentant une espèce d'organisme vivant (ou un institutionnel, dans un financystème). Le nombre des liens ou des relations proie/prédateur dans un écosystème, partant de (et aboutissant à) chacun des acteurs représente le degré de connectivité de chacun d'eux.

Il est apparu que les écosystèmes présentant une grande stabilité ou une grande robustesse se situaient dans une fenêtre de connectivité et de diversité se situant entre une

(1) Par exemple, BAIRD (D.) & ULANOWICZ (R.E.), 1989.

(2) ALLESINA (S.) & al., 2005.

(3) ZORACH (A.C.) & ULANOWICZ (R.E.), 2002.

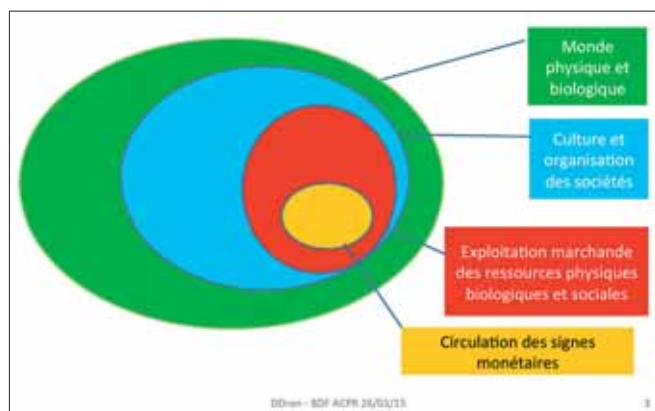


Graphique 1 : Positionnement d'écosystèmes en fonction de leur diversité et de leur connectivité.

borne minimale et une borne maximale ⁽⁴⁾ (voir le Graphique 1 ci-dessus). Cette fenêtre exprime la condition de la résilience du système, c'est-à-dire le maintien d'une bonne répartition de l'énergie circulant au sein de l'écosystème, dont l'analogue serait le maintien d'une bonne circulation monétaire dans l'ensemble d'un financystème.

Quelles relations entre les systèmes financier, économique, social et environnemental ?

Le développement soutenable, souvent représenté par les fameux « trois piliers » symboliquement équivalents que sont l'économie, la qualité sociale et l'environnement, devrait de façon plus réaliste apparaître sous la forme de quatre domaines emboîtés les uns dans les autres. Du plus vaste au plus circonscrit, et dans une hiérarchie dans laquelle le sur-système est la condition d'existence du système inférieur, on trouve tout d'abord le monde physique et biologique, qui autorise l'existence des sociétés et de leurs cultures respectives. À leur tour, ces deux mondes rendent possible toute activité économique, sous la forme de stocks et de flux utilisant et transformant les ressources, qui constitue une sous-partie de la vie des sociétés. Enfin, l'on trouve le sous-système du secteur financier, qui manie des symboles monétaires plus ou moins fortement reliés à cette activité (voir le Graphique 2 ci-dessous).



Graphique 2 : Quels liens entre les univers ? Vision pragmatique.

Deux remarques peuvent d'ores et déjà être faites à ce stade. D'une part, le concept même d'internalisation implique d'étendre les logiques du sous-système financier à des processus physiques, biologiques ou sociaux, ou tout du moins à une représentation de ces derniers qui soit compatible avec lesdites logiques ⁽⁵⁾.

D'autre part, le degré de diversité et d'information s'appauvrit considérablement lorsque l'on passe des niveaux supérieurs au dernier sous-système. Or, en cybernétique, le contrôle d'un système riche en informations et en boucles de rétroaction par un sous-système appauvri aboutit à la perte de cohérence d'ensemble, pour finir par la destruction du système. En biologie, de la même façon, une faible sensibilité d'un sous-système par rapport aux signaux émis par des sur-systèmes est synonyme non pas de robustesse, mais de vulnérabilité ⁽⁶⁾.

Efficiencia et résilience des réseaux complexes

Deux types d'approche des systèmes complexes

La littérature académique a commencé, notamment avec la crise de 2008, à examiner les parallèles possibles entre le fonctionnement des écosystèmes et celui du système financier, dans un souci de recherche de robustesse. Parmi les résultats de cette comparaison, peuvent être soulignés quelques points remarquables.

(4) ULANOWICZ (R.E.) & al., 2009.

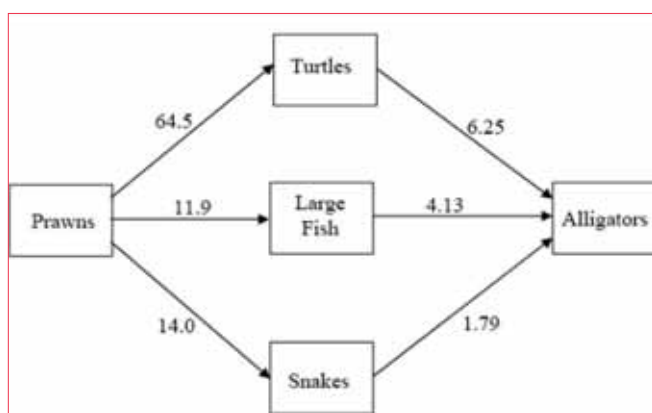
(5) Certains slogans d'établissements financiers comme « Faire de la nature une valeur sûre » ou « Dans le futur, chaîne alimentaire et chaîne d'approvisionnement ne feront qu'un » expriment cette tendance à la colonisation d'un système par les logiques d'un sous-système.

(6) DRON (D.), in La résilience, plus qu'une mode ?, 2013.

Complexité et diversité des réseaux

La fenêtre de stabilité évoquée plus haut a pu être empiriquement quantifiée et interprétée, dans le cas des écosystèmes : les systèmes stables se situaient dans un rectangle, où le nombre de niveaux trophiques allait de 2 à moins de 5 et où le nombre de liens par nœud allait de 1 à 3 ⁽⁷⁾. Des systèmes trop simplifiés aboutissent à des destructions (par eutrophisation, par exemple), et il en va de même pour des systèmes faisant converger un trop grand nombre de liens au niveau de chaque maillon ou seulement au niveau de certains d'entre eux ⁽⁸⁾.

Pour un écosystème, une pluralité de chaînes trophiques se répartissant la circulation de l'énergie entre un échelon inférieur et un échelon supérieur autorise que le relais soit pris par certaines, lorsque, du fait d'une perturbation, un ou plusieurs maillons d'autres chaînes interrompent ou ralentissent leur activité (voir le Graphique 3 ci-dessous). L'activité des espèces restées robustes s'en voit accrue. En termes financiers, ces chaînes et espèces ont donc, de fait, une activité contracyclique.



Graphique 3 : Trois voies de transfert entre crevettes et alligators dans les marais de Floride.

Cette efficacité dépend de ce que les différentes voies trophiques et les diverses espèces ne soient pas sensibles aux mêmes stress. Ainsi, par exemple, si l'un des prédateurs intermédiaires est décimé du fait de la chasse, mais qu'un autre subsiste pour prendre le relais, l'écosystème sera robuste. En revanche, dans le cas d'une pollution chimique ou d'une exploitation de chasse ou de pêche les visant toutes, il n'y a alors pas de relais possible. C'est la diversité des sensibilités et des comportements au sein d'une même classe d'acteurs qui fait leur résilience. De la même manière, il est indispensable, pour les systèmes financiers, que les critères, les produits, les supports et les acteurs soient dans leur nature (et pas seulement en taille) suffisamment divers dans leurs comportements, leurs objectifs et leurs sensibilités aux perturbations pour éviter les dommages systémiques.

Le niveau de connectivité optimal de chaque maillon, compris entre deux bornes, représente une situation intermédiaire entre le fait d'être tributaire d'un seul autre maillon ou d'être sujet à épuisement (nœuds à un seul lien) et le fait de se trouver en situation d'accumulation (*too big to fail*) ou d'hyper-

connectivité propageant les perturbations. Ainsi, l'intégration financière a construit depuis vingt ans un réseau mondial sans compartimentation des zones, des critères ni des activités, dans lequel le haut degré de connectivité des acteurs autorise une contagion généralisée et immédiate par des perturbations ne rencontrant aucune barrière. En outre, la forte concentration récente et toujours en cours des acteurs de premier rang dans le système financier crée des points majeurs d'accumulation et de départ de possibles contagions.

Modélisation bancaire et simulation de chocs

Une autre démarche ⁽⁹⁾ part de modèles de réseaux bancaires réels, auxquels sont appliqués des chocs divers. Elle conclut qu'une grande connectivité entre banques semblables atténue le risque de faillite. Mais si la perturbation est trop forte, cette configuration entraîne une plus grande partie du système vers l'effondrement. En outre, dans un réseau de banques de tailles différentes, chaque gros acteur a d'autant plus de liens avec les autres que la concentration à son niveau est forte, d'où une contagion large en cas de survenue d'un problème sur l'un de ceux-ci. Ce réseau diversifié permet une plus grande robustesse que le précédent. Mais, là encore, seulement si les difficultés rencontrées ne sont pas systémiques, c'est-à-dire si elles ne proviennent pas d'un mode de vulnérabilité commun touchant de la même façon un trop grand nombre d'acteurs.

L'analyse montre aussi qu'au-delà d'un certain seuil, la masse des produits dérivés s'auto-amplifie : les établissements financiers accroissent les quantités de leurs produits au-delà de la demande réelle de couverture tant que la multiplication des produits nourrit la rentabilité de chacun d'entre eux. Le marché se montre alors structurellement déstabilisé autour d'un point singulier. L'existence de ces singularités est renforcée par l'intensité des corrélations entre produits dérivés. Parmi les hypothèses implicites de la théorie de l'arbitrage, figure celle selon laquelle l'activité de *trading* en tant que telle n'a pas d'effet sur la dynamique des marchés ; l'analyse montre ici le contraire.

Financystèmes et écosystèmes : entre efficacité et résilience

Les travaux précédents montrent que le fonctionnement des systèmes résulte d'un compromis entre deux pôles :

- une structure simple comportant peu de nœuds, mais avec un flux important passant par chacun des nœuds, qui se révèle peu résiliente aux perturbations,
- et une structure à nœuds et relations multiples, qui s'avère robuste aux perturbations, au travers de flux plus dispersés entre des chaînes interdépendantes ⁽¹⁰⁾.

(7) ULANOWICZ (R.E.) & al., 2009.

(8) Ibid.

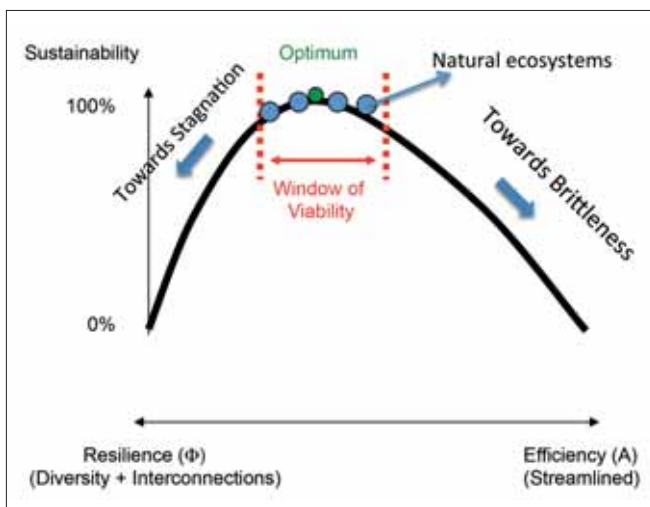
(9) HALDANE (A.G.) & MAY (R.M.), 2011.

(10) ULANOWICZ (R.E.) & al., 2009.

La plupart des raisonnements financiers privilégient un critère d'efficacité ou d'efficace qui s'apparente à une « efficace de débit » interne au sous-système financier, sans prise en considération de la résilience ni des impacts sur les sur-systèmes. Pour un système ainsi conçu comme isolé, l'efficace désigne sa capacité à traiter des flux par rapport aux moyens utilisés en son sein pour ce faire. De ce fait, l'efficace s'accroît en valeur absolue soit en faisant gonfler les flux monétaires, soit en réduisant le nombre des acteurs ou/et des voies d'écoulement.

Il pourrait donc sembler que le fait de minorer le nombre de niveaux trophiques et le nombre d'espèces à chaque niveau permette de réduire les coefficients de perte et d'améliorer l'efficace globale du système. De la même manière, dans un financystème, la réduction du nombre d'acteurs (par concentration ou par faible diversité) est souvent présentée comme une façon d'améliorer l'efficace de débit du système du point de vue des acteurs restants. À l'extrême, au regard de ce seul critère de flux, le réseau le plus efficace n'aurait qu'une seule chaîne d'acteurs !

L'observation biologique montre au contraire qu'un appauvrissement en espèces (dû, par exemple, à la chasse, à la pêche ou à des pollutions ciblant certaines espèces) accroît la fragilité du système vis-à-vis des perturbations ultérieures et réduit l'abondance de vie globale. En fait, le compromis de viabilité sélectionné par l'évolution des écosystèmes se trouve non pas à mi-chemin entre un pôle d'efficace et un pôle résilience, donc non pas en maximisant l'efficace, mais, au contraire, déplacé du côté de la résilience. De plus, une mesure de cette capacité structurelle de résilience a pu être proposée ⁽¹¹⁾ (Voir le Graphique 4).



Graphique 4 : Fenêtre de stabilité des écosystèmes entre résilience et efficace.

À l'inverse, les crises successives du financystème concentrent structurellement les acteurs ⁽¹²⁾, le déplaçant vers une fragilité croissante ⁽¹³⁾ qu'amplifient les opérations de *quantitative easing* utilisées selon les mêmes critères. Examinons plus en détail, par comparaison, les conditions de résilience des écosystèmes et les pistes qu'elles pourraient ouvrir pour les financystèmes.

Les sources de résilience des écosystèmes : quelles pistes pour les financystèmes ?

Quatre caractéristiques des écosystèmes contribuent structurellement à leur résilience biologique : l'existence de rétroactions permettant un maintien dans des limites physiques soutenables, une plasticité liée à une connectivité suffisante, mais sans substituabilité généralisée, une grande diversité des types d'acteurs et des cycles de matière et d'énergie bouclés permettant d'entretenir des stocks vitaux.

Des rétroactions gérant des limites

Un maintien interne dans des limites viables

Une régulation caractéristique d'un écosystème est la relation prédateur/proie, dont les fluctuations se répondent. Les rétroactions de ce type permettent de ne pas épuiser les ressources, elles évitent toute exponentielle. *A contrario*, par exemple, la surpêche au large des côtes namibiennes a fait basculer l'écosystème halieutique vers un peuplement composé quasi-exclusivement de méduses...

La population humaine, ses animaux domestiques, ses consommations de matières et d'énergie, ses rejets de déchets solides, liquides et gazeux ont en revanche suivi des courbes exponentielles depuis une soixantaine d'années : production de déchets, rejets de gaz à effet de serre, consommation d'énergie... La quantité des devises et des produits financiers en circulation ⁽¹⁴⁾ a suivi ce même type de courbe ⁽¹⁵⁾, et il en va de même pour les masses monétaires nationales ⁽¹⁶⁾. La quantité de produits dérivés en circulation est très supérieure à ce que requerrait une relative stabilité du système financier ⁽¹⁷⁾. Le mécanisme des intérêts composés induit aussi, structurellement, une évolution exponentielle de leur montant ⁽¹⁸⁾.

La transposition au financystème de la rétroaction « prédateur/proie », qui permet à un écosystème d'osciller autour d'une zone viable, pourrait conduire, par exemple, à proposer de plafonner les quantités de produits dérivés ou à proposer

(11) Ibid.

(12) Les dix plus grandes banques américaines contrôlaient, en 2013, 42 % du marché, contre 28 % avant la crise de 2008 (LIETAER, 2012, p. 126). En 2013, quatre banques contrôlaient 50 % du marché des changes (BRI, 2013).

(13) GOERNER (S.J.), 2009.

(14) La valeur notionnelle des produits dérivés est passée de 100 000 à 600 000 milliards de dollars entre 2001 et 2007, soit une progression trois fois plus rapide que l'augmentation du PIB mondial (HALDANE & MAY, 2011).

(15) Banque des Règlements Internationaux (BRI) 2013 : 5 300 milliards de dollars s'échangent quotidiennement dans le monde, soit 3 fois plus qu'en 2004 et de 5 à 6 fois plus qu'en 1992. Ces transactions correspondant à des biens réels (investissement, biens et services, envois d'argent par des migrants) représentent moins de 5 % de ces montants, celles liées à des marchandises en représentent 2 %.

(16) LIETAER (B.) & al., p. 70 et pp. 147-148, 2012.

(17) HALDANE (A.G.) & MAY (R.M.), 2011.

(18) LIETAER (B.) & al., p. 181, 2012.

que les taux d'intérêt, c'est-à-dire le prélèvement sur la valeur à venir des produits marchands (et, indirectement, non marchands) de l'activité humaine, ne puissent être globalement durablement supérieurs à la disponibilité en valeur desdits produits, c'est-à-dire au taux de croissance. Mais comme la croissance des consommations matérielles se heurte à des limites physiques par nature finies, la recherche de viabilité revient donc notamment à poser la question de l'existence même d'intérêts composés applicables à l'ensemble des circulations monétaires.

Le fonctionnement du sous-système financier occulte les rétroactions des sur-systèmes

Selon une démarche similaire, le système économique est souvent représenté comme un système fermé en équilibre général, ce qui exclut ou, au mieux, simplifie à l'excès les rétroactions entre les deux sur-systèmes sociaux et naturels. Les décisions prises sur cette base faussement étanche ont toutes les chances d'être inappropriées, voire pire, au regard de ces sur-systèmes.

Cette absence de rétroaction a été aggravée par la mondialisation de ces dernières décennies, qui a peu à peu décollé, pour de nombreux producteurs, la rémunération du travail de la consommation des clients, et donc « externalisé » cette rétroaction, autrefois « interne » aux yeux des acteurs, pour de larges pans de l'économie réelle, à savoir la sanction liée à l'appauvrissement de ses propres consommateurs. Cette autonomisation des critères et des règles endommage la régulation de l'ensemble du système.

Dans ce registre, les pratiques récentes du *bench-marking* généralisé et de la *fair value* sont auto-accélératrices. Il en est de même de la construction d'indices composites agrégeant, par exemple, énergie, minerais et céréales, devenus pour leurs manipulateurs de simples *widgets* sans lien avec leurs conséquences dans les sur-systèmes⁽¹⁹⁾. Haldane et May⁽²⁰⁾ soulignent cette autonomisation en rappelant que « *les deux tiers de la croissance spectaculaire des bilans bancaires sur les décennies récentes reflètent les relations intérieures au système financier lui-même plutôt qu'avec des acteurs non financiers* ».

Une plasticité sans substituabilité générale

La plasticité du vivant

Les écosystèmes puisent une part de leur résilience dans une certaine plasticité des relations interspécifiques : lorsque l'un des maillons ou l'un des liens du réseau est défaillant, pour des raisons internes ou externes au réseau lui-même, les flux de matière et d'énergie qui passaient par lui peuvent être temporairement ou définitivement, partiellement ou totalement repris par d'autres liens ou d'autres espèces.

Dans tous les cas, la capacité de résilience est constituée (au moins), d'une part, de capteurs capables de renvoyer des informations sur l'évolution que connaît le monde extérieur et, d'autre part, d'une structure qui, une fois l'interprétation de ces signaux réalisée, présente une plasticité fonctionnelle, voire morphologique. Or, cette plasticité est liée à trois caractéristiques :

la perception de signaux venant de l'extérieur, la connectivité des nœuds du réseau, qui doit être suffisante et non excessive, et la diversité des comportements des acteurs.

À l'échelle du temps humain, la substituabilité du vivant est limitée

Si les chaînes trophiques se caractérisent par une certaine plasticité, les écosystèmes, quant à eux, ne sont interchangeables ni entre eux ni avec des biens fabriqués. Ainsi, les services rendus par les océans en termes biologiques, physico-chimiques et climatiques ne sont pas remplaçables par une succession de piscines, d'aquacultures et de réacteurs à micro-algues ! Par conséquent, la monétarisation des services, des régulations et des ressources naturelles, et, *a fortiori*, leur traduction en indices financiers mettent en scène une substituabilité illusoire. Même s'il a été fort utile de traduire en langage monétaire des phénomènes qui échappaient totalement à l'analyse financière⁽²¹⁾, cette traduction reste extrêmement partielle et, surtout, si son produit est utilisé non pas en fonction des caractéristiques des phénomènes « représentés », mais selon les modes et les rythmes d'utilisation des produits financiers, il accroît le champ d'une substituabilité fictive. Il faudrait donc en termes de résilience, compartimenter les domaines non substituables, ou tout du moins assurer que leur inter-convertibilité ne soit pas systématiquement possible dans les conventions et les calculs.

Une résilience par la diversité des acteurs et de leurs relations

En biologie, c'est la diversité qui permet la résilience, par exemple en permettant à d'autres espèces de remplacer provisoirement celle qui a été atteinte par un facteur extérieur afin de maintenir les fonctionnements des cycles, ou en permettant, par complémentarité des apports, de recoloniser un milieu après dévastation. C'est le sens de la Trame verte et bleue instaurée par le Grenelle de l'Environnement, qui tend à réunir sur un tissu continu des conditions de maximisation de la biodiversité.

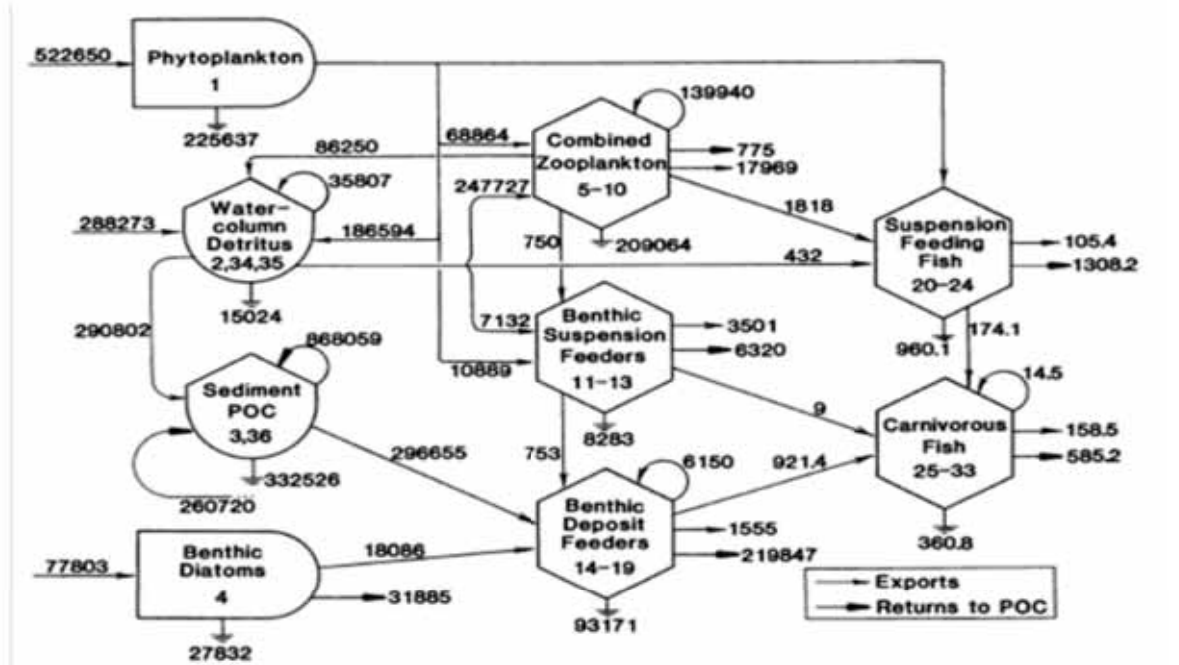
C'est aussi la diversité qui permet l'abondance, par exemple, pour accroître sans apports extérieurs la production biologique par hectare (en cultivant, ensemble, des légumineuses, des arbres et des céréales, par exemple), parce que chaque espèce ne prélève pas exactement les mêmes ressources et parce qu'elle échange ses excédents avec les espèces voisines. Autrement dit, si tous les acteurs de l'écosystème avaient les mêmes critères, les mêmes besoins ou les mêmes désirs, il y aurait compétition généralisée et appauvrissement du système. Or, on constate au contraire en écologie davantage de coopération et de complémentarités que de compétition, notamment interspécifique.

Rendre le financystème plus robuste demanderait donc de diversifier les critères utilisés entre des acteurs qui soient

(19) MASTERS (M.) & WHITE (A.), 2008.

(20) Op. cit., 2011.

(21) COHEN de LARA (M.) & DRON (D.), 1998.



Graphique 5 : Un écosystème: un réseau de flux bouclé (Ulanowicz et Baird (1989), Chesapeake bay).

eux-mêmes peu interchangeables, de se doter de logiques différentes. Des métriques, de la vulnérabilité, d'une part, et multicritères, d'autre part, sont dès lors indispensables pour restaurer un équilibre entre efficacité et résilience ⁽²²⁾.

En outre, en l'absence de rétroactions régulatrices suffisantes venant des sur-systèmes, il serait là encore nécessaire de compartimenter les procédés et/ou les stocks, comme en pyrotechnie, pour éviter la contagion. La compartimentation peut porter sur les acteurs (la re-séparation des activités de dépôt des activités d'affaires relève de cette catégorie, ainsi que le maintien de différences fonctionnelles entre acteurs bancaires : banques commerciales, banques coopératives, banques publiques, *low profit limited liability corporations* (USA), banques de monnaies complémentaires...), sur les utilisations des supports d'échanges (la compartimentation des usages de types de produits financiers, par exemple) ou sur les supports eux-mêmes.

Pour illustrer ce dernier cas, les monnaies complémentaires ⁽²³⁾ telles que le WIR suisse utilisé depuis 1934 par une entreprise suisse sur cinq a une action stabilisatrice anticyclique ⁽²⁴⁾. De nombreux exemples de monnaies complémentaires existent en Europe et dans le monde (il en existe environ 200 au Brésil, une centaine au Japon... au total, environ 4 000 dans le monde, dans cinquante pays, en BtoB, BtoC ou CtoC. Des exemples historiques de grande ampleur sont aussi documentés ⁽²⁵⁾.

Un bouclage des cycles entretenant les stocks

Un quatrième principe de résilience pour les écosystèmes est le bouclage des flux (par exemple, de carbone, d'eau, d'azote, de phosphore...), entretenant notamment la fertilité des sols et empêchant les accumulations nocives (voir le Graphique 5 ci-dessus).

Or, le fonctionnement financier ne favorise généralement pas ce bouclage (défiance en matière de réinvestissement et/ou de redistribution). On assiste plutôt à des accumulations locales que favorisent des boucles amplificantes, telle que la propension logique des établissements de prêt à ne faire crédit qu'aux acteurs disposant déjà d'épargne, ce qui finit par accentuer la concentration monétaire à l'échelle macroéconomique (concentration sur une minorité de la population du produit des intérêts à travers les prix des biens et services). Cela appauvrit le fonds d'épargne de la plupart des ménages et les capacités d'investissement globales des entreprises. Le schéma est le même dans le cas de la matière organique des sols, qu'épuise l'agriculture conventionnelle.

Les ressources financières créées « en creux » par l'emprunt à intérêt bouclent-elles ailleurs ? Par exemple, alimentent-elles l'offre (à défaut de la demande) ou les salariés et l'investissement (à défaut des consommateurs) ? Selon Martin Wolf, tel n'est pas le cas: "*Only about 10 per cent of UK bank lending has financed business investment in sectors other than commercial property*" ⁽²⁵⁾ [« L'argent prêté par les banques britanniques à des secteurs autres que l'immobilier commercial n'a financé des entreprises qu'à hauteur de 10 % »]. Ce schéma n'est pas nouveau, mais il a acquis, au cours des vingt dernières années, une intensité accrue et une extension inégalée du fait des outils informatiques et d'une connectivité généralisée à la quasi-totalité de la planète.

⁽²²⁾ Livre blanc pour le financement de la transition écologique, 2013.

⁽²³⁾ À ne pas confondre avec des monnaies alternatives (le bitcoin, par exemple), qui présenteraient des caractéristiques de fonctionnement identiques (voire dégradées) par rapport aux monnaies classiques.

⁽²⁴⁾ Veblen Institute, 2011.

⁽²⁵⁾ LIETAER (B.), 2013.

De plus, cette reconstitution de stocks ou de garanties de fonctionnement à long terme, qui est de fait vitale, n'est pas valorisée par une pratique de l'actualisation dépréciant l'avenir qui exprime en fait une dissipation constante de la valeur. Dans le cas des écosystèmes, Roger Guesnerie explique que le taux d'actualisation devrait même être strictement négatif.

Conclusion

Au regard des analyses qui précèdent, le financystème conventionnel semble présenter aujourd'hui des caractéristiques inverses des conditions de résilience telles qu'observées dans les écosystèmes. Dans le domaine financier, le fonctionnement des marchés se voit piloté par un nombre de plus en plus restreint d'acteurs dominants et mimétiques : il est sorti de l'ajustement théorique par les grands nombres. L'équilibre entre efficacité et résilience semble bien dépassé, ce qui ne constitue pas une surprise au regard des écosystèmes.

Il serait imprudent de considérer que le seul contrôle de la compétence et de la moralité des individus suffirait à corriger ces défaillances. En effet, il semble que les symboles monétaires agissent sur les mêmes zones du cerveau humain que les impulsions activant un souhait de satisfaction immédiate, comme le sexe et la violence, mais d'une façon encore plus intense, et qu'ils conduisent à réduire spontanément la coopération entre individus ⁽²⁶⁾ ! Il faut donc nous doter d'une organisation structurellement robuste, car s'en remettre à la vertu de chacun paraît dans ces conditions peu réaliste. Nous serions sans doute bien inspirés de nous imprégner des leçons des écosystèmes...

Bibliographie

"The seasonal dynamics of the Chesapeake Bay ecosystems", BAIRD (D.) & ULANOWICZ (R.E.), *Ecological Monographs*, 59-4, pp. 329-364, 1989.

"Quantifying the complexity of flow networks: how many roles are there?", ZORACH (A.C.) & ULANOWICZ (R.E.), *Complexity*, 8-3, pp. 68-76, 2003.

Ecological subsystems via graph theory: the role of strongly connected components, ALLESINA (S.), BONDONI (A.) & BONDAVALI (C.), *Oikos* 110, pp. 164-176, 2005.

The accidental hunt brothers: How institutional investors are driving up food and energy prices, MASTERS (M.) & WHITE (A.), special report 31 juillet 2008.

"Quantifying economic sustainability: implications for free-enterprise theory, policy and practice", GOERNER (S.J.) & al., *Ecological Economics*, 69, pp. 76-81, 2009.

"Quantifying sustainability: resilience, efficiency and the return of information theory", ULANOWICZ (R.E.) & al., *Ecological Complexity* 6, pp. 27-36, 2009.

"Is our monetary structure a systemic cause for financial instability? Evidences and remedies from nature", LIETAER (B.), ULANOWICZ (R.E.), GOERNER (S.J.) & McLAREN (N.), *Journal of Future studies*, 2010.

Currency pluralism and economic stability: the Swiss experience, KALINOVSKI (Wojtek), Veblen Institute, octobre 2011.

"Systemic risk in banking ecosystems", HALDANE (A.G.) & MAY (R.M.), *Nature* 469, pp. 351-355, 2011.

« La résilience, objectif et outil de politique publique », DRON (D.), in « La résilience : plus qu'une mode ? », *Responsabilité et Environnement*, n°72, *Annales des Mines*, octobre 2013.

Rapports et ouvrages

« Économie et environnement dans les décisions publiques », COHEN de LARA (M.) & DRON (D.), Cellule prospective et stratégie, *Documentation française*, rapports officiels, 1998.

Les grandes représentations du monde et de l'économie à travers l'histoire, PASSET (R.), 2010.

Money and sustainability, the missing link, LIETAER (B.), ARNSPERGER (C.), GOERNER (S.) & BRUNNHUBER (S.), 2012.

Livre blanc sur le financement de la transition écologique, ministère de l'Économie et des Finances, ministère de l'Écologie, coordination DRON (D.), 2013.

Au cœur de la monnaie, LIETAER (B.), 2013.

⁽²⁶⁾ <https://postjorion.wordpress.com/2014/05/09/289-wolf-soutient-le-smart/>