

Nicolas Bouleau

Dommages et intérêt de la spéculation

Inefficiences de la finance

CIREN Mai 2013

Préambule

Aujourd'hui on négocie sur les marchés financiers aussi bien les actions, les devises, les matières premières minérales et agricoles, les taux d'intérêts, que les créances petites et grandes depuis la mise en place de la titrisation. A partir des prix mondiaux, tous les prix se trouvent ainsi influencés de façon top-down. Le petit agriculteur du Sud vend à un grossiste qui lui impose des prix déduits des cours mondiaux. Un Etat ne peut taxer une ressource épuisable sans faire opérer un contrôle douanier, etc. Cette gouvernance économique a-t-elle des fondements théoriques solides ?

Une réponse a déjà été avancée dans la littérature économique avec la notion d'efficience des marchés. Est-ce la bonne réponse ? Il y a méthodologiquement deux niveaux : a) A-t-on ainsi forgé un outil adéquat pour apprécier la qualité de la fonction économique d'un marché ? b) Les marchés tels qu'ils existent depuis la globalisation financière remplissent-ils la performance économique qu'on attend ? La première question est un préalable à la seconde. Nous nous proposons donc de clarifier cette notion d'efficience avant de procéder à une enquête pour examiner si les marchés réels sont pertinents dans leur fonction économique. L'étude du discours économique sur le thème de l'efficience et comment on a tenté de donner à ce terme un statut scientifique fournira aussi beaucoup de lumière à la seconde question c'est-à-dire sur le fond du problème.

L'analyse que nous menons est détaillée et rigoureuse. Que le lecteur pressé nous pardonne, un examen sérieux est absolument nécessaire parce que les enjeux politiques et philosophiques sont considérables. Cela porte sur la finance qui dirige le monde actuellement et sur sa légitimité.

Notre conclusion va au delà du relevé d'erreurs argumentaires. La théorie de l'efficience des marchés n'est pas fausse ou approximative, elle est un échec. Elle ne répond pas à la question posée et projette sur le sujet une brume qui brouille l'intelligence des problèmes. Elle cache le fait que la finance est coupée des activités humaines d'échange et de production en une sphère autoréférentielle où elle est incapable de fournir les signaux-prix nécessaires aux entrepreneurs. L'environnement est occulté et les contraintes planétaires oubliées.

Nicolas Bouleau

Une fausse posture scientifique ?	p 4
Dans le sillage de la théorie néoclassique	p 5
Méthode d'analyse	p 6
I. Du côté de l'activité économique	p 9
<i>Hayek et la décision décentralisée</i>	p 9
II. L'information, mannequin de la connaissance	p15
Quelques acceptions de la notion hors du champ économique	p15
<i>Information statistique</i>	
<i>Information probabiliste : transmission dans un canal</i>	
<i>Entropie et information en thermodynamique</i>	
<i>Information algorithmique</i>	
Notions d'information utilisées en économie avant le tournant néolibéral	p19
<i>L'information champ-de-vision</i>	
<i>Les prix comme résumé informationnel</i>	
Information et connaissance	p24
III. Après le tournant néolibéral : notion d'efficience pour les marchés à temps continu	p27
L'efficience selon Fama	p27
<i>L'information-filtration</i>	
<i>Qu'est-ce qu'une sigma-algèbre ou tribu ?</i>	
<i>Des marchés plus ou moins propices à la spéculation ?</i>	
Quels changements apporte la "révolution" Black-Scholes ?	p32
<i>La théorie de l'arbitrage dans le cadre du calcul stochastique</i>	
<i>Qu'en est-il de la "spéculabilité" des marchés ?</i>	
L'expérience ne fournit qu'une trajectoire unique	p34
IV. Inefficience des marchés financiers réels due à l'effacement du signal-prix	p35
Deux types de marchés	p35
<i>Pourquoi n'y a-t-il pas de cinétique économique ?</i>	
Il ne peut y avoir de marché avec spéculation sans agitation des prix	p43
<i>Une erreur d'appréciation de Léon Walras</i>	
<i>La critique des marchés financiers pointant seulement le comportement des spéculateurs est insuffisante et abstraite</i>	
<i>Assagir les marchés ?</i>	
L'agitation des prix et la dévastation de la nature	p49
<i>Retour sur le rapport de l'équipe Meadows : modèles simples et perfectionnements</i>	
<i>Qualitatif des processus aléatoires</i>	
<i>Vulnérabilité de l'environnement soumis à la "rationalité" économique</i>	
Le marché est contradictoire avec le signal-prix	p62
<i>Importance du signal-prix : le cas du carbone</i>	
<i>Les tendances ont disparues : exemples</i>	
Résumé synthétique: La loi fondamentale de la finance de marché	p70
<i>Bibliographie</i>	p74

Une fausse posture scientifique ?

L'économie occupe une place très particulière dans la connaissance qui rend complexe les processus de critique et de formation de consensus. Le recours à l'expérience est délicat car la réalité, sociale, est plus changeante qu'en physique et les voies explorées par la sociologie, interprétatives, structurales ou historiques, ne semblent pas répondre à un objectif théorique auquel tiennent absolument les économistes qui réside en *la représentation mathématique* d'une vision rationalisée de la production et des échanges de biens et de services.

Mais l'économie est également singulière en ce qu'elle embrasse peu l'ambition cognitive par rapport à la perspective pragmatique. Le capitalisme néolibéral s'est institutionnalisé selon des idées directement induites des théories néoclassiques élaborées au 19^{ème} siècle et perfectionnées ensuite, de sorte que l'essentiel de la littérature économique porte sur des perfectionnements, aménagements, réformes, dont la valeur tient à ce que ces idées pourraient s'appliquer au monde social actuel. Autrement dit l'économie est *performative*, elle modifie son objet d'étude et se trouve donc engagée — plus directement que d'autres sciences — dans le processus lui-même des relations sociales et des décisions politiques. Comme le soulignait à juste titre Nicholas Georgescu-Roegen l'économie est très peu avancée dans l'étude de tous les systèmes d'échange et de production de biens et services possibles pour constituer des classifications et des comparaisons, voie qui commence heureusement à se développer significativement grâce aux préoccupations environnementales et écologiques. Il reste que dans les attendus de l'économie main stream, *l'habit de science*, copié sur la physique, est un enjeu central de respectabilité pour que la pertinence performative opère.

Avec la théorie de l'efficacité nous sommes en face d'un corpus qui justifie la croyance que les marchés spéculatifs organisés réalisent une bonne allocation des ressources financières. Mon propos n'est pas de montrer qu'il s'agit là d'une position faussement scientifique, parce que cela laisserait entendre que je dispose par-devers moi d'une vérité scientifique plus authentique, plus positive, plus incontestable. Une telle vérité en dernier ressort n'est évidemment pas disponible, c'est encore plus évident pour les sciences sociales que pour les sciences de la matière.

Il ne s'agit pas non plus de dénoncer une imposture. Il n'y a pas à proprement parler volonté de tromper. On est seulement en présence d'une tentative théorique lancée dans l'arène académique qui fit florès comme soutient à une pratique opérationnelle encouragée par le courant politique du néolibéralisme — l'ère Thatcher-Reagan — conduisant à la mise en place et au perfectionnement institutionnel des marchés financiers et de leurs dérivés.

Au demeurant on a confectionné ainsi un *habit de science* très impressionnant pour le profane car faisant appel à des notions extrêmement

sophistiquées — dont je montrerai que les économistes eux-mêmes ne soupçonnent pas l'abstraction vertigineuse.

Aussi bien la question n'est pas ici de tenter une séparation épistémologique grâce à un *critère de scientificité* à la manière de Karl Popper, ni même de procéder à une *déconstruction* à la manière de Jacques Derrida pour relativiser, grâce à une analyse sémantique historique, un discours pensé par ses partisans comme inexpugnable.

L'ambition de la présente monographie est simplement de découdre les brandebourgs et la passementerie de cet habit de science pour montrer que le mannequin ainsi costumé est un piètre renfort à la thèse que les marchés financiers allouent convenablement les disponibilités en capital.

Dans le sillage de la théorie néoclassique

Il est bon de prendre un peu de recul historique pour trouver des éléments de comparaison.

Dans le cours de l'histoire des connaissances, l'invention de la théorie économique néoclassique au 19^{ème} siècle est une nouveauté d'une audace d'un type particulier en ce qu'elle entreprend de mathématiser ce qui était considéré comme inaccessible au calcul et qui d'ailleurs l'est encore aujourd'hui.

Condorcet n'avait-il pas écrit cette remarque pleine de bons sens : “*La quantité de marchandise universelle, celle d’une marchandise particulière, peuvent être approchées par des nombres; mais l’envie d’acheter et celle de vendre ne sont susceptibles d’aucun calcul, et cependant la variation de prix dépend de cette quantité morale, qui dépend elle-même de l’opinion et des passions. C’est une belle idée de vouloir tout soumettre au calcul; mais, voyez les plus grands géomètres de l’Europe, les D’Alembert et les Lagrange. Eh bien ils cherchent le mouvement de trois corps qui s’attirent: ils supposent que ces corps sont des masses sans étendue, ou des corps très peu différents d’une sphère, et cette question, toute limitée qu’elle est par cent conditions qui la facilitent, les a occupé depuis vingt ans et les occupent encore. L’effet des forces qui agissent sur la tête du commerçant le plus borné est bien plus difficile à calculer.*” [Lettre à P. Verri 1773]

Mais rien ne pouvait décourager les Dupuit, Cournot, Walras, Jevons, etc. S'inspirer des belles équations de la mécanique pour rendre compte de ce qui apparaissait bien comme un jeu de forces contraires dans les œuvres des économistes classiques constituait un projet excitant. Dans son traité *The Theory of Political Economy* (1871) Jevons écrit "la théorie donnée ici peut être décrite comme la mécanique de l'utilité et de l'intérêt personnel". Il consacre une section entière à cette correspondance entre l'équilibre économique et celui du levier. Le parallèle était si frappant et les lois ainsi

dégagées si harmonieuses qu'on avait sûrement trouvé là la meilleure façon d'organiser le social.

Depuis ce temps le langage économique s'est complexifié, les pratiques et les institutions également, les théories se sont diversifiées. On y utilise beaucoup de mathématiques, mais il n'y eut guère de tentatives aussi audacieuses que la théorie néoclassique, s'appuyant sur le même type de forçage mathématique du champ psycho-social, sauf une, assez récente et liée au développement de la finance, qui est encore plus téméraire que la première : *la théorie de l'efficacité des marchés*.

La démarche est analogue, on se sert d'un corpus mathématique existant, qui n'est plus la mécanique rationnelle mais une formulation mathématique de l'idée d'information et ce canevas permet d'évaluer la pertinence sociale des affectations de ressources financières !

Mon propos est d'analyser au détail cette "avancée théorique" en m'attachant à la plus grande rigueur d'argumentation. La profusion des publications utilisant la notion d'efficacité n'en constitue pas en soi une justification, au contraire toute cette littérature est marquée par une forte ambiguïté : les mathématiques ne sont pas une huile sainte qui apportent justification à tout ce qu'elles touchent !

Puis nous reprendrons toute la question en partant de spécificités des marchés financiers pour étudier leur façon de prendre en compte les changements naturels ou économiques.

Méthode d'analyse

Dès lors que les idées des économistes classiques Smith, Ricardo, Say, sur l'offre, la demande et les notions de valeur et de prix s'étaient traduites chez les néoclassiques par de véritables notions mathématiques (fonction d'offre, fonction de demande, fonction d'utilité, fonction de production) et qu'on était ainsi parvenu à une description du marché qui pouvait rendre compte de lois économiques profondes comme les équations de la statique exprimaient celles de l'équilibre des corps pesants, la question était latente de savoir si l'application sociale de cette description du marché traduisait bien les réflexions des classiques pour atteindre la richesse des nations.

Notons en passant que pour la plupart des néoclassiques cet espoir était marqué d'une forte orientation idéologique. Ainsi Léon Walras écrit-il "M. P[areto] croit que le but de la science est de se rapprocher de plus en plus de la réalité par des approximations successives. Et moi je crois que le but final de la science est de rapprocher la réalité d'un certain idéal ; et c'est pourquoi

je formule cet idéal"¹. Quant à Jules Dupuit il est encore plus tranché "la concurrence générale, universelle, est la loi de la société, et quiconque tente de s'y soustraire par un moyen quelconque viole le pacte social et mérite d'être puni"².

Mais *a contrario* et dès cette époque se posait aussi la question duale de savoir si les marchés tels qu'on peut les observer (matières premières, biens manufacturés, emploi, bourse, etc.) possédaient les vertus supposées de la bonne économie. Ce sont les deux volets de la notion *d'efficience*. Elle suscita une intense activité académique au 20ème siècle après la seconde guerre mondiale et se présente donc comme une proposition de mise en relation de propriétés économiques et de propriétés mathématiques.

Eugène Fama est à l'origine de la façon d'aborder l'efficience la plus enseignée actuellement.

Faisons tout de suite une distinction, on emploie aussi en économie une autre notion, l'*efficience de Pareto*, qui désigne une situation optimale au sens précis qu'il n'est pas possible d'améliorer la situation d'un des acteurs sans en défavoriser un autre. Il s'agit d'une contrainte ou frontière en optimisation que l'on rencontre dans un très grand nombre de problèmes concrets de recherche opérationnelle lors de la répartition d'une grandeur finie. L'efficience parétienne n'est pas à proprement parler une tentative de mathématisation, elle intervient naturellement dans une modélisation déjà faite traduisant l'idée que si l'état du jeu est hors de cette frontière, les joueurs seront d'accord pour dire qu'on peut améliorer la situation de certains sans pénaliser quiconque. Elle ne pose pas, à mes yeux, de difficulté épistémologique particulière, elle est un outil dans l'étude des systèmes au même titre que maximum, point-selle, équilibre de Nash, etc. Pour la distinguer de celle-ci, l'efficience suivant les idées de Fama est souvent appelée *efficience informationnelle*, elle est beaucoup plus ambitieuse, c'est sur elle que nous nous focalisons car elle constitue *un véritable programme scientifique*.

En effet suivant Fama le concept qui permet de faire la liaison est la notion *d'information* : "A market in which prices always 'fully reflect' available information is called 'efficient'." ³

Voici ce qui est dit d'ordinaire : on distingue trois niveaux d'efficience.

L'efficience faible signifie que le prix courant incorpore toute l'information sur les prix passés de l'actif concerné. Si elle est satisfaite, l'analyse technique sur la série historique du cours ne peut conduire à aucun profit. (cela veut représenter une situation où les profits des agents sur les marchés ne viennent pas de l'usage d'algorithmes appliqués à la trajectoire

¹ L. Walras «Œuvres diverses», in: *Auguste et Léon Walras œuvres économiques complètes*, Vol XIII, édité par Dockès P., Mouchot C. et Potier J.-P., Economica 2000 p567.

² Cf. O. Coutard "Jules Dupuit et la théorie économique : l'invention de la notion de surplus" *Ann. des Ponts* n°82 1997.

³ Fama E., "Efficient Capital Markets : A Review of Theory and Empirical Work" *J. of Finance*, Vol. 25, No. 2, May 1970, pp. 383-417.

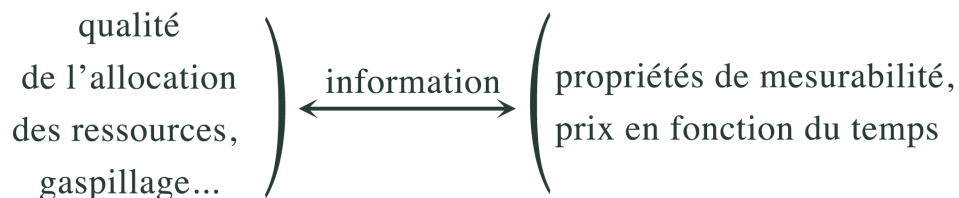
passée du cours, mais à d'autres informations, corrélations entre plusieurs cours, statistiques sur les entreprises concernées etc.)

Dans l'efficience semi-forte, le prix contient toute l'information publiquement disponible. L'évolution des autres actifs ne peut, par les corrélations avec l'actif étudié, fournir des possibilités de gain.

Dans le cas de l'efficience forte, le prix contient toute l'information économique publique ou privée, le marché a tenu compte, digéré, y compris les savoirs des initiés.

Grâce à ces définitions on essaie de construire des tests statistiques pour statuer sur le fait que tel marché est ou n'est pas fortement ou faiblement efficient. Cela a donné un courant abondant de publications.

On voit qu'on tente ainsi de relier *la notion économique d'efficience* qui ne peut signifier autre chose que la « bonne » allocation des ressources (capitaux, investissement) de sorte qu'on évite les gaspillages, à des *formalisations mathématiques* concernant les processus aléatoires (martingales ou semi-martingales pour les prix actualisés, processus de Markov, filtrations). La théorie de l'efficience est donc la mise en œuvre du schéma suivant :



Les termes de ce diagramme sont fortement polysémiques et, pour procéder à une clarification, notre analyse va se servir de ce schéma comme de plan. Nous commencerons par situer le problème de l'allocation des ressources, de quelles ressources il s'agit, et comment les économistes l'ont abordé. Puis nous passerons à la notion d'information qui est trompeuse et employée comme anodine alors qu'elle est plurielle et peut contenir certaines raisons profondes des crises économiques. Enfin nous expliciterons ces propriétés de mesurabilité qui sont trop souvent acceptées comme si elles se raccordaient de façon claire à la réalité.

Cette inspection conduit à prendre ses distances par rapport à la "rationalité" économique qui accueille cette notion d'efficience. Elle nous donnera les concepts utiles pour comprendre les marchés financiers à partir de leur description factuelle et non en les pensant comme certains économistes souhaiteraient qu'ils soient. Ceci fera apparaître une des raisons de la béance qui les sépare des questions de ressources naturelles, d'environnement et de biens publics non marchands.

I. Du côté de l'activité économique

Le point de départ de Fama pour traiter de l'allocation des ressources est le *signal* fourni par le marché : "the ideal is a market in which prices provide accurate signals for resource allocation: that is, a market in which firms can make production-investment decisions, and investors can choose among securities that represent ownership of firms' activities under the assumption that security prices at any time "fully reflect" all available information."⁴

Il se place à cet égard dans le sillage de Friedrich A. Hayek dont le remarquable article "The Use of Knowledge in Society" publié en septembre 1945 avait fortement marqué les esprits.⁵

Hayek et la décision décentralisée

Ce texte mérite d'être considéré avec beaucoup d'attention car, renouant avec le style des économistes classiques, Hayek y aborde le grand problème de "la décision décentralisée" avec toute la hauteur philosophique nécessaire, sans mathématiques. Il va sans dire que ce problème trouve de nos jours une nouvelle acuité avec la prise de conscience écologique de l'insuffisance pour l'environnement d'une éthique purement individualiste, sur quoi Jacques Ellul avait forgé le slogan "penser globalement et agir localement"⁶. Mais nous nous restreignons pour l'instant à un point de vue économique.

Hayek pose la question de savoir quel problème est à résoudre lorsqu'on essaie de construire un ordre économique rationnel. Le point intéressant est qu'il ne répond pas en disant qu'il s'agit de mettre en œuvre un modèle tel que celui de l'équilibre général de Walras. Son idée est beaucoup plus opératoire et sociologique, politique pourrait-on dire au sens de la recherche d'une organisation souhaitable de la cité. "Le caractère particulier du problème d'un ordre économique rationnel est déterminé précisément par le fait que la connaissance des circonstances dont nous devons faire usage n'existe jamais sous une forme concentrée ou intégrée, mais uniquement en tant que bits dispersés de connaissances incomplètes et souvent contradictoires que tous les individus possèdent séparément. Le problème économique de la société n'est donc pas simplement une question de savoir comment répartir les «données» des ressources, si par «donnée», on entend donnée à un esprit unique qui résout délibérément le problème posé par ces

⁴ "l'idéal est un marché où les prix fournissent des signaux précis pour l'allocation des ressources: c'est à dire un marché dans lequel les entreprises peuvent prendre des décisions de production-investissement et les investisseurs peuvent choisir parmi les titres qui représentent la propriété des activités des entreprises sous l'hypothèse que les prix des titres à tout moment 'reflètent pleinement' toutes les informations disponibles." *ibid*.

⁵ F. A. Hayek "The Use of Knowledge in Society" *The Amer. Economic Review*, Vol XXXV, n°4, sept 1945.

⁶ Voir la discussion "Transcendent and situated knowledge" du sociologue Andrew Abbott (Abbott 2004).

«données». Il s'agit plutôt du problème de savoir comment assurer la meilleure utilisation des ressources connues à l'un des membres de la société, à des fins dont ces personnes savent l'importance relative. Ou, pour le dire brièvement, c'est un problème d'utilisation d'une connaissance non disponible à chacun dans sa totalité."⁷

Lorsque Hayek parle ici de ressources, la suite de l'article l'indique clairement, il désigne toutes les ressources, naturelles mais aussi de connaissance, les savoirs et les savoir-faire, tout ce que peut utiliser une intelligence humaine. Si l'on pense à la succession des idées épistémologiques au 20^{ème} siècle, il est très remarquable que Hayek ait vu dès 1945 ce qui sera approfondi par la sociologie des sciences dans le dernier quart du siècle, que les connaissances objectives et universelles ne sont qu'une partie des savoirs et que "la connaissance des circonstances particulières de temps et d'espace" est un moteur majeur de la société moderne qui ne relève pas de la grande science.⁸ "Aujourd'hui, c'est presque une hérésie de suggérer que la connaissance scientifique n'est pas la somme de toutes les connaissances. Mais un peu de réflexion montre qu'il y a sous-jacente la question d'un ensemble très important de connaissances non organisées qui ne peuvent peut-être pas être appelées scientifiques dans le sens de la connaissance des règles générales : ce sont les connaissances des circonstances particulières de temps et de lieu."⁹

Puis Hayek souligne que les décisions économiques interviennent lorsqu'il y a à gérer des changements "Il vaut peut-être la peine de souligner que les problèmes économiques surviennent toujours et seulement à la suite d'un changement" et il insiste sur le fait que le talent de l'industriel est précisément de savoir se comporter lors de changements. "Dans un secteur industriel concurrentiel, en tout cas — et une telle industrie seule peut servir d'exemple — la tâche d'empêcher la hausse du coût nécessite une lutte constante, absorbant une grande partie de l'énergie du gestionnaire [...] La force du désir, constamment exprimé par les producteurs et les ingénieurs,

⁷ The peculiar character of the problem of a rational economic order is determined precisely by the fact that the knowledge of the circumstances of which we must make use never exists in concentrated or integrated form, but solely as the dispersed bits of incomplete and frequently contradictory knowledge

which all the separate individuals possess. The economic problem of society is thus not merely a problem of how to allocate 'given' resources—if 'given' is taken to mean given to a single mind which deliberately solves the problem set by these 'data.' It is rather a problem of how to secure the best use of resources known to any of the members of society, for ends whose relative importance only these individuals know. Or, to put it briefly, it is a problem of the utilization of knowledge not given to anyone in its totality.

⁸ Cf à ce sujet Bouleau N., "On Excessive Mathematization, Symptoms, Diagnosis and Philosophical bases for Real World Knowledge " *Real World Economics*. n 57, 6 September 2011, 90-105.

⁹ Today it is almost heresy to suggest that scientific knowledge is not the sum of all knowledge. But a little reflection will show that there is beyond question a body of very important but unorganized knowledge which cannot possibly be called scientific in the sense of knowledge of general rules: the knowledge of the particular circumstances of time and place.

d'être en mesure de gérer sans entrave par des considérations de coûts monétaires, est un témoignage éloquent de la l'importance de ces facteurs dans leur travail quotidien"¹⁰ et ce sont les circonstances locales et facteurs idiosyncratiques qui font que ces savoirs locaux ne peuvent être résumés par des statistiques.

Donc la pertinence d'un ordre économique est avant tout de permettre aux acteurs en situation de décision de réagir rapidement "Si nous sommes d'accord que le problème économique de la société est principalement une adaptation rapide aux changements dans les circonstances particulières de temps et de lieu, il apparaît donc que les décisions finales doivent être laissées aux gens qui sont familiers avec ces circonstances, qui voient directement les changements pertinents et les ressources immédiatement disponibles pour y répondre."¹¹ Pour cela le manager, en plus des savoirs locaux qu'il a par lui-même, a besoin de raccorder ses décisions au contexte, d'une connexion avec l'extérieur et c'est ce qui lui est fourni par *le système des prix*.

Hayek plaide ensuite, dans cet exposé brillant, le fait que le marché, ou plutôt le management grâce au système des prix, remplit bien le service de coordination des ressources de connaissance entre les divers acteurs, et que ce système "économise la connaissance" en fournissant uniquement les indicateurs dont le manager a besoin, en laissant de côté, les causes lointaines ou proches, éthiques ou autres, dont il n'a pas besoin.

Certes ce plaidoyer pour l'économie de marché est daté, entre la planification d'Etat et la coordination décentralisée par les prix, Hayek n'envisage pas véritablement les situations intermédiaires — qui nous intéressent particulièrement pour gérer la planète — où des connaissances extérieures aux prix sont ajoutées au système complétant les savoirs locaux par des faits globaux.

Mais ce n'est pas ce point que je souhaite approfondir dans un premier temps. Ce que dit Hayek, en simplifiant, c'est que l'organisation économique pour être efficace, au sens de pouvoir tenir compte de toutes les ressources de connaissance, doit être fondée sur un système de prix. Plus précisément si nous analysons son argumentation, ce sont *les changements de prix* qui sont les signaux absolument précieux dans cette coordination. "Supposons que quelque part dans le monde une nouvelle opportunité d'utilisation de certaines matières premières, par exemple l'étain, soit apparue, ou que l'une des sources

¹⁰ In a competitive industry at any rate — and such an industry alone can serve as a test — the task of keeping cost from rising requires constant struggle, absorbing a great part of the energy of the manager [...] The very strength of the desire, constantly voiced by producers and engineers, to be able to proceed untrammelled by considerations of money costs, is eloquent testimony to the extent to which these factors enter into their daily work. (p524)

¹¹ If we can agree that the economic problem of society is mainly one of rapid adaptation to changes in the particular circumstances of time and place, it would seem to follow that the ultimate decisions must be left to the people who are familiar with these circumstances, who know directly of the relevant changes and of the resources immediately available to meet them.

d'approvisionnement de l'étain se trouve tarie. C'est sans importance pour notre propos — et très significatif que cela n'en ait pas — que l'une ou l'autre des deux causes ait rendu l'étain plus rare. Tout ce que les utilisateurs d'étain ont besoin de savoir, c'est qu'une partie de l'étain qu'ils ont l'habitude d'utiliser a désormais un emploi plus rentable ailleurs, et qu'en conséquence ils doivent économiser l'étain."¹² *La variation* du prix de l'étain va se propager chez tous les utilisateurs et même sur les produits de substitution de l'étain. "C'est plus qu'une métaphore de décrire le système des prix comme une sorte de machine à enregistrer des changements, ou un système de télécommunication qui permet aux producteurs individuels de regarder simplement le mouvement de quelques indicateurs, comme un ingénieur regarde les aiguilles de quelques cadrans, afin d'adapter ses activités aux changements dont ils ne peuvent jamais en savoir davantage que ce que reflète le mouvement des prix."¹³

Hayek a certainement raison dans son analyse de dire que le jeu du système de prix est fondamental pour la bonne expression des savoir-faire dans l'économie vécue, mais le problème est qu'avec les marchés tels qu'ils fonctionnent actuellement au niveau international, le mouvement du prix de l'étain, *n'apparaît pas clairement*. Nous reviendrons sur ce constat paradoxal qui fait que la finance est inopérante comme outil de pilotage et nécessite des dispositifs d'information autres que les marchés.

Le système des prix, dans l'esprit de Hayek, est une sorte de distribution décentralisée de calculateurs qui fournit automatiquement ce qui est utile aux agents : "Sous une forme abrégée, symbolique en quelque sorte, seulement l'information la plus essentielle est transmise, et transmise uniquement aux personnes concernées". Il faut cependant noter que la fonction informative dont il parle est une fonction de *propagation*. Aussi serait-elle présente de la même façon si les prix étaient faussés par des ententes ou des manipulations. Il manque également au plaidoyer de Hayek tout le pan qui concerne la prise en compte de faits extérieurs à l'économie, en particulier comment se traduit le souci de l'environnement et du long terme dans les possibilités et les volontés d'agir à partir des prix.

Hayek utilise les termes *d'efficience* et *d'information* à propos du

¹² Assume that somewhere in the world a new opportunity for the use of some raw material, say tin, has arisen, or that one of the sources of supply of tin has been eliminated. It does not matter for our purpose— and it is very significant that it does not matter— which of these two causes has made tin more scarce. All that the users of tin need to know is that some of the tin they used to consume is now more profitably employed elsewhere, and that in consequence they must economize tin.

¹³ It is more than a metaphor to describe the price system as a kind of machinery for registering change, or a system of telecommunications which enables individual producers to watch merely the movement of a few pointers, as an engineer might watch the hands of a few dials, in order to adjust their activities to changes of which they may never know more than is reflected in the price movement.

système des prix¹⁴. Mais à bien le lire, on voit qu'il est vraiment opposé à toute démarche de quantification ou de modélisation mathématique forcément réductive (à visée implicitement de planification centralisée) qui dénature le mécanisme "merveilleux" foncièrement idiosyncratique.¹⁵

Malgré les réserves qu'il formulait à l'égard de la pensée englobante synthétique, les idées de Hayek ont été prolongées par des calculs dans le cadre d'une modélisation théorique, notamment par Leonid Hurwicz, pour une économie de marché soumise au double processus des prix et de l'avidité (greed process)¹⁶ ainsi que par les perfectionnements de la microéconomie dans la direction de la théorie des jeux. Le courant initié par Samuelson et Fama, mathématisation également, s'éloigne encore plus de la vision philosophique qu'avait Hayek de la sociologie de la connaissance.

Bien allouer les moyens de financement et éviter les gaspillages est une vaste problématique dont l'étude ne saurait se ramener à des recettes de manuel scolaire étant donnée l'évidente complexité de la socialité en jeu. Par défaut, on peut décrire des situations de gaspillage. L'économie soviétique dans la période de planification autoritaire — dont les choix techniques et les décisions d'aménagement du territoire inappropriés ont montré que les calculs du Gosplan pour fixer une commande centralisée conduisait assez souvent à de mauvaises répartitions alors qu'il n'y avait aucune pénurie — a été la source d'inspiration de nombreux économistes pour illustrer d'exemples leurs traités.¹⁷

En revanche pour ce qui est d'explicitier, sans acte de foi *a priori*, ce que gaspillage ou efficacité allocative signifient, les économistes en restent le plus souvent à des considérations assez vagues exceptée la remarque formelle et souvent répétée qui concerne la viscosité du marché : si la situation laisse subsister des possibilités d'échange mutuellement avantageux, alors l'efficacité n'est pas atteinte. Ce qui revient à dire que l'efficacité de Pareto

¹⁴ "I fear that our theoretical habits of approaching the problem with the assumption of more or less perfect knowledge on the part of almost everyone has made us somewhat blind to the true function of price mechanism and led us apply rather misleading standards in judging its efficiency" *ibid*.

¹⁵ "The marvel is that in a case like that of a scarcity of one raw material, without an order being issued, without more than perhaps a handful of people knowing the cause, tens of thousands of people whose identity could not be ascertained by months of investigation, are made to use the material or its products more sparingly; *i.e.* they move in the right direction." *ibid*. Nous ne procédons pas ici à l'étude de la pertinence des idées de Hayek en elles-mêmes (la connaissance décentralisée ne laisse-t-elle pas de côté des savoirs contextuels ou globaux importants, la granulométrie de cette décentralisation intervient-elle, les prix ne sont pas la seule source de repère économique etc.) qui constituerait au moins un ouvrage à elle seule, nous les présentons uniquement pour situer le registre de préoccupation quand on parle du rôle des prix pour informer l'entrepreneur.

¹⁶ Cf. Leonid Hurwicz "The design of Mechanisms for Resource allocation" Richard T. Ely Lecture *The Amer. Economic Review*, Vol 63, 2, 1-60, 1973. Egalement plusieurs chapitres de l'ouvrage *Mathematical methods in the social sciences 1959* - Stanford University Press 1960 : "Optimality and informational efficiency in resource allocation processes", "On informationally decentralized systems", etc.

¹⁷ Cf par exemple (Guesnerie 2006).

est une condition nécessaire, ce qui est peu contestable dans le cadre d'une modélisation admise.

Après cela ils tentent d'évaluer certaines cohérences comme de voir si la répartition du capital entre les titres égalise les taux de rendement ajustés en fonction du risque entre les épargnants et investisseurs. Ceux qui s'intéressent aux ressources naturelles étudient l'optimisation au cours du temps de l'exploitation des ressources¹⁸ selon des méthodes qui se réfèrent à une comptabilité par les prix des biens marchands et pour les externalités à des prix posés *a priori* (méthodes contestées par les travaux récents d'économistes de l'environnement).

L'analyse diachronique qui doit alors être menée soulève la difficulté que les signaux-prix sont ambigus. Et plus généralement, au delà de la micro-économie, l'allocation est à penser dans l'économie mondiale, pour l'agriculture, les matières premières, les relations avec le Tiers Monde, avec la volatilité des cours mondiaux et les aléas climatiques.

Lorsque René Dumont parle de la bataille contre le gaspillage (éclairage, eau douce dans les pays riches), de suppression de l'échange inégal, d'arrêt des ventes d'armes, etc., s'agit-il du même gaspillage que celui évité par les marchés fluides ? Quand Lester Brown insiste sur *le recyclage* remplaçant l'économie linéaire (de la mine à la décharge), est-ce la même efficience qui entre en jeu ?¹⁹

Il s'agit d'un vaste domaine de politique économique. Le sujet que le terme d'efficience convoque naturellement est de savoir quels outils conceptuels permettent d'approfondir, de mesurer, les vertus des divers marchés rencontrés en ce qui concerne la répartition des moyens d'actions économiques, en dépassant la seule référence à un équilibre walrassien fluide et en tenant compte des imperfections des marchés réels.

Les économistes, dès les classiques, s'étaient évidemment rendu compte que c'était un handicap d'être mal informé pour mener les affaires, aussi ont-ils abondamment, et par des voies très variées, utilisé *l'information* dans leurs modélisations. Comme ils n'étaient pas les seuls scientifiques à tenter de préciser la notion, loin de là, il nous faut faire un état des lieux.

¹⁸ Cf. la théorie de la croissance optimale Hotelling 1931, Solow 1974, Dasgupta-Heal 1974, Daly 2011.

¹⁹ R. Dumont *Mes combats*, Plon 1989. L. Brown *Eco-économie*, Seuil 2003.

II. L'information, mannequin de la connaissance

Depuis que les humains utilisent le langage, on s'est très tôt rendu compte qu'on pouvait parler pour ne rien dire. Les philosophes, pour écarter les sophismes, ont introduit la catégorie des jugements analytiques — sémantiquement analytiques comme "un chien est un animal" ou syntaxiquement analytiques comme "Si quand il pleut je reste chez moi, alors si je suis sorti c'est qu'il ne pleut pas" — qui ne nous apprennent rien sur le monde, au contraire des jugements synthétiques qui disent quelque chose. Ensuite vient la question de plus ou moins de contenu. Ce n'est qu'au vingtième siècle que les tentatives de quantification de la charge de signification sont parvenues à rendre service aux disciplines scientifiques.

Quelques acceptions de la notion hors du champ économique

L'idée la plus simple et la plus ancienne est de considérer qu'une telle jauge peut être constituée par le *degré de précision* de la description du monde dont il s'agit, ce qui rattache l'information à la théorie des erreurs de mesure et donc à la statistique dont une des premières applications fut conçue par Laplace pour évaluer si les déviations mesurées des planètes étaient *significatives* ou dues aux erreurs d'observation.

Information statistique

Les erreurs étant pensées dans un cadre probabiliste, le caractère plus ou moins resserré d'une loi de probabilité est bien qualifié par *la variance*. C'est l'idée à la base de *l'information de Fisher* (1925) qui exprime la précision que l'expérience statistique fournit sur un paramètre d'une loi de probabilité inconnue comme l'inverse d'une variance asymptotique lors d'épreuves répétées. La propriété que les variances s'ajoutent lors de l'addition de variables indépendantes donne à l'information ainsi définie des propriétés d'additivité et de croissance conformes à ce qu'on attend d'une "quantité d'information". C'est une grandeur matricielle (comme la variance et contrairement à l'information de Shannon). Une de ses expressions utilise le logarithme comme souvent les diverses formulations de l'information, qui transforme la multiplication (donc l'indépendance) en addition. Après la seconde guerre mondiale d'autres grandeurs voisines ont été définies comme *l'information de Kullback* qui qualifie une distance de deux répartitions de probabilité, donc la précision avec laquelle un paramètre d'une loi de probabilité pourra être statistiquement estimé.²⁰

²⁰ Cf. par exemple Montfort A. *Cours de statistique mathématique* Economica 1982.

Information probabiliste : transmission dans un canal

Une idée différente, quoique voisine, a été proposée par Shannon (1948) pour étudier la performance des codages préalables à l'envoi de signaux dans les canaux de transmission bruités.

Il nous faut écrire au moins une formule tellement elle eut un rayonnement symbolique dans tout le monde scientifique. Si p_i sont les probabilités des divers cas possibles disjoints, la quantité $S = -\sum p_i \log p_i$ est maximale lorsque tous les p_i sont égaux et cette expression possède des propriétés algébriques qui permettent de l'interpréter comme une information. Cette grandeur, appelée *entropie* par Shannon par référence à la formule de Boltzmann (1877) en thermodynamique statistique, permet d'étudier les transformations à faire subir à un message pour que le bruit dû aux erreurs de transmission (qui sont *toujours* présentes dans les canaux matériels ne serait-ce qu'à cause de l'agitation thermique) détériore le moins possible le message. Cette analyse est menée pour une famille de messages et non pour un seul, car elle utilise de façon essentielle la loi de probabilité de la répartition des messages. Il s'agit d'une procédure d'optimisation similaire à celle sur laquelle avaient travaillé les mathématiciens du signal pour *filtrer* les processus.²¹ Pour Norbert Wiener c'est cette généralisation qui permet le traitement mathématique : "La conception optimale de cet opérateur et de l'appareil par lequel il est réalisé dépend de la nature statistique du message et du bruit, en soi et conjointement. Nous avons donc remplacé dans la conception du filtrage des ondes des processus qui étaient anciennement de nature empirique et plutôt fortuits par un processus doté d'une justification scientifique approfondie."²² La même chose peut être dite d'autres méthodes de filtrage comme celui dit de Kalman. Ce point méthodologique qu'on ne traite pas ici un signal particulier mais qu'il est nécessaire de le considérer comme un tirage dans une collection probabilisée de signaux est tout à fait crucial car nous verrons qu'en économie ce plongement n'est pas du tout évident et que la seule réalité — parce qu'elle est une trace historique — est une trajectoire unique. Déjà en 1947 Wiener souligne cette remarque : "La transmission de l'information n'est possible que comme transmission d'alternatives. Si une seule éventualité doit être transmise, elle peut être envoyée plus efficacement

²¹ Le terme de *filtrage* est une terminologie consacrée inspirée de l'analyse en fréquence, ou analyse de Fourier, qui permet de ne conserver d'un signal que certaines de ses vibrations comme on filtre la lumière par des *filtres* colorés. Dans le cas de processus aléatoires l'analyse de Fourier a une extension probabiliste très puissante, mise au point par Wiener dans les années 1930-40 (cf. Bouleau 1988).

²² "The optimum design of this operator and of the apparatus by which it is realized depends on the statistical nature of the message and the noise, singly and jointly. We thus have replaced in the design of waves filters processes which were formerly of empirical and rather haphazard nature by a process with a thorough scientific justification." N. Wiener *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine* (1947) Hermann 1958.

et sans difficulté sans utiliser aucun message²³. Le télégraphe et le téléphone ne peuvent remplir leur fonction que si les messages qu'ils transmettent sont continuellement modifiés d'une manière non déterministe, et ils ne peuvent être conçus de manière efficace que si la modification de ces messages suit une certaine régularité statistique."²⁴

Norbert Wiener, tout en soulignant les difficultés mathématiques de l'extension de la théorie de Shannon et Weaver à des situations de messages continus et en temps continu, (qui seront par la suite surmontées dans le cadre de la branche de la théorie des probabilités appelée théorie ergodique) fait montre d'une grande tolérance sur l'usage des termes d'entropie et d'information. Il cite également Fisher et même le livre de Schrödinger *What is life ?* (1945) à propos de la transmission du code génétique et autres phénomènes de métabolisme des êtres vivants.

Pour lui l'information peut être une propriété d'un groupe : "Un groupe peut avoir plus d'information de groupe ou moins d'information de groupe que ses membres", il juge l'idée pertinente jusque dans des questions de comportement des animaux ou de jeux à la Von Neumann-Morgenstern : "Une des leçons du présent ouvrage est que chaque organisme est maintenu dans son action par la possession de moyens d'acquisition, d'utilisation, de conservation, et de transmission d'information." ²⁵

Entropie et information en thermodynamique

Rapidement après ces travaux, les physiciens ont réinterprété la formule de Boltzmann qui donne l'entropie d'un système grâce au logarithme d'une probabilité en proposant de lire cette entropie — au signe près — comme une information²⁶. Après la seconde guerre mondiale P. Demers, Dennis Gabor, J. Rothstein et surtout Léon Brillouin sont allés plus loin dans cette voie en réinterprétant l'expérience mentale dite du "démon de Maxwell" en terme d'information identifiée à de la *néguentropie* ainsi que beaucoup d'autres situations d'incertitude en physique statistique classique ou quantique²⁷. Brillouin aborde avec cet outil la question de l'information apportée par une expérience physique d'autant plus grande qu'elle est plus précise.

Plus tard Georgescu-Roegen consacrera de nombreuses pages dans son célèbre livre à reprocher à Brillouin cette extension de la notion

²³ Parce que les canaux de transmission ajoutent toujours des erreurs.

²⁴ The transmission of information is impossible save as a transmission of alternatives. If only one contingency is to be transmitted, then it may be sent most efficiently and with the least trouble by sending no message at all. The telegraph and the telephone can perform their function only if the messages they transmit are continually varied in a manner not completely determined by their past, and can only be designed effectively if the variation of these messages conforms to some sort of statistical regularity.

²⁵ *ibid.*

²⁶ On trouve chez Boltzmann déjà l'idée que l'entropie est un défaut d'information sur l'état fin du système, ce qui fut explicité par Szilard (1929).

²⁷ L. Brillouin *La science et la théorie de l'information* Masson 1959.

d'information²⁸. Parfois en termes très durs il considère que cette façon d'étendre intuitivement une idée vague ne va pas dans le sens de la science. "Je crains que nous soyons abusés lorsqu'on nous fait croire que dans ce principe [information = néguentropie] réside quelque chose d'important et de nouveau. Le risque que nous prenons est de poser des assertions vagues (outstretched)". Georgescu-Roegen souhaiterait une séparation claire qui réserve information pour ce qui est du codage des signaux et entropie pour la propriété physique. Cette attitude puriste peut sembler trop stricte à l'égard de la fécondité de la plasticité du sens qui est la matière même de l'interprétation²⁹. Mais elle est justifiée par l'amoncellement vertigineux — encore aujourd'hui — d'usages vaguement scientifiques du terme information.

Pourtant Brillouin est conscient du problème : "La présente théorie de l'information, écrit-il en conclusion de son ouvrage, ignore complètement la valeur de l'information manipulée, transmise ou transformée. Ce point a été soigneusement mis en évidence tout au long de ce travail. De nombreux autres auteurs ne semblent pas avoir saisi l'importance de cette restriction et de nombreux malentendus en ont résulté sur les possibilités de la théorie actuelle. Ce n'est qu'en laissant de côté la valeur humaine de l'information que nous avons pu construire une théorie de l'information reposant sur la statistique, cette théorie s'est cependant révélée très efficace."

Notons qu'il ne dit pas efficiente, mais lorsqu'il ajoute à propos de la quantification mathématique de la signification "tout critère relatif à la 'valeur' aura pour corollaire une évaluation de l'information reçue" on n'est pas loin de la démarche qui sera tentée par les économistes.

Comment peut-on faire la clarté sur cette querelle entre des esprits scientifiques de haut niveau tels que Wiener et Brillouin qui usent du terme d'information avec une grande tolérance et jugent l'idée pertinente jusque dans les questions les plus variées et des esprits plus vigilants du respect des définitions précises comme Georgescu-Roegen qui craignent un langage mou qui s'éloignerait de la démarche scientifique véritable ? Au delà de la tournure d'esprit plus aventurier des premiers, plus critique du second — comme il le montre dans son analyse des dogmes néoclassiques en économie — y a-t-il une condition qui permette de mieux cerner cette région où l'outil 'information' a quelque pertinence ? Wiener apporte très clairement la réponse. Tous les exemples qu'il prend sont des situations où il existe une production naturelle de situations semblables au sein desquelles le mathématicien peut raisonner. Pour des humains, il les considère en train de jouer à un jeu de hasard, pour les animaux, il considère l'espèce comme consistant en un ensemble de caractères répartis selon une certaine

²⁸ Georgescu-Roegen N., *The Entropy Law and the Economic Process* Harvard Univ. Press 1971

²⁹ Voir à ce sujet les belles pages d'Augustin Cournot sur le rôle de l'interprétation dans l'application scientifique du principe d'induction et ses "probabilités philosophiques" cf. N. Bouleau *Risk and Meaning* Springer 2011 chapitre II.

distribution.

Information algorithmique

Il existe également une notion d'information qui, au lieu d'utiliser des probabilités, se sert de la notion de complexité pour qualifier qu'un message est banal ou très original. Il s'agit d'une très belle théorie de logique mathématique qui, nonobstant le fait qu'elle traite d'algorithmes, est assez abstraite car fondée sur des concepts généraux. L'idée grosso modo consiste à dire que l'information d'une séquence binaire (suite finie de zéros et de uns) est la longueur du plus court algorithme qui l'engendre.

Les raisonnements sur les algorithmes ont été initiés par Alan Turing dans les années 1930, ils sont contemporains de ceux de Gödel sur l'incomplétude et de Church sur les fonctions récursives. Ils fournissent naturellement une hiérarchisation des notions mathématiques du concret vers l'abstrait³⁰. Les principaux protagonistes sont S. Kolmogorov et G. Chaitin, auxquels il faut ajouter R. Landauer et Ch. Bennett dont les travaux récents apportent un correctif aux vues de Brillouin sur l'interprétation du démon de Maxwell.

Comme les économistes n'ont pas utilisé l'information algorithmique, à ce jour, nous n'insistons pas davantage et renvoyons par exemple aux excellentes présentations de Jean-Paul Delahaye.³¹

Notions d'information utilisées en économie avant le tournant néolibéral

L'information logarithmique au sens de Shannon et Brillouin a rapidement diffusé comme outil dans les disciplines les plus variées et l'économie ne fit pas exception. Se rattachent à ce courant notamment les travaux de H. Theil (Theil 1965, Theil 1967) qui considère des grandeurs économiques selon leur répartition graduelle pour les affecter d'une loi de probabilité et étudie comment l'information associée se transmet à travers les transactions économiques. Ainsi pour analyser la demande, on peut répartir les achats de biens par un agent en proportion de la totalité de ses dépenses. Cette voie est aujourd'hui très utilisée dans tous les domaines de la science³² et n'établit pas une relation spécifique entre information et économie.

Pour traduire et prolonger les idées de Hayek sur le fait que les prix sont des indicateurs chargés de signification pour les agents économiques, ce

³⁰ Cf N. Bouleau, *Philosophies des mathématiques et de la modélisation* L'Harmattan 1999, p42 et seq. Voir également Bouleau N., Girard J.-Y., Louveau A., *Cinq conférences sur l'indécidabilité* Presses des Ponts 1983 <http://arXiv:0711.4717>

³¹ J.-P. Delahaye *Complexité aléatoire et complexité organisée*, Quae, 2009; "Information, complexité, hasard" 17-02-2007 en ligne.

³² Exemple entre mille : en mécanique pour la dynamique des structures : Soize 2000.

n'est pas de l'information logarithmique dont les économistes ont besoin. Regardons comment raisonne Jean Tirole lorsqu'il perfectionne les raisonnements microéconomiques dans le cadre de la théorie des jeux (Tirole 1988). Il considère deux entreprises en concurrence avec "asymétrie d'information" ce qui signifie simplement que l'une des firmes a accès à des données ou des mesures inaccessibles à l'autre. En particulier elle sait en général ses coûts de production et peut souhaiter les faire connaître ou non à sa concurrente, etc. Ce qui n'empêche pas que ces données soient entachées d'incertitudes³³. Il s'agit là d'une conception propre à la science économique qu'il nous faut analyser.

L'information champ-de-vision

Lorsque Fama évoque le cas où "les prix reflètent toute l'information disponible (available information)", expression reprise des milliers de fois, dans les articles et dans les manuels, que signifient les termes "information" et "reflètent" ? S'agit-il de connaissance ? Non, les économistes tiennent évidemment à distinguer cette grande chose qui avance lorsqu'ils font de la recherche et le fait ordinaire que les agents ne disposent pas chacun de toutes les données. Il s'agit donc de l'idée qu'on ne voit pas tout, il y a des parties cachées. Comme dans un théâtre, il y a la scène mais on peut être gêné par le rideau ou des piliers. De même le photographe dispose d'un faisceau de rayons lumineux limité par l'ouverture du diaphragme. Nous l'appellerons l'information champ-de-vision.

Notons qu'il s'agit d'une conception très positiviste. Implicitement la pensée économique voit le monde comme *un mécanisme* susceptible d'une description objective, approchée par des modèles, mécanisme dont les agents connaissent plus ou moins les paramètres et les rouages. La scène du monde est implicitement la même pour tous les agents, simplement ils ne voient pas tout.

Bien sûr, leur vision n'est pas forcément parfaite, un peu floue, ils attribuent alors des probabilités à ce qu'ils perçoivent (les économistes appellent cela les *croyances*). La notion d'information champ-de-vision est donc compatible avec la théorie des probabilités subjectives (Ramsey, De Finetti, Savage) dans laquelle chacun attribue des probabilités aux événements selon son expérience. Il s'agit d'une "logique des croyances partielles"³⁴. Les paradoxes tels que celui de St Petersburg sont évités par le fait que les joueurs cherchent à optimiser non l'espérance de leur gain mais l'espérance de *l'utilité* de leur gain.³⁵ Les fonctions d'utilité doivent satisfaire

³³ Cf. également Milgrom et Roberts 1982 et 1986.

³⁴ "The subject of our inquiry is the logic of partial belief " F. P. Ramsey, "Truth and probability" in *The foundations of Mathematics* R. B. Braithwaite ed. Routledge & Kegan Paul 1931.

³⁵ Le paradoxe de St Petersburg est un résultat classique surprenant du calcul des probabilités (comme il y en a beaucoup) qui décrit une situation où l'on ne souhaite pas se comporter comme dicterait la maximisation de l'espérance de son gain. Il a été découvert par Daniel Bernoulli au 18ème

certaines conditions que l'on peut expliciter pour que le comportement du joueur soit cohérent, rationnel au sens précis d'être à l'abri de pertes évidemment exploitables par un autre joueur. Avec le fameux traité de J. Von Neumann et O. Morgenstern (1953), la théorie des jeux et les fonctions d'utilité deviennent un moyen de justifier les liens entre les équilibres économiques et le comportement des agents. On englobe parfois sous le terme de *théorie de la décision* ces idées qui s'accordent bien avec les techniques statistiques fondées sur des raisonnements sous une probabilité *a priori* dites méthodes bayésiennes.

Dans sa forme déterministe on voit que l'information champ-de-vision satisfait à une structure algébrique très simple d'ordre partiel qui est celle de l'algèbre booléenne des sous ensembles de la scène. On a plus d'information si on voit davantage. Il n'y a pas de problèmes d'interprétation ici, les agents voient tous la même chose. C'est encore vrai pour la forme probabiliste qui évacue aussi les interprétations divergentes quoique sous un formalisme mathématique plus sophistiqué.

Or, évidemment le monde ce sont aussi des projets, des intentions, des volontés, et les lectures que peuvent en avoir les agents économiques ne se réduisent pas à assigner des probabilités à un champ d'éventuel sur lequel tout le monde serait d'accord.

Les conflits d'interprétation, c'est-à-dire l'opposition entre deux ou plusieurs façons de comprendre la réalité économique, sont un déchirement social toujours à l'origine des crises et nous voyons que dès son principe la théorie de l'efficience passe à côté de l'explication de phénomènes économiques majeurs.³⁶

Les prix comme résumé informationnel

Au cœur de l'argumentation économique, encore aujourd'hui, se trouve la théorie d'Arrow-Debreu de l'équilibre général qui perfectionne le thème de l'équilibre des prix traité par Léon Walras et Jevons comme résultat de l'offre et de la demande, en démontrant l'existence par un argument de point fixe.

Dans sa forme sans incertitude (Arrow-Debreu 1954) on a une économie finie à k biens et m consommateurs (acheteurs-vendeurs) disposant de ressources qui sont des paniers de biens, et dont les souhaits sont décrits par des fonctions d'utilité régulières. Pour chaque répartition de prix chaque agent peut déterminer le panier dont il aimerait disposer. On dit qu'un équilibre est atteint si la répartition de prix fait que les paniers souhaités ainsi sont compatibles avec les quantités totales de chaque bien. Il est évident que

siècle. Si on considère non l'espérance du gain mais l'espérance d'une fonction croissante concave du gain le paradoxe disparaît. Une telle fonction est l'origine de la notion d'*utilité* qui sera abordée de diverses façons et perfectionnée par les économistes classiques et néoclassiques aux 18ème et 19ème siècles notamment Smith, Ricardo, Say, Dupuit, Cournot, Auguste et Léon Walras, etc.

³⁶ Cf. par exemple sur la crise des subprimes Bouleau 2009 chapitres XIV-XVI, et Bouleau "Malaise dans la finance, malaise dans la mathématisation" *Esprit*, fév. 2009, p.37-50.

si les prix ont cette propriété, chaque consommateur n'a pas à se préoccuper de problèmes globaux, ni de ce que font les autres il n'a qu'à acheter et vendre pour optimiser son utilité sans même chercher à comprendre celle des autres.

On commente ce phénomène dans les manuels en disant que les prix d'équilibre "contiennent toute l'information sur l'économie dont les individus ont besoin".

Si l'on garde à l'esprit la propriété mathématique ainsi qualifiée, on voit qu'il s'agit d'un type d'information qui s'apparente à l'information champ-de-vision mais selon une variante qui concerne le nombre de paramètres utiles dans le problème. C'est une situation de théorie du contrôle des systèmes. Est-il possible de piloter un avion en ne se servant que de six, neuf ou douze paramètres sur sa position, sa vitesse, son accélération ?

Evidemment cette propriété que les prix d'équilibre sont une information suffisante pour chacun ne répond pas — en soi — à la question de la décision décentralisée posée par Hayek car pour calculer l'équilibre il faut connaître toutes les fonctions d'utilité. A moins que les "tâtonnements" de tous les agents y conduisent automatiquement. On touche du doigt une des grandes faiblesses de ce type de raisonnement qui réside dans le fait que les ajustements se déroulent *dans le temps*, et que dans la théorie comme dans les marchés réels le temps modifie le contexte et l'expérience donc les motifs des agents, nous verrons que c'est une des raisons pour lesquelles dans les marchés financiers les prix ne "contiennent" pas "l'information" qu'on attendrait.

En restant dans un monde fini, le cas où il y a un aléa sur les états de la nature et plusieurs dates successives peut être traité de façon analogue (marchés contingents). Mais pour que les prix puissent avoir les mêmes vertus, il faut en augmenter le nombre en supposant l'existence de titres mis en marchés pour les biens contingents. Autrement dit, l'existence de marchés financiers dérivés a trouvé une justification théorique dans ces travaux (Arrow 1953, Debreu 1953, Radner 1972) comme permettant de préserver les propriétés du marché de "contenir assez d'information dans les prix". La mise en place institutionnelle mondiale des marchés organisés dans les années 1970-80 en résulte. Dans le modèle d'équilibre d'Arrow-Radner, l'équilibre existe mais n'est pas nécessairement unique. Debreu a montré qu'il y avait un nombre fini d'équilibres. Cette théorie, classique maintenant, des marchés contingents contient ce qu'on appelle le CAPM (capital asset pricing model) ou MEDAF en français (cf. Dana et Jeanblanc-Picqué 1988).

Dans tous ces modèles d'équilibre ou d'optimisation type CAPM, il est considéré qu'il existe une loi de probabilité "au dessus de tout ce qui se passe" qui régit tout et que connaît le modélisateur. Nous verrons que les marchés financiers réels vont à l'encontre de cette hypothèse et que la phrase "les prix contiennent toute l'information utile" quel que soit le sens précis qu'on lui

donne, ne s'applique pas à la finance même avec tous ses marchés dérivés.

Ces travaux raisonnent avec un monde fini et à temps discret comme il est souvent d'usage en économie suivant le principe que le continu n'est qu'une question de passage à la limite et qu'on a peu de souci à se faire à cet égard puisque les idées économiques sont en place.

L'étape suivante, donc de passer au temps continu, était indispensable pour approcher les marchés financiers réels. Elle s'est avérée beaucoup plus difficile qu'on imaginait parce que les modèles contingents à temps discret n'ont pas de dérivée par rapport au temps lorsque le pas de temps se raffine. Les économistes dans le sillage du langage néoclassique font des modèles d'équilibre à *temps discret*. On dit aux étudiants que c'est une "coutume" en économie, que c'est pour se concentrer sur les questions véritablement importantes, que cela ne change rien... Nous verrons au contraire que cela change assez profondément la signification épistémologique des modèles.

Information et connaissance

Avant d'aborder cette étape ultime, profitons des observations précédentes pour approfondir les traits du concept de connaissance qui le distinguent de la notion d'information. Les notions d'information que nous avons rencontrées se rangent dans deux grandes catégories : l'information champ-de-vision, idée où le hasard n'intervient pas ou bien est rajouté après coup, et toutes les autres acceptions qui sont probabilistes et expriment de diverses façons la précision d'une répartition de probabilité.

La première catégorie fait partie des propriétés ordinaires de la représentation et n'a pas été pour les philosophes source d'étonnement. Depuis l'Antiquité on sait que l'observation ne fournit que des éléments parcellaires, phénomènes, qui ne sauraient atteindre la chose en soi ou noumène (fameuse distinction de Kant). On a dans ce type d'information un aspect basique de la question de la représentation qui concerne, quant à elle, des questions plus difficiles, et occupera l'un des deux pans de la philosophie de Schopenhauer puis toute l'épistémologie du vingtième siècle. Le seul point à souligner est qu'elle ne porte, en tant que telle, que sur des situations où la réalité du champ des faits considérés est unique et sans ambiguïté. Aussi l'information champ-de-vision laisse-t-elle souvent un arrière goût de positivisme dans la mesure où la réduction de la science à ce mannequin est typiquement une conception de la science où la pluralité des interprétations n'est que transitoire et se constitue progressivement en un savoir objectif et universel comme si on soulevait un grand voile sur la réalité.

En revanche dès qu'il est question d'incertitude et d'aléa, se pose immédiatement la question de la légitimité des frontières précises du domaine dont s'occupent ces mathématiques probabilistes. La quantification de l'incertain est une éviction du sens or c'est la *signification* de l'événement qui fait le risque. La représentation probabiliste des risques est classiquement *un couple* de grandeurs mathématiques, une loi de probabilité qui gouverne les états qui peuvent se présenter, et une variable aléatoire, c'est à dire une fonction qui à chaque état fait correspondre un dommage, un coût (compté algébriquement s'il y a aussi des avantages). Cette représentation est un schéma trop idéal parce qu'on n'est quasiment jamais dans une situation où ce modèle est bien renseigné. On ne connaît pas les queues de lois de probabilité parce qu'elles concernent des événements rares sur lesquels non seulement les données sont insuffisantes mais les vraisemblances très subjectives. On ne sait pas quelles corrélations il y a pour évaluer les dommages et on ne dispose pas d'une description complète de ce qui peut se passer. Cette formalisation ne laisse-t-elle pas de côté l'essentiel en évacuant les raisons qui nous font nous intéresser aux événements, en faisant comme si leur traduction en coût pouvait se faire automatiquement et objectivement ? L'opération intellectuelle qui consiste à probabiliser une situation est fondamentalement un effacement

de la signification. Elle est largement problématique pour tout ce qui concerne le comportement des hommes. L'analyse des risques est forcément *compréhension* d'interprétations. Ramener un doute à une distribution de probabilités de montants monétaires revient à faire confiance à la mathématisation comme *approximation* comme s'il s'agissait de la réalité physique alors qu'il est question de *sens* dont la subjectivité s'infiltré dans toutes les relations sociales des agents.³⁷

Le sens est lié à la motivation. Sans approfondir la variété des solutions que les philosophes ont envisagées à la question du noumène, est révélatrice celle qu'avança Schopenhauer au début du 19^{ème} siècle en proposant de substituer à la chose en soi de Kant, sur laquelle par définition on ne peut rien dire, *la volonté* qui se relie à la connaissance par le pouvoir que celle-ci engendre.

Mathématiser fige une interprétation en ne gardant que sa syntaxe. Déjà on peut facilement voir que les règles analytiques de logique qui sont la charpente préalable à toute mathématisation ne saisissent pas ce que Chomsky appelait la structure profonde du texte. Prenons le célèbre énoncé de Kant "Tu dois donc tu peux" il est logiquement équivalent, d'après le calcul propositionnel, à la proposition "Tu ne peux pas donc tu ne dois pas". Or ce que dit Kant c'est que tu dois te mettre dans l'état d'esprit de surmonter les difficultés qui seront sur la voie que ton devoir dessine tel que tu le saisis. Alors que la seconde assertion signifie que ton devoir est subordonné à tes possibilités, on regarde d'abord ce qu'on peut faire et dans ce champ on regarde ce qu'on doit faire, la morale est une affaire de la bonne gestion.

La volonté ouvre la dimension temporelle, alors que la mathématisation procède comme si le processus interprétatif de la réalité était clos, uniquement enrichi de données chiffrées nouvelles. Beaucoup de penseurs au vingtième siècle se sont inquiétés de ce pouvoir dû au traitement quantitatif de l'information qui avance sans que soit explicitée la volonté qui devrait le conduire.

Le philosophe Karl Jaspers fait à cet égard une distinction fondamentale entre entendement et raison : "La pensée de *l'entendement* invente et crée. Ses prescriptions peuvent être exécutées et multiplier ses réalisations en les répétant indéfiniment. Il en résulte une organisation du monde dans laquelle quelques cerveaux construisent des machines, créant pour ainsi dire un second univers dans lequel par la suite les masses servent en tant qu'agents d'exécution." L'entendement c'est ce qui n'implique pas la volonté des gens de choisir ce qui va donner sens à leur vie, par sa rationalité opératoire il est ce qui fait fonctionner l'utilitarisme. "L'autre façon de penser, celle de *la raison*, ne permet aucune exécution d'après les indications données aux masses, mais elle exige que chacun pense en homme libre, en remontant à

³⁷ Voir Bouleau sept 2011, pour l'étude plus générale de situations épistémologiques où la mathématisation est excessive.

l'origine des choses. Ici la vérité n'est pas révélée par une machine que l'on peut reproduire à volonté, mais attestée par le choix, la décision, l'action que chacun accomplit en tant que soi-même, réalisant ainsi avec d'autres un esprit commun."³⁸ La raison, comme l'entendement, irrigue le social mais d'une autre façon. Elle active le citoyen, les associations pour des buts, l'action politique.

Une distinction similaire est faite par Heidegger entre pensée calculatoire et pensée méditative : "la conception, écrit-il, qui fait du langage humain un instrument d'information s'impose toujours davantage. Car c'est la définition du langage comme moyen d'information qui seule a fourni la raison suffisante sur laquelle repose la construction des machines à penser et des grandes machines à calculer. Mais, en même temps que l'information informe, c'est-à-dire renseigne, elle in-forme, c'est-à-dire dispose et dirige. L'information, en tant que transmission de nouvelles, est donc aussi le dispositif qui donne à l'homme, à tous les objets et à tous les fonds, une forme telle qu'elle suffise à assurer la domination de l'homme sur la terre entière et même au-delà de la terre."³⁹

Aussi bien la connaissance économique qui tend à s'imprégner de plus en plus de mathématiques et de traitements informatiques est porteuse également de pouvoir et de volonté. La sociologie des sciences y a vu l'expression de sa *performativité* (Callon 2006) en ce sens que la connaissance qu'elle fabrique modifie son objet d'étude. Quand on pense à la force du capitalisme d'imprégner les comportements humains ordinaires, il faudrait plutôt dire que la pensée économique est *conformative* en désignant par là le fait qu'elle incite vivement l'individu en relation avec d'autres qui optimisent leurs coûts à se comporter de même et à *négoier* sur tous les sujets. C'est une question où les préoccupations environnementales réactivent les prises de conscience des philosophes.

³⁸ Karl Jaspers, *La bombe atomique et l'avenir de l'homme* (1958).

³⁹ Martin Heidegger, *Le principe de raison* (1957), trad. A. Préau, Gallimard 1962, où il exprime ses craintes à propos de l'atome.

III. Après le tournant néolibéral : notion d'efficience pour les marchés à temps continu

Pour aborder maintenant de plus près la finance contemporaine, rappelons où nous en étions, nous avons distingué

L'information inverse-de-variance à laquelle se rattachait l'information de Fisher et celle de Kullback utilisées en statistiques.

L'information probabiliste logarithmique introduite par Shannon qui concerne la transmission des signaux aléatoires dans les canaux bruités qui fut rapprochée de l'opposé de l'entropie par Brillouin dans une extension de sens qui ramifia dans de nombreuses disciplines.

L'information algorithmique quant à elle, n'a pas besoin de probabilités, elle concerne la complexité d'un message particulier et se rattache à la branche de la logique mathématique des fonctions récursives.

L'information champ-de-vision utilisée en économie pour tenir compte de ce que les agents n'ont pas tous accès à toutes les données, à tous les faits.

Enfin nous avons vu que la vertu des prix, dans les modèles d'équilibres qui sont au cœur de l'orthodoxie libérale, de "contenir toute l'information utile aux agents" se rattache à la *théorie du contrôle* et désigne la propriété qu'un certain nombre de paramètres est suffisant pour piloter un système.

Nous avons noté que dans un monde incertain les raisonnements établissant les propriétés des prix d'équilibres pouvaient être étendus, à condition d'introduire des titres négociés donc des marchés financiers. Les modèles classiques Arrow-Debreu et Arrow-Radner étant à temps discret il restait dans les années 1960 à étendre l'argumentation sur les prix d'équilibre au cas de marchés à temps continu.

L'efficience selon Fama

Le vent du néolibéralisme et de la déréglementation commençait à souffler avec le début de l'ère Thatcher-Reagan, lorsque les idées de Fama se répandirent. Sa définition "un marché dans lequel les prix 'reflètent pleinement' en permanence l'information disponible est appelé efficient" abondamment reprise a tout de même suscité une gêne chez certains économistes qui parlent prudemment à ce sujet d'"efficience informationnelle" pour souligner combien elle s'est éloignée de l'"efficience allocative".

De quelle information s'agit-il ?

L'information-filtration

La notion proposée prend sens à l'intérieur d'une modélisation par un processus aléatoire (X_t) . Elle dépend du modèle. Elle est fondée sur la notion de famille croissante de sigma-algèbres c'est-à-dire sur la notion de *filtration*,

(cf. encadré). Un processus aléatoire définit une filtration propre qui est la plus petite par rapport à laquelle il est adapté, c'est *sa filtration naturelle*, notons la (F_t) . Si ce processus satisfait l'hypothèse des prix actualisés de Samuelson alors il vérifie

$$X_t = E[X_{t+s} | F_t]$$

c'est à dire qu'il a *la propriété de martingale*.

Une martingale est la représentation mathématique d'un jeu de hasard du point de vue d'un joueur dont l'espérance de gain est nulle, autrement dit d'un jeu équilibré. Le point crucial est que la partie suivante fait intervenir du hasard nouveau, indépendant de ce qui s'est passé. Cette théorie mathématique est très aboutie et rend compte parfaitement des jeux de hasard (cf. Bouleau 1988, Meyer *et al.*, 1965-1992).

C'est sur ce cas qu'insiste Fama au point que plusieurs auteurs assimilent l'hypothèse de marchés efficients (EMH) au fait d'être modélisable par une martingale.

Mais le processus peut fort bien être une martingale par rapport à une filtration plus grosse que (F_t) , par exemple par rapport à la filtration (G_t) engendrée par (X_t) et un autre processus (Y_t) . C'est une propriété d'autant plus forte et exigeante que (G_t) est grande.

Fama propose de penser les filtrations comme de l'information. Il parle de "la valeur espérée sur la base de l'information G_t " pour dire l'espérance conditionnelle $E[X_{t+s} | G_t]$.

Comme les filtrations sont des ensembles de parties, on peut en faire des intersections. On a donc les mêmes propriétés algébriques que l'information champ-de-vision, sauf que maintenant la scène n'est plus les données économiques factuelles, mais un processus aléatoire ou une famille de tels processus.

L'information filtration

Il s'agit d'une notion relative aux processus aléatoires. Lorsqu'un processus aléatoire est connu jusqu'à l'instant t , on considère que toute fonction ou transformation déterministe de trajectoire est aussi "connue". L'ensemble de toutes les fonctions de trajectoires ainsi obtenues de façon déterministe ne forment pas toutes les fonctions du temps puisqu'il y a aussi d'autres fonctions qui sont engendrées en se servant d'un hasard nouveau.

Si on note F_t cet ensemble de choses connues lorsqu'on connaît le processus (non seulement une trajectoire mais tout le processus) jusqu'à l'instant t , évidemment F_t est croissant, au sens de l'inclusion des ensembles, lorsque t croît. La famille (F_t) constitue *la filtration* du processus aléatoire étudié. Mathématiquement F_t est une sigma-algèbre ou tribu, (nous expliquerons plus au détail cette notion au paragraphe suivant).

Maintenant, on peut faire cela pour un couple de processus (X_t, Y_t) c'est-à-dire un processus à valeurs dans les couples de nombres. On voit alors que la filtration de (X_t) est contenue dans celle de (X_t, Y_t) . Si on connaît (X_t, Y_t) on connaît aussi (X_t) , les

filtrations peuvent être vues comme l'information contenue dans un processus aléatoire au cours du temps.

Une découverte importante, due à Kolmogorov en 1930, est qu'on sait donner un sens précis à la projection d'une grandeur aléatoire sur une tribu. C'est l'*espérance conditionnelle*. Lorsqu'on a un processus (X_t) avec sa filtration (F_t) on peut donc considérer la projection de X_{t+s} sur F_t . Si cette projection est égale à X_t le processus est une *martingale*. Dans ce cas la grandeur $X_{t+s} - X_t$ est *orthogonale* à X_t et à toutes les fonctions qui sont dans F_t .

Cette notion d'orthogonalité est au sens de la non-corrélation.

Qu'est-ce qu'une sigma-algèbre ou tribu ?

Donnons quelques détails techniques pour que le lecteur mesure l'abstraction des notions mathématiques auxquelles on fait appel avec l'information-filtration. Une sigma-algèbre — on dit aussi tribu — est une famille de sous-ensembles d'un même ensemble, stable par les opérations de réunion dénombrable et de complémentation. C'est une notion utilisée depuis Emile Borel et Henri Lebesgue dans la théorie mathématique de la mesure et de l'intégration au cœur de l'axiomatique de Kolmogorov sur laquelle est fondé aujourd'hui encore le calcul des probabilités. En particulier cela permet à Kolmogorov de définir correctement le concept d'espérance conditionnelle (Kolmogorov 1933) sur lequel est fondé la notion de martingale (Neveu 1964, 1972). Une filtration est une famille de tribus indexée par le temps croissante (au sens de l'inclusion puisqu'une tribu est un ensemble de parties). Un processus aléatoire définit automatiquement une filtration qui lui est naturelle (cf. Bouleau 1988).

Comment imaginer cette notion de tribu ou sigma-algèbre ?

La plus simple et le plus couramment utilisée est la *tribu borélienne* qui est la plus petite tribu contenant les intervalles ouverts de la droite réelle. A partir des intervalles ouverts elle contient également

- les intersections dénombrables d'intervalles ouverts
- les réunions dénombrables d'ensembles de la classe précédente
- les intersections dénombrables d'ensembles de la classe précédente
- etc.

et une fois fait *indéfiniment* cette alternance de réunions et d'intersections, les ensembles obtenus ne forment encore pas toute la tribu borélienne. *Il faut prolonger cette procédure un nombre de fois égal au premier ordinal non dénombrable pour obtenir toute la tribu !* Ajoutons que les mathématiciens ne savent pas bien la grandeur de cet ordinal qui dépend de l'hypothèse — indécidable — du continu.⁴⁰

On voit que la notion de filtration est d'une abstraction vertigineuse. Il

⁴⁰ Cf. N. Bouleau, J.-Y. Girard et A. Louveau, *Cinq conférences sur l'indécidabilité* Presses des Ponts, 1983; arXiv:0711.4717.

est hors de question de l'approcher empiriquement. Elle est un outil pour les mathématiciens.

Des marchés plus ou moins propices à la spéculation ?

Comme on a changé de scène, on a changé de problème. On est maintenant dans la théorie des jeux de hasard qui ont été mathématisés dans le courant du vingtième siècle grâce à l'axiomatique de Kolmogorov de façon extrêmement convaincante et riche de prolongements mathématiques divers, appelée "calcul stochastique" où l'école française s'est brillamment illustrée sous l'impulsion notamment, pour ne citer qu'un seul nom, de Paul-André Meyer.

La question a glissé vers celle de savoir si on peut spéculer avec profit. Rappelons ce que nous avons dit plus haut que devant la complexité pratique de définir un marché économiquement pertinent les économistes ont souligné *a minima* qu'un marché dans lequel des échanges mutuellement profitables étaient possibles n'était pas parfait. D'où l'étude de marchés sur lesquels de tels profits seraient impossibles.

Cela dépend des propriétés du processus aléatoire (X_t) étudié et en particulier vis-à-vis de quelles filtrations il est une martingale. Si c'est le cas pour sa filtration naturelle, il est soumis aux lois mathématiques des martingales et quelle que soit la stratégie non-anticipative, l'espérance de gain sur un horizon borné sera nulle (théorème d'arrêt de Doob). S'il est une martingale par rapport à la filtration de (X_t) et (Y_t) , l'espérance de gain restera nulle même si on utilise dans sa stratégie non-anticipante les valeurs de Y_t qui peut être corrélé avec X_t .

Le langage de l'information est utilisé couramment par les mathématiciens pour parler de sigma-algèbres et de la façon dont elles sont engendrées. Mais comment cette information-filtration reflète-t-elle la réalité économique ? On ne sait pas. Les statistiques et l'économétrie ne fournissent pas des sigma-algèbres. Comment se modifie-t-elle lorsqu'on apprend que la Fed a changé son taux directeur ou que la Chine a acheté des terrains agricoles ou métallifères en Afrique ? Nous retrouvons la question philosophique évoquée plus haut. "Information" ressemble à "connaissance", c'en est un mannequin, ici nous avons un tel mannequin grâce aux filtrations de processus aléatoires, et la question de nourrir de sens ce mannequin reste entière. Si je suis initié, comment ma sigma-algèbre H_t reflète-t-elle ce que je sais ? H_t est une propriété de mesurabilité indexée par le temps. N'oublions pas qu'un processus aléatoire est caractérisé par une infinité de lois marginales multidimensionnelles.

Ce monde de processus est un vaste casino. C'est le cadre de l'analyse stochastique dans lequel s'exprime la théorie de l'arbitrage. Il a sa cohérence logique en tant que tel. Mais il est complètement séparé de la scène initiale qui était celle de l'activité économique, et ceci renforce sur le plan conceptuel l'isolement de la finance. Il est disjoint de l'activité économique pour deux

raisons.

En premier lieu l'information-filtration est relative à un monde *déjà codé*, un monde de processus aléatoires, que l'on peut étudier, dont on peut considérer des exemples numériques, sur lequel on peut raisonner en utilisant tous les outils mathématiques de l'analyse stochastique. La difficulté qui était l'ambition de départ du projet était de relier ce qui se passe sur le terrain pour penser le gaspillage à un système de représentation. C'est donc le procédé de codage qui est le passage intéressant dans cette ambition. Qu'est-ce qui change sur les filtrations lorsque le chômage augmente, lorsque la BCE accorde un prêt, lorsque les OGM sont autorisés ou interdits ? On n'a pas les moyens de le savoir. Ce genre de question est laissé en suspens comme si les progrès de la science économique allaient s'employer à la résoudre.

Mais est-ce que cela signifie qu'avec cette information-filtration on raisonne comme si le monde était un monde de prix ? Comme si le codage étant fait sous la forme des prix (de marchés, ou imposés par des monopoles, ou l'Etat, etc.), les agents avaient plus ou moins accès à ces filtrations. Pas du tout, et c'est la seconde raison de l'isolement abstrait de l'idée d'information-filtration. Dans un monde de prix, il n'y a aucun processus aléatoire, il n'y a *qu'une seule trajectoire* de l'ensemble des prix. On n'a aucun moyen de savoir comment telle ou telle catégorie de phénomènes économique modifie les sigma-algèbres du processus qu'on a imaginé à partir de la trajectoire unique dont nous disposons.

On peut repérer cette trajectoire en fonction du temps, c'est le "spot" du cours (éventuellement multidimensionnel). Mais de cette trajectoire unique tirer une filtration est un non-sens mathématique.

Pour passer d'une trajectoire unique, la seule chose que nous donne l'économie, à un processus il faut "inventer" toutes les autres trajectoires parmi lesquelles celle-ci a été tirée. Cela peut se faire dans certains cas d'école comme en ont rencontré les physiciens où, sur la durée, la trajectoire révèle la famille dont elle est issue (ergodicité). Mais en économie les circonstances ne se présentent pas plusieurs fois. Même les lois marginales unidimensionnelles ne sont pas connues.

Aux deux bouts l'idée d'efficience est *un passage en force* : du côté de l'économie vécue la notion d'information est réductrice à l'extrême, du côté du prix spot observé on ne voit pas les sigma-algèbres utilisées.

Il faut absolument distinguer deux objectifs méthodologiques.

a) la description des trajectoires des cours sur les marchés financiers, élaboration des meilleurs modèles pour les décrire,

b) l'analyse des fonctions économiques remplies par les divers marchés.

Sur les marchés où la spéculation est possible pour des achats et ventes permanents de quantités quelconques, la question a) se trouve avoir une réponse partielle évidente : si la tendance était claire elle modifierait

instantanément la valeur du spot. Donc la tendance ne peut pas être claire. Cet argument peut se perfectionner si on adopte pour le a) une description mathématique plus précise. Mais même sans l'arsenal de la théorie des processus aléatoires ni de la théorie de l'arbitrage, on voit que la seule courbe qui n'a pas de tendance est une courbe en zigzags instantanés en permanence.⁴¹

Quant à la question b) elle relève de la situation particulière étudiée. Il est sûr que "les marchés réagissent" à ce qui se passe sur le terrain. Mais savoir si cette réaction reflète une bonne compréhension de ce qui se passe, ce n'est pas certain. Il y a beaucoup de grégarité dans la mesure où une erreur (perte) d'un trader qui fait comme tout le monde est plus facilement acceptée par le management que si elle est originale (cf. Bouleau 2009 chapitre VIII, Orléan 2008). Au final, les marchés financiers sont extrêmement autoréférentiels.

Quels changements apporte la "révolution" Black-Scholes ?

La découverte de l'évaluation et la gestion des options par portefeuille simulant a été une véritable révolution au sens de Thomas Kuhn au sein de la discipline des mathématiques financières. Mais elle a aussi été à l'origine de l'extension des marchés financiers et des modifications institutionnelles de la finance (Bouleau 2009, MacKenzie 2003) de la période néolibérale.

La théorie de l'arbitrage dans le cadre du calcul stochastique

Les principaux processus aléatoires sont soumis à un calcul différentiel particulier qu'on appelle le calcul d'Ito du nom du mathématicien japonais Kyioshi Itô qui fut étendu dans les années 1970 en une théorie vaste et souple la théorie des semi-martingales (Meyer *et al.*). Les idées de Black-Scholes et le principe de non-arbitrage (qui postule que le prix juste d'un actif contingent doit être tel que ni le vendeur ne l'acheteur ne peut réaliser un profit sans risque) s'y exprime parfaitement. On aboutit à une théorie mathématique bien huilée des marchés financiers modélisés dans ce cadre que les praticiens connaissent et qui a une grosse influence pratique sur les marchés eux-mêmes dans la mesure où elle apparaît comme la référence commune.

Un des points fondamentaux que souligne cette théorie c'est que les tendances n'ont pas d'importance pour l'évaluation et la couverture des options. Les tendances sont subjectives. Tenir compte d'une tendance à la hausse par exemple, pour gérer une option c'est prendre un risque là où il était possible de ne pas en prendre (ou très peu).

Merton dans son traité de 1990, se place dans ce cadre et explique

⁴¹ En fait une autre courbe est compatible avec l'argument fondamental qu'une tendance claire entraînerait un mouvement du spot, c'est la courbe constante... jusqu'à un saut soudain dont la date est imprévisible. Ceci peut se superposer aux zigzags.

d'ailleurs qu'il ne suppose pas que les actifs soient des martingales et donc ne suppose pas l'hypothèse des marchés efficients (EMH).

Qu'en est-il de la "spéculabilité" des marchés ?

Nous voyons que le contenu de l'efficience au sens de Fama porte sur le fait de savoir si l'on peut spéculer avec profit ou non dans tel ou tel marché.

Un article de Grossman et Stiglitz de 1990 — fort juste au demeurant et plutôt rédigé comme une pierre dans le jardin des néo-libéraux — était entièrement consacré à cette nouvelle question : les marchés compétitifs peuvent-ils empêcher les spéculations profitables ? Certainement pas, répondent-ils, car la spéculation qui les maintient en équilibre est coûteuse (elle prend du temps et donc des salaires) et elle n'aurait pas lieu si elle n'était pas rémunérée.

Le raisonnement est donc le suivant : ce sont les spéculateurs qui modifient le marché en rendant la spéculation impossible donc les marchés autorisent forcément une certaine spéculation. Cela fait penser aux sophismes des Eléates.

L'argument est trompeur dans la mesure où il laisse entendre que tout un chacun peut faire du profit en spéculant sur les marchés. Avec le même raisonnement en disant que ça coûte aux pêcheurs de partir en mer avec leur bateau, on conclurait que les poissons ne sont pas menacés : "s'il y a des pêcheurs c'est qu'il y a des poissons". Alors qu'on observe que les réserves halieutiques s'amenuisent gravement. Tout est question d'ordre de grandeur.

Ici quel est le bilan ? C'est que les marchés financiers sont travaillés par des équipes spécialisées de spéculateurs tellement performantes qu'ils sont quasi parfaits au sens de la fluidité et de la théorie de l'arbitrage. Réussir à spéculer avec profit sur ces marchés revient à faire mieux que ces équipes. C'est hors de portée des acteurs économiques sur le terrain.

A noter que ces deux auteurs se rendent parfaitement compte qu'ils n'ont pas, ce faisant, répondu à la question de la pertinence allocative des marchés et ils terminent par une pique à Fama "Nous n'avons rien dit, observent-ils, en ce qui concerne les bénéfices sociaux de l'information, ni si c'est socialement optimal d'avoir des 'marchés informationnellement efficients' ".

Concluons sur ce sujet que bien sûr la spéculation est possible sur les marchés financiers et pas seulement en jouant sur des différentiels économiques comme c'était le cas par le passé. Elle utilise maintenant des bases de données et des moyens de calculs puissants qui travaillent les corrélations dans le temps et entre les actifs du fait des comportements implicites des hommes que sont les agents économiques. Pour les entrepreneurs, cette situation a pour résultat une agitation instantanée des cours qui est le phénomène observable majeur. C'est de cet état de fait qu'il

faut tirer les conséquences, nous y reviendrons dans un instant.⁴²

L'expérience ne fournit qu'une trajectoire unique

Est-ce qu'on peut donner un sens à "l'information contenue dans les valeurs passées du cours de l'actif" ? C'est en effet l'expression reprise à l'infini lorsqu'on évoque l'efficience au sens de Fama.

Comme nous l'avons vu pourtant, il ne peut être question de tirer une filtration d'une trajectoire unique. S'agirait-il alors de la "connaissance" que ceux qu'on appelle les "chartistes" tirent des cours de bourse grâce à "l'analyse technique" ? C'est-à-dire ces diagrammes que l'on voit abondamment sur les sites financiers d'Internet avec des fuseaux, des moyennes mobiles, etc. pour appuyer des commentaires et des tendances ?

Je n'ai rien contre l'analyse technique, elle est une des nombreuses façons de charger de sens les marchés financiers qui n'en ont guère tant ils sont loin des échanges et des projets.

Mais à partir d'une trajectoire unique nous retrouvons la difficulté soulignée par Norbert Wiener. Il faut envelopper cette trajectoire dans un processus aléatoire si l'on veut faire des mathématiques. Or ce passage est une opération qui gomme le sens, les causes et la signification des changements économiques.

L'Histoire, ce qui se passe, ce qui change (Hayek), n'est pas une "série temporelle".

⁴² Disons tout de suite à ce sujet que l'on fait croire que le mérite social de la spéculation pour les entrepreneurs réside dans le fait que grâce à tous ces produits dérivés cotés elle permet la construction de couvertures vis à vis des risques, alors que c'est évidemment l'inverse, l'agitation due aux achats et ventes instantanés génère l'agitation des cours qui oblige l'entrepreneur à se couvrir.

IV. Inefficiences des marchés financiers réels due à l'effacement du signal-prix

Examinons maintenant ce qu'il en est des marchés tels qu'on les observe en réalité. Il faut tout d'abord faire une distinction : il y a marché et marché. Lorsque Marx ou Say parlent de marché et discutent les notions de valeur et de plus-value, il ne s'agit pas des mêmes marchés que ceux sur lesquels Messieurs Fama, Black, Scholes et Merton raisonnent en utilisant le mouvement brownien.

Deux types de marchés

En contrastant les catégories on peut appeler *marchés de type 1 ou socio-répartis* des situations d'échange où chaque acheteur est identifié comme différent ainsi que chaque vendeur, la transaction et le bien qui est son objet étant clairement inscrits dans la géographie et le social. La description du bien et de la transaction inclut elle-même nécessairement des éléments de contexte. "J'appelle marché le lieu, écrit Auguste Walras⁴³ en 1831, où se rencontrent des vendeurs et des acheteurs, autrement dit des échangistes, c'est-à-dire, le lieu où il se trouve, d'un côté, des hommes ayant des besoins, et d'un autre côté, des utilités rares propres à satisfaire ces besoins. La propriété fruit de la limitation, et le monopole qui est la suite de la propriété, sont cause que les utilités rares ne peuvent tomber dans la possession de ceux qui les désirent, que par le moyen d'un échange qui contient en même temps une vente et un achat."⁴⁴ Ainsi l'idée de marché du travail est une globalité pour comprendre le rôle de l'épargne, de l'investissement, du niveau du chômage et des salaires, etc., sur la production, dont chaque élément réel est un candidat avec ses caractéristiques idiosyncratiques à un emploi particulier dans une entreprise donnée dans une certaine région à une certaine date. La transaction fera l'objet d'un contrat et le salaire sera versé dans la durée sans que le travailleur embauché puisse revendre son contrat d'embauche et se faire remplacer par un autre. "Mais les utilités rares et les besoins qui les réclament ne planent pas dans les airs, ne se perdent pas dans l'espace, poursuit Auguste Walras. Les hommes couvrent la terre, et les utilités rares croissent autour d'eux. C'est toujours dans un certain lieu qu'on trouve une certaine quantité d'hommes, et une telle quantité de biens limités. Ainsi la rareté se manifeste, s'applique se détermine; et c'est toujours dans un lieu donné que se réalise cette disproportion très remarquable que nous avons signalée, et que le sens commun a signalée depuis longtemps, entre la somme de certains biens et la somme des besoins qui en sollicitent la possession". De même, le marché

⁴³ Père de Léon Walras.

⁴⁴ Auguste Walras *De la nature des richesses* (1831), chap XIX.

immobilier est un marché de type 1 socio-réparti, il concerne des logements dont aucun n'est identique à un autre ne serait-ce que par sa situation, la procédure prend du temps et le comportement spéculatif éventuel de l'acheteur prend nécessairement en compte les caractéristiques propres du logement et les changements urbains locaux en plus des indicateurs généraux qui tiendraient lieu de cours spot.

Au contraire les marchés financiers sont des *marchés de type 2 ou spéculo-valués* c'est-à-dire dont la valeur est obtenue après le jeu d'un système d'échanges spéculatifs. Le bien est standardisé pour permettre de définir une unité étalon comme pour les grandeurs continues de la physique, et les échanges sont fluidifiés, ce qui signifie que l'on peut acheter et revendre la quantité qu'on veut quand on veut. Cela concerne *les devises* qui s'agitent les unes par rapport aux autres en gardant à chaque instant la propriété de transitivité des taux, *les actions* des entreprises importantes, cela représente plusieurs dizaines de milliers d'entreprises, *les obligations et les taux* qui sont les cours des emprunts émis par les Etats ou par les banques. Mais cela concerne aussi *des matières premières standardisées* : le pétrole, le gaz, et divers produits pétroliers; les métaux, précieux (or, platine, argent), de base (fer, zinc, aluminium) et des métaux rares (électronique) cotés notamment sur le *London Metal Exchange*; et les produits agricoles (blé, soja, laine, coton, huile de colza, huile de palme, le cacao, le riz, le café, etc. notamment cotés sur le *Coffee, Sugar and Cocoa Exchange* (New-York)). Ces marchés couvrent tout le socle de l'économie mondiale, en ce sens que n'importe quelle petite entreprise voit les prix de ses fournitures de produits de base conditionnées par ces marchés, et n'importe quelle exploitation agricole voit ses débouchés contraints par ces prix par le biais des grossistes. Les places financières se font une certaine concurrence pour la cotation de ces produits standardisés en restant un peu spécialisées, ces marchés sont bien sûr accompagnés de marchés dérivés commercialisant les dérivés classiques permettant des achats et ventes à terme et des options. Evidemment la spéculation y intervient non seulement par rapport à la fonction de satisfaction de besoins par des raretés, mais joue un rôle absolument structurant.

La distinction entre marchés de type 1 socio-répartis et de type 2 spéculo-valués pose naturellement la question de savoir si on ne pourrait pas séparer strictement ces deux genres de marchés, et prendre des mesures destinées à diminuer, voire supprimer, l'influence des marchés de type 2 sur l'économie. On obtiendrait alors une économie sans les travers de la spéculation. En fait si les deux types qualifient bien deux situations extrêmes, tous les intermédiaires se rencontrent en pratique. Lorsque quelqu'un achète un tableau, un beau livre ou ancien, une maison de campagne ou une résidence principale, s'agit-il uniquement de fonctionnement social, n'a-t-il pas aussi dans l'esprit de revendre cet objet ? Un entrepreneur qui optimise les coûts de ses matières premières en les achetant à l'avance fait une gestion

spéculative de ses stocks. Plus philosophiquement, la valeur d'usage semble bien imprégnée, contaminée, par de la valeur d'échange parce que nous sommes des êtres sociaux et que nos goûts sont reliés à ceux des autres. La production et l'usage peuvent difficilement être séparées des activités de commerce. Cependant toutes les pratiques spéculatives sont-elles à mettre dans le même sac ?

Il y a deux niveaux de réflexion. Primo celui de dessiner ce que peut être le système des échanges et de la production après la transition énergétique et écologique. La résolution de cette question, la plus importante, semble bien devoir supposer un abandon de la majeure partie des idées du capitalisme consumériste (Jackson 2009, Perret 2008, 2011), nous ne l'abordons pas ici. Secundo pointer ce qui dans le système actuel empêche le mouvement vers une meilleure prise en compte des limites et des externalités, et là ce ne sont pas tous les comportements spéculatifs qui font problème mais ceux qui effacent les tendances du marché ce qui est différent. Dès lors que l'industriel a chargé ses stocks dans ses entrepôts, de la matière a été transportée et l'effet sur le marché ne peut être instantané. Ce qui efface les tendances c'est bien la réactivité immédiate qui permet à des opérateurs disposant de moyens informatiques puissants de saisir tous les arbitrages infiniment petits qu'ils détectent automatiquement sans aller voir ce qui se passe sur le terrain.

Pourquoi n'y a-t-il pas de cinétique économique ?

Les économistes néo-classiques se sont inspirés de la mécanique sans aller jusqu'à la prise en compte du temps. Un grand nombre d'économistes à l'étroit dans cette pensée encore à la base de l'enseignement, ont insisté sur cette carence et mené des travaux pour mieux comprendre l'économie réelle où le temps intervient. La première étape pour aller plus loin que la statique dans l'esprit d'un formalisme perfectionnant la théorie de l'équilibre général, eût été d'étudier *la cinétique*, c'est-à-dire des phénomènes économiques où les vitesses de changement des grandeurs interviennent. En mécanique on ouvre ainsi la porte aux phénomènes de viscosité, de tourbillons, de turbulence, etc., qui sont très courants et bien mathématiquement représentés. Dans une science comme la chimie une question analogue se pose de dépasser la seule description des équilibres où les concentrations des constituants sont stabilisés pour aborder le rôle des vitesses des réactions, ce qui permet de comprendre la catalyse et de rendre compte d'une phénoménologie variée et surprenante⁴⁵. La cinétique a une importance évidente dans les sciences du vivant. C'est donc une question naturelle de se demander pourquoi, si l'économie est susceptible d'arguments qui ressemblent à ceux de l'équilibre des corps pesants, pourquoi n'a-t-on pas un recueil de raisonnements similaires incluant les vitesses par rapport au temps c'est-à-dire les tendances.

⁴⁵ Cf. par exemple Vidal C., Lemarchand H., *La réaction créatrice*, Hermann 1988.

Une première façon de répondre est de dire que l'économie réelle, en effet, se passe dans le temps et que là se trouve toute la complexité de la vie et sa créativité. C'est donc hors de portée des formalismes.

Un très abondant courant critique s'est développé dans ce sens vers la fin des années 1980. La pensée épistémologique sur la physique et la biologie avait opéré le tournant majeur des systèmes sensibles aux conditions initiales, des systèmes ouverts et des systèmes chaotiques et parallèlement la philosophie de l'environnement avait alerté l'opinion sur la progression impensée de la technique et sur les liens entre pollution et entropie⁴⁶. Il apparaissait indispensable de marquer la pauvreté intellectuelle de la référence aux schémas néo-classiques par rapport à la finesse et la fécondité de ces nouvelles idées. Le point rassembleur de ce renouveau fut d'étudier les conséquences du fait que l'économie à la Léon Walras ne prend pas en compte *l'irréversibilité* qui apparaît le concept clef de voûte à la fois de la tradition dialectique (Hegel, Marx) qui insiste fondamentalement sur le rôle moteur de la créativité du travail humain dans l'évolution des sociétés, et des ouvertures apparues dans les sciences de la nature.

Les "tâtonnements" du marché se déroulent dans le temps et la première observation est que l'ordre des joueurs n'est pas sans importance. Dans le marché du travail lors des rapports entre le chef d'entreprise et les syndicats sur la question des augmentations de salaire, avoir l'initiative ou être "joueur en second" n'est pas équivalent, car l'action du premier modifie les conditions des choix du second.

Autre aspect, dans le jeu de l'offre et de la demande en fonction du prix, les réponses des "joueurs" mettent un certain temps à s'établir. Elles sont donc conséquences de ce qui a lieu avec un certain décalage ce qui engendre volontiers des cycles sans qu'on atteigne de point fixe. A ceci s'ajoute que l'amplitude de la réponse peut être excessive. Les sensibilités aux variations sont souvent gouvernées par des phénomènes de seuil où rien ne se passe en dessous d'un certain niveau puis une réaction brusque est opérée. Même dans le cas de réponses graduelles, les élasticités peuvent être grandes et faire que le processus diverge. On arrive alors à ce que M. Ezeckiel avait décrit dès les années 1930 comme une réponse en toile d'araignée (cobweb).⁴⁷

Par ailleurs des asymétries sont fréquentes entre les augmentations et les diminutions. Réduire temporairement sa production en laissant une part du capital productif inutilisé, est pour un industriel une décision plus aisée que d'augmenter sa production pour une période brève. Dans des situations plus complexes, ou lorsqu'on raisonne à l'échelle macroéconomique une sensibilité trajectorielle apparaît fréquemment (path effect), par exemple on a pu montrer que la parité de pouvoir d'achat (purchasing power parity) ne constituait pas la force de rappel élastique qui gouverne les taux de change entre monnaies

⁴⁶ Cf. (Georgescu-Roegen 1971).

⁴⁷ Ezeckiel M., "The Cobweb Theorem" *Quarterly J. of Economics*, vol VII n1, 1937-38, p279-280.

mais que ceux-ci dépendent du trajet historique des politiques publiques.⁴⁸

Ces travaux ont initié un champ de recherche très important sur ce qu'on peut appeler *l'économie réelle*, étant ainsi définie comme l'économie qui prend en compte *la temporalité* des décisions, alors que le néo-libéralisme s'installait et se séparait de ce monde académique hétérodoxe.⁴⁹

Ce faisant néanmoins, on n'a pas réellement répondu à la question de l'absence de cinétique économique, mais plutôt à celle de la pertinence de la théorie de l'équilibre général à la Walras, question essentielle mais un peu différente. Il reste qu'il y a une véritable énigme historique dans ce constat que l'on commence une théorisation et qu'on l'arrête au tout début. L'analogie entre la théorie néo-classique et la mécanique n'est pas une simple similitude formelle entre certaines équations, comme cela se passe fréquemment entre diverses théories⁵⁰. Elle eut un rôle *historique* important pour conforter la légitimité de l'économie mathématisée. La mécanique ayant acquis un prestige immense, W. Stanley Jevons et Léon Walras argumentent abondamment en ce registre, la légitimité des mathématiques en sciences humaines n'allant de soi, pas plus à cette époque que maintenant.

C'est le thème principal de la préface des *Eléments d'économie politique pure* et Walras l'approfondit à la fin de sa vie dans l'article "Economie et Mécanique"⁵¹. Il souligne l'identité formelle des équations de la statique en mécanique et celles de l'équilibre économique en prenant l'exemple des moments des forces agissant sur la balance romaine et la proportionnalité des raretés et des prix. Dans *The Theory of Political Economy* (1871) Jevons est dans le même état d'esprit "the theory here given may be described as *the mechanics of utility and selfinterest*" il fait référence aux *vitesses virtuelles* — c'est-à-dire au raisonnement des mécaniciens consistant à faire des déplacements infinitésimaux des points d'appui des forces pour trouver facilement les équations (méthode utilisée dans le principe des travaux virtuels de d'Alembert). Jevons consacre une section entière intitulée "Analogy to the Theory of the Lever" à cette correspondance entre l'équilibre économique et celui du levier.

Si on prend un peu de distance épistémologique sur cette question, on ne peut manquer d'être frappé par le caractère incomplet de cette analogie. La théorie néo-classique est une construction théorique qui fournit un modèle des échanges commerciaux d'une société *de façon statique*. On sait que ce modèle est simple et mathématique, loin de ce qui se passe réellement, mais ce qui est beaucoup plus surprenant c'est que c'est un modèle où tout bouge, les offres,

⁴⁸ Cf. Aglietta M. "Stabilité dynamique et transformation des régimes monétaires internationaux" in (Boyer *et al* 1991).

⁴⁹ Cf. (Sapir 2003).

⁵⁰ Comme par exemple entre les théories électrostatique, de la gravitation, de la chaleur, qui toutes trois interprètent les formules de la théorie classique du potentiel cf. (Bouleau 1999) p 224 *et seq.*

⁵¹ *Bull. Soc. Vaudoise de Sc. Naturelles*, Vol 45, 313-325, (1909).

les prix, les demandes, etc., mais où le temps n'intervient pas. Comment les grandeurs peuvent-elles évoluer s'adapter sans que le temps soit présent dans les équations ? De l'analogie avec la mécanique vient immédiatement à l'esprit la question de stratégies d'acteurs qui seraient gouvernés par des fonctions dépendant des grandeurs *et des tendances* de ces grandeurs. Fondamentalement les équations de la mécanique fournissent pour un système matériel une relation entre des paramètres de position et leurs dérivées premières et secondes par rapport au temps. Rien de tel ici, les néo-classiques n'étudient pas les systèmes gouvernés par des équations du type

$$p_i = F_i(p_1, \dots, p_n, q_1, \dots, q_n, \dot{p}_1, \dots, \dot{p}_n, \dot{q}_1, \dots, \dot{q}_n)$$

$$q_j = G_j(p_1, \dots, p_n, q_1, \dots, q_n, \dot{p}_1, \dots, \dot{p}_n, \dot{q}_1, \dots, \dot{q}_n)$$

où les points désignent des dérivées par rapport au temps, la lettre p les prix, la lettre q les quantités. Il n'y a pas de cinétique économique comme il y a une cinétique chimique qui permet de poser et de calculer la vitesse des réactions et qui est à l'origine des découvertes des comportements de certains systèmes dynamiques auto-structurants⁵². Pour Walras l'effet du signal-prix sur la demande ou l'effet du signal-demande sur le prix est un processus — le tâtonnement — qui ne fait pas l'objet d'une représentation mathématique explicite. Les curiosités de ce que fournirait une cinétique chimique ne lui semblent pas valoir la peine d'une investigation car elle ne serait pertinente à ses yeux que pour confirmer la tendance vers l'équilibre. Seuls *les signes* (+ ou -) des réponses aux accroissements l'intéressent pour penser le tâtonnement, comme lorsqu'on tente de peser un objet avec des poids sur une balance en ajoutant et retranchant de moins en moins.

Le *signal prix* des biens, c'est-à-dire l'amplitude des tendances des prix est ce qui provoque les modifications des agissements des acteurs économiques, il y a donc une répercussion sur le prix lui-même des produits fabriqués ou des services. Ce bouclage peut donner des cycles réguliers ou irréguliers comme les relations gouvernées par des équations de Volterra. Les prix et les quantités sont également fonctions de paramètres descriptifs des économies étudiées qui eux peuvent varier pour des raisons exogènes et obliger la présence de tendances. La cinétique économique serait susceptible de faire apparaître des phénomènes analogues à ceux rencontrés en mécanique des fluides dans les amortisseurs ou les tourbillons, par exemple des trajectoires stables quoique non optimales sur des courbes d'indifférence entre deux biens, les signaux-prix interprétés avec décalage réalisant des systèmes dynamiques du type proie-prédateur etc., etc.

Par la suite, au 20ème siècle, les études académiques en économie ont comblé cette lacune en étudiant des systèmes temporels dans les

⁵² convection de Bénard, réactions chimiques de Belusov-Zhabotinsky, etc.

perfectionnements de la théorie néo-classique⁵³ et dans le cadre de la théorie des jeux⁵⁴. Deux directions principales d'investigation ont été suivies : d'une part la recherche d'équilibres intertemporels qui dans les années 1950-60 étudient essentiellement la permanence d'un régime de croissance constante donc exponentielle, d'autre part l'étude de problèmes d'optimisation intertemporelle sous contraintes en utilisant les outils mathématiques classiques (multiplicateurs de Lagrange) ou plus récents (théorèmes de Kuhn-Tucker ou de Hamilton-Bellman-Jacobi) notamment dans les travaux de Arrow-Hurwicz autour des années 1960.⁵⁵ Dans ces études les mécanismes d'ajustement des comportements des agents en fonction des prix sont modélisés suivant diverses hypothèses. Ces investigations ont ensuite ramifié en de très nombreux perfectionnements dans le cadre des théories des jeux, de l'apprentissage et de l'optimisation dynamique.

Compte tenu du fait que l'agitation des prix de marché est admise théoriquement dès la fin des années 1960,⁵⁶ ce qui est frappant dans tous ces travaux c'est le peu d'importance accordé au fait que les tendances des prix issus de marchés compétitifs ne sont pas visibles de sorte que les calculs d'optimisation intertemporels restent des modèles-commentaires abstraits sans connexion claire avec l'économie réelle⁵⁷. Une part importante de ces études reste à temps discret et les perfectionnements du langage néo-classique s'appuient encore aujourd'hui sur une charpente théorique essentiellement statique qu'on modifie à la marge. Par exemple pour représenter les capacités de production d'un industriel en fonction du capital disponible K et du travail mobilisé L , on utilise encore le plus souvent une fonction de production du type $Y=F(K,L)$ telle que celle dite de Cobb-Douglas avec éventuellement une propriété d'homogénéité (constant elasticity of substitution) qui exprime des rendements d'échelle constants, équation où les tendances ne figurent pas. Il est encore l'habitude des économistes de faire des modèles et des raisonnements intertemporels en se limitant à deux périodes — ou à trois périodes pour pouvoir écrire une récurrence qui tienne compte de l'accroissement observé — comme si cela contenait implicitement le cas

⁵³ Ainsi le modèle de Ramsey (Ramsey F. P. "A Mathematical Theory of Saving", *Economic Journal*, 38, pp. 543-559, 1928), le modèle de Hotelling (Hotelling H. "The economics of exhaustible resources" *J. of Political Economy*, vol 39, n2, 1931) ou le modèle de Solow (Solow R.M. "A contribution to the Theory of Economic Growth" *Quarterly J. of Economics* 70, 65-94, 1956) comportent-ils des dérivées par rapport au temps. D'autres modèles également font appel à des équations variationnelles où l'inconnue est une fonction du temps. Il n'en reste pas moins vrai que *l'immense variété de phénomènes* qu'induirait une cinétique économique n'a pas fait l'objet d'une investigation approfondie.

⁵⁴ Cf. Gaël Giraud *La théorie des jeux*, Flammarion 2009.

⁵⁵ Cf. la synthèse de Leonid Hurwicz (Hurwicz 1973).

⁵⁶ Cf les articles de P. Samuelson (1965) et de R. C. Merton (1973).

⁵⁷ J'appelle modèle-commentaire un modèle qui, s'il était reconnu par tout le monde comme étant vrai, serait immédiatement contredit par les faits. Il s'agit donc de commentaires de la scène qui n'influent pas sur la pièce de théâtre jouée. Tels sont les modèles qui indiquent des tendances dans une économie où la spéculation est institutionnalisée.

général, les accroissements fournissant des dérivées lorsque le pas de temps tend vers zéro. Nous verrons dans un instant que ce n'est pas le cas.

Un développement historique original de la connaissance économique se dégage ainsi. D'un côté nous constatons que la cinétique économique est inexistante ou du moins tardive et secondaire dans la structure de cette discipline. D'un autre côté nous observons que depuis l'existence de la bourse, mais avec une recrudescence récente, beaucoup de grandeurs essentielles au fonctionnement économique font l'objet d'une cotation sur les marchés financiers qui sont des marchés de type 2 spéculo-valués où les tendances ne sont pas visibles.

Résumons. 1° Le cœur de la pensée néo-classique est statique et ne fait pas intervenir les tendances. 2° Les marchés financiers développés avec l'importance que l'on sait durant la période néolibérale des trente dernières années ne fournissent pas les tendances ni des actions, ni des prix des matières premières, ni des devises entre elles. On pourrait donc penser qu'il y a une cohérence dans ces deux phénomènes et que le développement de l'économie moderne n'a pas besoin des tendances, que le fonctionnement des marchés financiers confirme les idées des Jevons et des Walras. Nouvelle harmonie ou *nouvelle alliance* ?

Pas du tout. Les deux logiques se croisent superficiellement. Walras pensait le marché comme fonctionnant grâce au signal prix. Mais malgré la volonté de mathématiser des économistes du sillage néoclassique ceux-ci ne peuvent poser une équation qui fait intervenir les tendances que si l'effet sur les prix n'est pas immédiat, autrement dit uniquement si on est dans des marchés de type 1 socio-répartis.

La cinétique économique est contradictoire avec l'existence de marchés de type 2 : si les agents tiennent compte des tendances et qu'on développe les marchés spéculatifs, les tendances disparaissent. On ne les voit plus. La volatilité les brouille complètement. Et ceci pour des raisons incontournables.

Soit une entreprise qui produit un combustible pour chaudière domestique constitué de granulés à base de résidus de betteraves à sucre, de résidus de colza et de restes de bois d'élague. Son prix de revient unitaire p est gouverné par une équation

$$dp/dt = F(p_1, dp_1/dt, p_2, dp_2/dt, p_3, dp_3/dt)$$

où p_1, p_2, p_3 sont les prix des trois résidus utilisés pour fabriquer ce combustible. Si ces prix p_1, p_2, p_3 suivent des courbes régulières en fonction du temps il parvient à calculer son prix au mieux pour augmenter sa clientèle. Si l'un des trois produits est mis en marché en tant que matière première standardisée et globalement échangée, il ne voit plus rien du tout.

On peut dire cela autrement. Dans une économie où tous les biens feraient l'objet de marchés de type 2, les informations objectives sur les tendances ne pourraient être obtenues que par des sources autres que les

marchés, des observatoires de comportements économiques, des agences spécialisées, des annonces des Etats, etc.

Inversement pour que les tendances des prix soient visibles et puissent induire des comportements précis et quantifiés, il faut que le marché correspondant soit entravé par des règles de sorte que les séries temporelles fournissent des tendances dont on ne puisse pas immédiatement tirer profit.

Il ne peut y avoir de marché avec spéculation sans agitation des prix

Avant le 19^{ème} siècle, dans l'esprit des économistes, les prix de marché ne s'agitaient pas pour cause du marché lui-même. Tous les observateurs, Marx y compris, savaient bien que les prix bougeaient, mais ils attribuaient ces mouvements à diverses causes économiques, les changements dans l'organisation de la production, les perturbations politiques, les aléas de l'agriculture et le temps nécessaire à revenir à un état d'équilibre après un accident.

Aujourd'hui les choses sont différentes, les marchés sont intrinsèquement agités pour des raisons profondes que nous expliciterons. Mais beaucoup de décideurs et d'économistes — qui souvent se croient à la pointe des idées néo-libérales — gardent dans l'esprit l'image des marchés calmes et harmonieux auxquels on pensait à l'époque des néo-classiques.

Une erreur d'appréciation de Léon Walras

On ne trouve pas chez les néo-classiques, Jevons, Cournot, Whewell, Gossen, Thünen, Mangoldt, etc., d'étude détaillée de la dépendance par rapport au temps des effets de la loi de l'offre et de la demande. Comme d'autres Walras procède à des raisonnements incrémentaux sur un pas de temps qui est tantôt un jour tantôt un an.

Il y a à cela une raison historique bien compréhensible, le calcul des probabilités n'est pas assez avancé. Avant la fin du 19^{ème} siècle ce qu'on appelait *les probabilités continues*, c'est-à-dire les calculs qui n'étaient pas fondés sur le dénombrement mais sur le calcul différentiel et intégral, enseignées pourtant par Laplace, Gauss, Poisson, Cauchy, Tchebychev, Cournot, Bertrand, etc., et connues des physiciens Boltzmann, Maxwell, etc. n'étaient pas encore très familières à la plupart des économistes. Et surtout, la notion même de *processus aléatoire* n'est pas encore ni imaginée, ni maîtrisée mathématiquement. Elle est un progrès du 20^{ème} siècle car, très délicate techniquement, elle ne se développera vraiment qu'avec les outils de la théorie de la mesure et de l'analyse fonctionnelle dans les espaces normés. Un précurseur est Louis Bachelier au tout début du 20^{ème} siècle qui propose une théorie du "rayonnement de la probabilité" et applique des raisonnements de

joueurs sur des parties aux enjeux infinitésimaux et durant des temps infiniment petits pour construire une "théorie mathématique de la spéculation" (1900). Mais après la mise au point des outils mathématiques par Emile Borel et Henri Lebesgue, c'est à Kolmogorov, au début des années 1930, qu'on doit les premières assises solides de la théorie des processus aléatoires à temps continu, qui cite en effet Bachelier comme un initiateur.

Une seconde raison est l'idée qu'on se fait du marché comme quelque chose qui procède à une régularisation, un mécanisme proche d'une moyenne par le jeu de la concurrence. Les autres phénomènes sont transitoires : "Nous supposons toujours, écrit Walras, les données fondamentales du problème économique, soit les quantités possédées des capitaux et les utilités des produits et services consommables et du supplément du revenu net, invariables, de façon à avoir, en économique, l'analogie de ce qu'on appelle en mécanique un *régime établi*. Nous supposons, en outre, la phase des tâtonnements préliminaires terminée, autrement dit, l'équilibre établi *en principe*, et la phase de l'équilibre statique inaugurée, autrement dit, l'équilibre s'établissant *effectivement*".⁵⁸

Très révélatrice de la philosophie de Walras est sa façon de décrire ce qui serait la description du marché en temps continu, il se pose en effet la question : "nous devons encore passer de l'hypothèse d'un marché périodique annuel à celle d'un marché permanent, c'est-à-dire de l'état statique à l'état dynamique". Pour cela Walras considère une production et une consommation "s'étendant l'une et l'autre sur tous les moments de l'année entière et les données fondamentales du problème comme variant à chaque instant". Sans faire de calculs, il arrive à une description fondée sur ce qu'on appellerait aujourd'hui un processus aléatoire stationnaire, il suggère au lecteur cette idée sans employer le terme de probabilité ni de hasard : "Tel est le marché permanent, tendant toujours à l'équilibre sans y arriver jamais par la raison qu'il ne s'y achemine que par tâtonnements et qu'avant même que ces tâtonnements soient achevés, ils sont à recommencer sur de nouveaux frais". On a l'impression que Walras cherche un concept qui lui permettrait d'exprimer une vibration autour d'un équilibre entretenue par des sollicitations irrégulières. *Il a dans l'idée que ces oscillations sont faibles* : "Il en est à cet égard du marché comme d'un lac agité par le vent, et où l'eau cherche toujours son équilibre sans jamais l'atteindre." C'est là une erreur sur le plan théorique, comme nous le verrons, les processus aléatoires qui représentent les marchés sont très agités et s'apparentent beaucoup plus à la tempête qu'à la brise. Mais au temps de Walras il n'y avait que la bourse qui s'agitait ainsi. Il pense comme Cournot que ses variations sont faibles et sans répercussion sur les comportements de la plupart des épargnants⁵⁹. Elle s'était considérablement

⁵⁸ Léon Walras, *Eléments d'économie politique pure*, 4ème éd. 1902.

⁵⁹ Cournot écrit en effet "C'est ainsi que le thermomètre de la bourse accuse, par de très petites variations du cours, les variations les plus fugitives dans l'appréciation des chances auxquelles les

développée depuis le temps de Cournot, mais les exemples que prend Walras sont relatifs à des productions et des services réels : "Il y a pourtant des jours où la surface du lac est presque horizontale, poursuit-il, mais il n'y en a point où l'offre effective des services et des produits soit égale à leur demande effective, et le prix de vente des produits égal à leur prix de revient en services producteurs." Les ajustements sont lents et *pour Walras les instabilités sont exogènes au marché* : "de même que le lac est parfois violemment agité par l'orage, de même aussi le marché est parfois violemment agité par des crises, qui sont des troubles subits et généraux de l'équilibre. Et l'on pourrait d'autant mieux réprimer ou prévenir ces crises qu'on connaîtrait mieux les conditions idéales de l'équilibre".⁶⁰

Bachelier lui, ira plus loin et verra les tâtonnements comme vraiment aléatoires, il en prend pour preuve la concordance entre sa théorie et les mouvements de la bourse : "son utilité [de la théorie de la spéculation] ne peut être mise en doute, puisque les résultats que fournit l'examen des cotes sont en parfait accord avec ceux que fournit le calcul. Cette concordance entre la théorie et l'observation est également intéressante du point de vue philosophique; elle prouve en effet que le marché de la rente obéit aux lois du hasard."⁶¹ Mais Bachelier ne dispose pas encore de l'argumentation qui viendra de la théorie des jeux de hasard après la seconde guerre mondiale pour démontrer que — pour des raisons du marché lui-même — les prix sont obligés de s'agiter considérablement.

En tant que jeu collectif d'achats et de ventes il est apparu depuis longtemps à beaucoup d'esprits scientifiques que le processus du marché est foncièrement instable. Je voudrais citer ici un passage écrit en 1947 par le grand mathématicien Norbert Wiener qui a profondément réfléchi sur la question des systèmes stables ou instables. "Il est une croyance, en vigueur dans de nombreux pays, élevée au rang d'article de foi officielle aux États-Unis, que la libre concurrence est en soi un processus homéostatique : que dans un marché libre, l'égoïsme individuel des négociateurs, chacun cherchant à vendre le plus cher et à acheter aussi bas possible, se traduira in fine par une dynamique de prix stables, et pourvoira au plus grand bien commun. Ceci est associé à la vue très rassurante que l'entrepreneur individuel, en cherchant à faire jouer son propre intérêt, est en quelque sorte un bienfaiteur public, et a donc mérité les grandes récompenses que la société lui a versées. Malheureusement, la preuve est faite qui conclut contre cette théorie simpliste [...] dans l'écrasante majorité des cas, lorsque le nombre de joueurs est élevé, le résultat est d'une indétermination et d'une instabilité extrêmes."⁶²

fonds publics sont sujets, variations qui ne sont point une raison suffisante de vendre ni d'acheter pour la plupart de ceux qui ont leur fortune engagée dans les fonds publics". (Cournot 1838)

⁶⁰ *ibid.*

⁶¹ Louis Bachelier *Calcul des probabilités* chapitre XII (1912).

⁶² "There is a belief, current in many countries, which has been elevated to the rank of an official article of faith in the United States, that free competition is itself a homeostatic process : that in a free

Ce qui fait la différence entre le marché tel qu'il est implicitement pensé par les néo-classiques sur les biens et les services eux-mêmes et les marchés contemporains, c'est la possibilité de spéculer sur la valeur future du marché. Walras ni Jevons ne considèrent dans leurs calculs que les acheteurs n'achètent que pour revendre à un meilleur prix. Ils n'entendent pas faire une théorie de la spéculation. Aussi bien lorsqu'après la première guerre mondiale et avec les signes avant-coureurs de la crise de 29 on se rendra compte de l'importance de ce qui se passe sur les bourses, Keynes dans le célèbre chapitre XII de sa *Théorie générale* dénoncera l'irresponsabilité des spéculateurs et la fécondité des vrais risques économiques ceux des entrepreneurs.

La critique des marchés financiers pointant seulement le comportement des spéculateurs est insuffisante et abstraite

Keynes a raison, mais il ne suffit pas de dénoncer les spéculateurs, qui s'amuseraient à des jeux de hasard dangereux. D'abord ce n'est pas le goût du risque qui est le *motif* des spéculateurs, sinon ils joueraient à Monte Carlo.

Ils prennent des risques parce que, selon un argument simple, la théorie courante de l'équilibre des portefeuilles dans un marché de placements conclut que les placements agités ont des rendements moyens plus élevés et les placements sûrs des rendements plus faibles, ainsi que l'expliquent à leurs clients les employés des banques de dépôt. Egalement parce que les situations géographiques et les types d'activité où la volatilité est grande, comme dans les places financières émergentes, sont plus complexes et le travail d'information des spécialistes, plus sérieux que la moyenne des comportements courants suiveurs, y sera récompensé par des profits. Mais *ils s'efforcent la plupart d'éviter les risques autant que faire se peut* et en pratique les traders ne considèrent pas du tout les gains et les pertes de façon symétrique.

Compte tenu de l'immense variété d'instruments qui sont maintenant à leur disposition (notamment options, dérivés de taux, dérivés de crédit), chacun d'entre eux *configure* autant que faire se peut la loi de probabilité qui gouverne sa position : il vaut mieux gagner peu avec 99% de chances que gagner beaucoup avec une chance sur 100. Certes il y a des traders qui font des "coups" mais ce n'est pas l'ordinaire du travail. Pourquoi préférer 99% de chances de gagner peu ? Pour une raison mathématique et pour une raison stratégique. D'abord le hasard pur n'a pas de mémoire et s'il est tombé hier

market, the individual selfishness of the bargainers, each searching to sell as high and buy as low as possible, will result in the end in a stable dynamics of prices, and with redound to the greatest common good. This is associated with the very comforting view that the individual entrepreneur, in seeking to forward his own interest, is in some manner a public benefactor, and has thus earned the great rewards with which society has showered him. Unfortunately, the evidence, such as it is, is against this simple-mind theory [...] in the overwhelming majority of cases, when the number of players is large, the result is one of extreme indeterminacy and instability." (Wiener 1947) p185.

dans les 99% il a encore 99% de chances d'y tomber aujourd'hui et le "temps de retour" du cas de malchance est très long et peut se compter en décennies pour un portefeuille bien configuré. Et, second argument, si le "pas de chance" advient, le trader aura maintes raisons pour montrer qu'il s'agit là de circonstances tout à fait imprévisibles.⁶³

Ensuite, la théorie économique justifie pleinement le rôle des spéculateurs comme des agents qui, souvent, prennent des positions incertaines sur l'avenir pour permettre à d'autres de ne plus avoir aucun risque. Il est alors normal que le marché les rémunère pour ce service. L'exemple classique dans les manuels est le cas de l'apparition historique des options au 19ème siècle sur le marché des céréales, un agriculteur vendant sa récolte au printemps avant la moisson à un spéculateur à la hausse.

Comme nous l'avons vu plus haut, sauf à se mettre dans une perspective où l'économie est entièrement modifiée pour tenir compte de la transition écologique, les spéculateurs ne peuvent pas être supprimés de la scène car la frontière n'est pas nette avec les comportements simplement précautionneux. Ce qu'il faut pointer c'est donc précisément l'organisation institutionnelle de la spéculation instantanée.

Assagir les marchés ?

Le sociologue Robert King Merton, connu notamment pour l'introduction de la notion de "théorie sociologique à moyenne portée" et pour son analyse des "prédictions auto-réalisatrices"⁶⁴ fait une distinction sociologique entre le réformisme [retreatism] et la rébellion qui rejette les méthodes et les objectifs culturels existants pour de nouveaux buts et de nouveaux moyens. Si on prend au sérieux les dommages de la planète et l'inertie du supertanker économique, on est donc dans la rébellion. Mais devant la puissance du capitalisme, la rébellion est illusoire et ses actions sont à double tranchant. *Les indignés* l'ont bien compris qui tentent d'agir au niveau des idées.

Assagir les marchés est une opération extrêmement difficile qui n'a pas réussi jusqu'à présent. Une taxe sur les transactions financières proportionnelle à la volatilité est une bonne idée mais qui nécessite d'être imposée par une puissance publique globale qui ne sera certainement pas l'ONU ni l'Organisation Mondiale du Commerce dans leurs structures actuelles.

Devant les entorses faites ici où là aux règles les plus évidentes de la probité de la part de tel ou tel acteur ou établissement financier qui émaillent

⁶³ Pour les conséquences de ces comportements cf. J.-M. Béacco et N. Bouleau *Il faut bien que le hasard y trouve son compte*, *La Tribune* 14-10-2010, janv. 2004.

⁶⁴ R. K. Merton, *Eléments de théorie et de méthode sociologique*, A. Colin 1997. R. K. Merton est aussi le père du mathématicien R. Merton prix Nobel 1997 avec M. Scholes et F. Black pour avoir contribué à la révolution de la couverture des options dite révolution "Black-Scholes" cf. (Bouleau 2009).

périodiquement les journaux — dont le plus récent est l'affaire de la manipulation du Libor par la banque Barclays — la réaction est d'introduire des règles déontologiques et comptables strictes. A quoi les néo-libéraux répondent invariablement que l'immoralité est partout, qu'elle est dans la nature de l'homme, et que ce sont les hommes qu'il faut punir et non le système financier qui n'y est pour rien en lui-même. Une question donc d'éducation et de pression sociale. Moraliser les marchés cela veut toujours dire penser la société avec un rôle plus modeste pour la finance et plus contrôlé. Mais la logique des marchés est une logique de liberté.

Ce qu'on appelle des réglementations (Bâle II, Bâle III décembre 2010) sont en fait des recommandations de "bonne gestion" du point de vue du droit international parce que l'intérêt collectif qu'elles défendent exprime qu'il faut le moins de réglementation possible.

La philosophie de ce droit souple, qui régit donc la machinerie la plus puissante du monde, a commencé à être utilisé par la Commission européenne dès 2006, donc avant la crise des subprimes, avec la directive 2006/46/CE relative aux sociétés cotées en bourse. La conviction sur laquelle s'appuient ces usages juridiques est précisément à l'opposé de ce que pense le citoyen généralement. Elle est que des règles contraignantes non seulement n'atteignent pas toujours leur but mais ont l'effet de distordre le libre jeu de la concurrence donc le bon fonctionnement des cotations, des achats et des ventes. Au fond ce qui fait que le marché fonctionne bien est que tous les acteurs peuvent y exprimer librement leur intérêt, ce qui veut dire l'intérêt tel qu'ils le voient eux-mêmes.

C'est ainsi qu'intervient un principe aussi génial que subtil : "comply or explain". On demande annuellement aux banques ou aux entreprises concernées soit de se conformer à une règle prudentielle ou déontologique explicite (telle que les clubs d'affaires ou fédérations professionnelles en élaborent) soit si ce n'a pas été le cas pendant une certaine période de l'année d'indiquer pourquoi ils ne l'ont pas fait et ce qu'ils ont fait alors.⁶⁵

La logique des marchés et de la finance néo-libérale est une logique de liberté : des règles de plafonnement ou de d'autorisation conditionnelle de certaines opérations peuvent permettre des arbitrages qui détruisent la fluidité. On ne sera pas étonné que le gestionnaire de fonds George Soros qui fit sa fortune sur un coup de spéculation porte aux nues la philosophie de Popper de "société ouverte" c'est-à-dire de liberté totale pour le jeu de la concurrence économique et scientifique.

Finalement dans la discussion politique courante, moraliser les marchés cela signifie, le plus souvent, faire en sorte qu'ils bougent moins et qu'ils indiquent mieux les tendances de fond qui représentent les fondamentaux de l'économie vraie. C'est ce que pensent en général les

⁶⁵ Cf. J.-B. Poulle *Réflexions sur le droit souple et le gouvernement d'entreprise, Le principe "se conformer ou expliquer" en droit boursier*. L'Harmattan 2011.

économistes réformateurs. *Mais les tendances, les marchés ne peuvent pas les indiquer. Cela leur est ontologiquement absolument impossible, interdit par construction.*

L'agitation des prix et la dévastation de la nature

Nous allons maintenant examiner les raisons profondes et les conséquences environnementales de cette agitation en adoptant le point de vue de la théorie stochastique de l'arbitrage qui est aujourd'hui le socle académique le mieux reconnu sur lequel se fondent les travaux des départements de finance de marché dans les universités. Ce point de vue utilise la pensée probabiliste, telle qu'elle s'est développée durant le 20^{ème} siècle, depuis les découvertes des pionniers (Henri Lebesgue, Emile Borel) jusqu'aux sophistiqués et surabondants travaux actuels en mathématiques financières. Nous allons voir que — même de ce point de vue très accommodant avec les idées néo-libérales — les marchés financiers effacent les tendances.

Mais je ne veux pas utiliser le calcul d'Ito, ni écrire d'équation différentielle stochastique, ni même écrire une seule formule. J'entends mener cette discussion sans technicité qui ne ferait qu'obscurcir le débat. Une certaine culture mathématique de la part du lecteur sera tout de même la bienvenue pour imaginer d'où sont tirés les concepts, mais je m'efforcerai de les limiter à des traits fondamentaux.

Commençons par un retour sur les travaux du Club de Rome pour en resituer la signification aujourd'hui.

Retour sur le rapport de l'équipe Maedows : modèles simples et perfectionnements

La question du perfectionnisme en matière de modélisation est un piège classique. D'un côté les modèles simples sont faux parce que loin des lois physiques, biologiques et économiques des phénomènes mais sont faciles à calibrer (étalonnage), d'un autre côté les modèles complexes semblent refléter mieux les connaissances mais ils ont tant de paramètres qu'on ne dispose pas des mesures pour les renseigner correctement, de plus leur perfectionnisme fait illusion d'exhaustivité : on n'est pas sûr qu'ils ont pris en compte tous les phénomènes. Finalement le choix le plus pertinent entre un modèle simple ou complexe dépend de l'entité sociale qui va se servir du modèle et des moyens de connaissance et d'action dont elle dispose⁶⁶. Le cas du rapport du Club de Rome est en l'occurrence typiquement une référence globale, une proposition de discours "pour tout le monde".

Quelle est la valeur philosophique des travaux du Club de Rome ? Après la parution de la première version du rapport (Meadows *et al.* 1972)

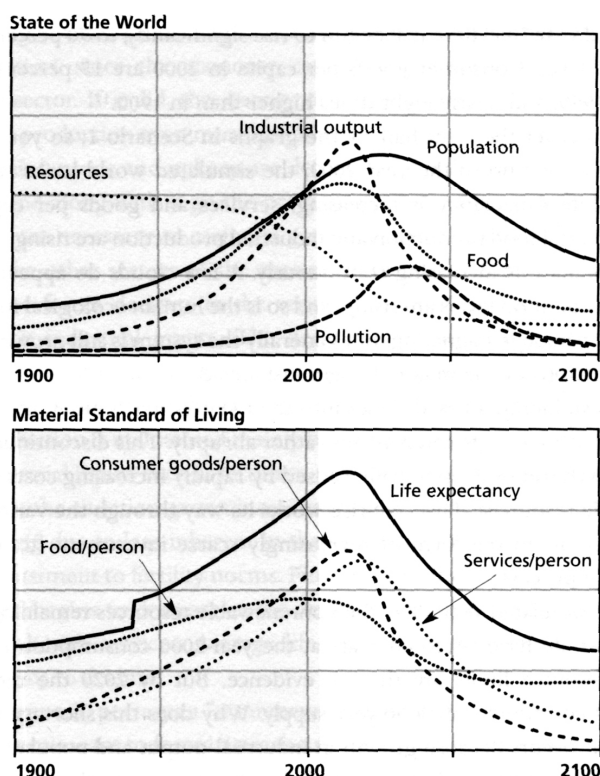
⁶⁶ Cf. (Bouleau 1999) Partie III.

des critiques très nombreuses ont soulevé diverses faiblesses du mode de raisonnement adopté. D'abord c'est simpliste : comment capter la réalité du monde avec un algorithme dont les équations ne représentent guère plus que quelques centaines de lignes de code ? Ensuite c'est fermé : cela ne prend pas en compte l'innovation, les transformations dues à la recherche scientifique et technique et, plus généralement la créativité de l'homme. Celle-ci est susceptible de *tout* modifier, y compris le sens des mots utilisés dans le modèle. La projection prospective est fondée sur les connaissances actuelles. Par exemple à propos du nucléaire elle ne prend en compte que les ressources de combustible, la difficulté du stockage des déchets et les zones neutralisées par les accidents, sans envisager la réussite des technologies de fusion dont les avantages et les inconvénients sont encore mal connus.⁶⁷

La nouvelle version du rapport, publiée 30 plus tard (Meadows *et al.* 2008) plaide que ce qui a été dit n'a pas été démenti par les faits (Turner 2008), et maintient dans le nouveau modèle World3-03 les mêmes principes méthodologiques. Les bilans établis par l'équipe Meadows sont relativement indépendants des interprétations économiques subjectives parce que fondés sur des grandeurs en quantité, énergie reçue par ensoleillement, surfaces cultivables, population, etc., ce qui a amené les auteurs à s'exprimer en termes d'indicateurs spécifiques que sont le "bien-être humain" (human welfare) et "l'empreinte écologique" (ecological footprint). Plusieurs scénarios sont étudiés suivant les hypothèses de politiques économiques. La conclusion générale est bien connue : sans une politique collective très vigilante on arrive toujours à un schéma "overshoot-collapse" c'est-à-dire croissance excessive suivie d'un effondrement.

La valeur de vérité de ce rapport ne se situe pas dans les détails mais dans la thèse — qui heurte la plupart des philosophies du passé et plusieurs croyances religieuses — qu'il convient de prendre scientifiquement au sérieux le fait que la finitude du monde et des ressources impose des changements radicaux pour éviter l'effondrement. C'est une modification du décor dans lequel l'économie et la politique se déroulent habituellement qui peut être vue comme un tournant de civilisation. Cela autorise la prise de conscience que beaucoup d'idées anciennes sur le progrès ne sont fondées que sur des envies de puissance spontanées, sans prise en compte des limites, aménagées en théories rationnelles par la suite. A ce niveau de préoccupation, on ne peut évidemment convaincre que par un discours simple.

⁶⁷ Cf. les discussions autour du projet ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*).



Un des scenarios de Meadows *et al.* 2008

Est-il possible de conserver la simplicité du discours du Club de Rome mais en pensant en probabiliste ? Dans la version mise à jour, l'équipe Meadows fait plusieurs scenarios (11 scenarios sont expliqués). D'une certaine façon c'est déjà un début de raisonnement probabiliste, mais sans tenir compte des conséquences du stochastique sur la dynamique temporelle.

Dans ces scenarios on retrouve l'idée générale d'une évolution d'abord en croissance exponentielle (30p du chapitre 2) qui se trouve au bout d'un certain temps tempérée par des contraintes dues aux limites matérielles et énergétiques de la planète (80p du chapitre 3). Ce qui se passe après le "peak" est juste esquissé, les auteurs soulignant que cette zone de décroissance entraîne des modifications sociales si importantes que la modélisation précise n'y aurait pas de sens. En simplifiant pour parler en dimension un, on peut dire qu'on a une équation logistique plus ou moins perfectionnée qui entraîne des courbes avec asymptotes horizontale pour les bilans cumulés de ressources minérales et fossiles, et des courbes en cloche avec des pics puis décroissance pour les tendances et les grandeurs marginales, c'est à dire pour les dérivées.

Notre analyse suivra les étapes naturelles suivantes : d'abord nous dégagerons les traits spécifiques des processus aléatoires par rapport aux évolutions déterministes, puis nous tirerons des conséquences de l'incertain sur la vulnérabilité de l'environnement soumis à la "rationalité" économique.

Qualitatif des processus aléatoires

Alors qu'une grandeur déterministe est complètement décrite par l'évolution d'un nombre en fonction du temps, un processus aléatoire est, en quelque sorte, une musique à plusieurs voix.

Les "logiques" probabilistes. Pour toute évolution (croissance, décroissance, convergence) il y a lieu de préciser si on raisonne en loi, en moyenne, ou trajectoire par trajectoire.

Les raisonnements "en loi" et "en moyenne" (moyenne quadratique ou dans les espaces de p -ième puissance sommable) ainsi que les arguments "en probabilité", font intervenir les compensations que le calcul des probabilités permet de faire entre les événements où il y a augmentation et ceux où il y a diminution. Les évolutions ainsi décrites sont en général assez régulières parce que les causes qui attribuent certaines probabilités à certains phénomènes ont souvent une certaine permanence.

Mais on est aussi intéressé à ce qui va se passer pour chaque trajectoire que le hasard dessine, car c'est une de ces trajectoires qui va se produire effectivement, ou du moins que le modèle propose comme réalité possible. Et l'enseignement le plus fondamental que fournit l'étude des processus aléatoires est que le comportement des trajectoires peut être très différent de ce que la dynamique donne comme image lorsqu'elle est appréhendée en loi ou en moyenne.

Les trajectoires des processus aléatoires sont agitées, souvent très agitées. Il peut y avoir des processus aléatoires bien polis (smooth) mais uniquement dans le cas où le hasard n'agit que sur la dérivée ou les dérivées lointaines de la grandeur. Dans le cas général les processus aléatoires sont très agités. Une bonne image en est donnée par les cours de bourse ou la silhouette d'un massif montagneux escarpé.

Ce qui se passe sur les marchés financiers est intéressant car cela montre comment l'incertitude et l'ignorance des agents sur ce qui va se passer dans l'avenir se traduit par de l'agitation de la grandeur sur laquelle ils agissent. Lorsque l'évolution d'une devise ou d'une action est incertaine — et que donc les agents économiques ne sont pas d'accord sur son évolution vraisemblable — la grandeur ne va pas prendre une trajectoire intermédiaire qui représenterait une sorte de barycentre des avis, non, elle va s'agiter, et s'agiter d'autant plus que l'incertitude est grande. Cette agitation, que les financiers appellent volatilité, sera considérée comme la mesure la plus objective de l'incertitude qui affecte la grandeur économique concernée (Bouleau 2009).

Autrement dit, en général, un processus aléatoire n'a pas de tendance instantanée claire (pas de vitesse ou de dérivée au sens mathématique), à partir de la valeur actuelle à l'instant suivant il peut monter ou descendre.

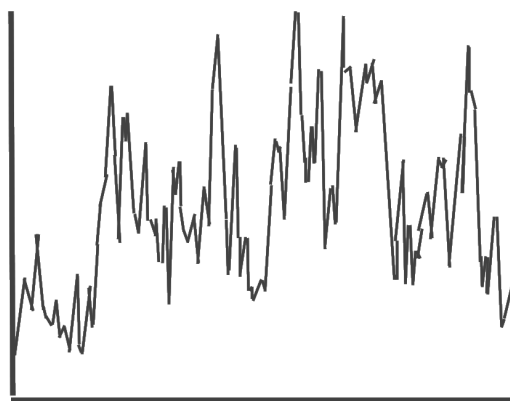


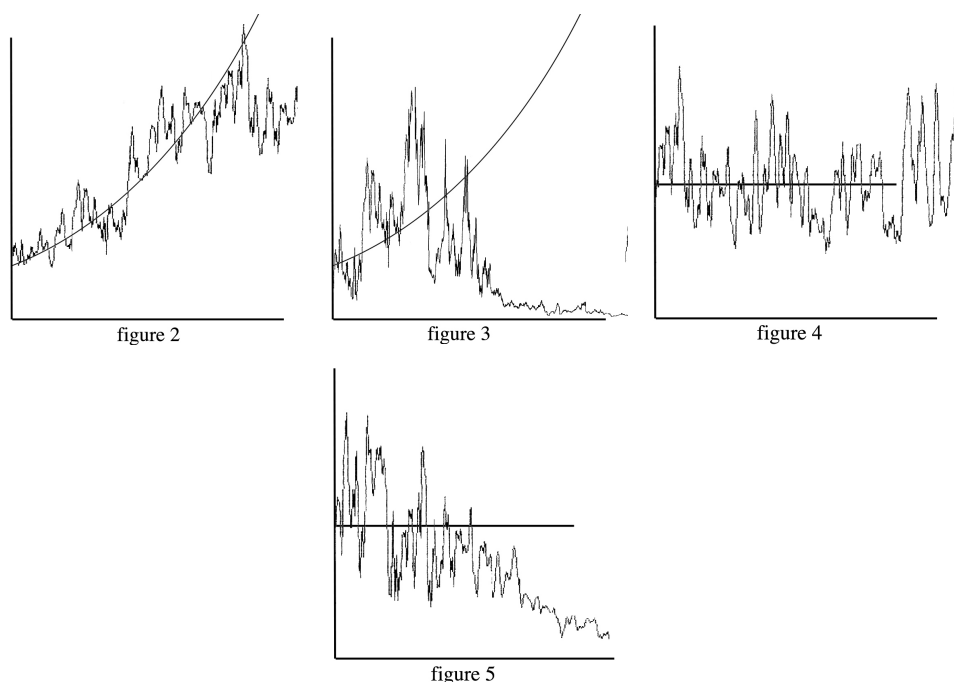
figure 1

Phénoménologie de la famille exponentielle. Le cœur de l'argumentation du Club de Rome est de considérer les phénomènes à croissance relative constante et de montrer que tôt ou tard ils "vont dans le mur". Ce sont des grandeurs dont la vitesse est proportionnelle à la valeur actuellement atteinte avec un coefficient positif. Cette croissance exponentielle ne peut durer et se trouvera nécessairement contrecarrée par un phénomène dont le rôle de frein va s'amplifier progressivement. D'où l'apparition d'un terme supplémentaire dans l'équation conduisant dans le cas le plus simple à une équation logistique ou apparentée, engendrant une saturation et dans le cas des modèles du Club de Rome un phénomène d'effondrement (collapse).

Un point phénoménologique fondamental est que ceci est complètement modifié dans le cas où la grandeur présente de l'aléa. Si une grandeur suivant une dynamique exponentielle est soumise à un aléa constant relativement à la grandeur, deux cas peuvent se produire. Si l'aléa est faible l'allure générale de la trajectoire sera ce qu'on attend : elle va suivre la courbe exponentielle avec des fluctuations vers le haut et vers le bas qui vont aller en s'amplifiant, c'est le cas illustré par la figure 2. Mais si l'aléa dépasse un certain seuil (très souvent atteint sur les marchés financiers) le comportement des trajectoires sera complètement différent de ce qu'on attend intuitivement : elles finiront toutes après des oscillations par tendre vers zéro, c'est le cas de la figure 3.

Ce phénomène est bien connu dans le cas des martingales qui sont des processus d'espérance mathématique constante⁶⁸. Il existe des martingales positives dont toutes les trajectoires tendent vers zéro (figure 5). Dans ce cas l'étude du phénomène "en loi" ou "en moyenne quadratique" ne donne pas du tout ce qui va se passer en vérité. Et, il ne s'agit pas là d'une pathologie mathématique, de tels cas sont extrêmement courants, en particulier dans les grandeurs économiques.

⁶⁸ La figure 4 correspond à ce qu'on imagine intuitivement être une martingale. C'est le cas particulier d'une martingale dite "uniformément intégrable".



Par exemple si vous placez votre argent dans un fonds qui rapporte 4,5% et y réinvestissez vos dividendes en permanence, vous réalisez une croissance exponentielle. Si, en plus, il y a de l'incertitude qui vient ajouter de la volatilité et que cette volatilité dépasse 3% les oscillations sont telles qu'on s'approchera parfois de valeurs très faibles et qu'à la longue vous allez sûrement à la ruine.

Autre exemple, si vous placez votre argent à 10% et que chaque année vous jouez la moitié de votre fortune à pile ou face, l'effet cumulé de ce gain et de cet aléa vous mène irrémédiablement à la ruine. Les martingales positives qui tendent vers zéro sont habituelles dans les jeux équilibrés et ont une signification majeure en terme d'effondrement.

Les mêmes remarques s'appliquent évidemment si nous considérons une limitation de la dynamique exponentielle engendrant un frein conduisant à une équation de type logistique avec une courbe en cloche au lieu d'un comportement indéfiniment croissant.

Le point philosophiquement le plus significatif de cette phénoménologie, c'est que dans le cas où il y a de l'aléa, et que celui-ci dépasse le seuil dont nous avons parlé, *il est impossible au vu de la trajectoire de mesurer ce qu'aurait été celle-ci sans l'aléa.*⁶⁹ Autrement dit *la dynamique exponentielle ne se voit pas sur ce qui est objectivement observable*. Donc une observation telle que celle de la figure 1 ne permet pas de déceler une

⁶⁹ La question générale de savoir si on peut connaître la tendance déterministe sous un processus aléatoire a fait couler beaucoup d'encre. La réponse négative est une conséquence du théorème dit de Girsanov, cf. (Bouleau 2009) p76, et pour une formulation mathématique précise cf. (Lamberton *et al.* 2008).

éventuelle dynamique exponentielle sous-jacente.

Vulnérabilité de l'environnement soumis à la "rationalité" économique

Ce recueil de traits marquants de la phénoménologie des processus aléatoires a-t-il des conséquences sur la lecture que nous pouvons faire des travaux du Club de Rome et plus généralement de la question des limites de la croissance ?

La première question est de savoir si nous devons considérer qu'il y a de l'aléa et si oui d'où il vient.

C'est l'économie qui ajoute de l'aléa. Toutes les grandeurs cotées, les matières premières et matériaux qui ont des prix, les sources d'énergie, les terrains et l'immobilier, fluctuent dans l'économie libérale actuellement pratiquée. Raisonner comme le fait l'équipe Meadows, sans utiliser de valeur monétaire, construit une modélisation qui est déconnectée des forces qui représentent les intérêts des agents (ou du moins des forces qui aux yeux des agents représentent leurs intérêts). Le fait majeur que *l'économie est là* — particulièrement dans la période néolibérale mondialisée où nous sommes — entraîne que le lien entre la lecture économique du monde, qui est très aléatoire, et les courbes déterministes du rapport Meadows ne se fait pas.

Le mécanisme d'obtention d'un prix de marché fabrique nécessairement de l'aléa. On peut d'abord se poser la question de savoir si la formation des prix sur les marchés est de nature véritablement stochastique ou bien si elle suit un mécanisme chaotique complexe ? Cette question peut éventuellement intéresser les *quants* dans les salles des marchés, en revanche pour notre propos l'enjeu de cette question est faible. Les deux représentations ne sont que des modélisations. Ce qui compte c'est que ça bouge et qu'on ne soit pas capable de dire à l'avance de quelle façon ça évolue.

Sur les marchés organisés pour qu'un prix s'établisse il faut que l'organisme de cotation fasse un travail permanent sur le cours spot qu'il affiche. En effet la population des agents se partage en deux : les haussiers qui pensent que ça va monter et que le prix actuel est trop bas, et les baissiers qui pensent le contraire. Que se passera-t-il si on laisse les haussiers acheter ? Les prix vont monter. Et si au contraire on laisse les baissiers vendre les prix vont baisser. L'organisme qui fournit le prix spot va donc donner la parole tantôt aux uns tantôt aux autres pour qu'il y ait toujours du monde dans les deux camps. Techniquement il va chercher à maintenir *une bonne liquidité* autrement dit à réduire le plus possible la différence bid-ask.⁷⁰

⁷⁰ sur le détail du fonctionnement des marchés cf. par exemple (Cont *et al.* 2010). La différence bid-ask est le coût de transaction : différence entre le montant d'une opération demandée et d'une opération acceptée, elle existe sur tous les marchés et l'organisme tente de la rendre très faible.

Le prix d'une denrée qui se raréfie ne suit pas la courbe logistique du Club de Rome mais une courbe en "coiffure de punk". Regardons cela plus au détail. Si nous prenons le prix du cuivre, ou le prix du bois de teck, la caractérisation première de la trajectoire temporelle est qu'elle est agitée, et que personne n'est capable à coup sûr de dire si ça va immédiatement monter ou descendre, encore moins pour le prix dans un an.

L'exemple le meilleur est celui du prix des ressources énergétiques fossiles. La pensée économique néo-classique au dix-neuvième siècle a proposé des modélisations déterministes. Dans cet ordre d'idée le plus connu est le modèle de Hotelling et ses perfectionnements. Sans entrer dans le détail des équations, une modélisation tenant compte de l'aléa donnera plutôt pour le prix une trajectoire telle que celle de la figure 3. Disons simplement que la perspective de l'épuisement des ressources jointe au fait que les agents économiques anticipent grâce à l'arsenal des produits à terme sur les marchés dérivés font que ces modélisations n'ont pas de sens sans un terme aléatoire *prépondérant*. Sinon les anticipations feraient exploser les prix dès maintenant. Pour que les prix n'explorent pas il est absolument indispensable que les agents croient qu'ils peuvent encore baisser avec une probabilité positive. Et ceci ne peut avoir lieu que si les prix sont aléatoirement agités. C'est ce qui se produit sur les marchés financiers pour la plupart des grandeurs pour des raisons similaires. Nous pouvons même comprendre qu'il ne s'agit pas seulement d'un petit peu d'aléa qui viendrait comme une brise apporter un peu d'agitation, *il s'agit nécessairement d'une forte agitation qui vient effacer complètement la courbe déterministe sous-jacente*. Ceci renforce la nécessité de raisonner comme si nous ne savions pas du tout quand se situerait le "peak oil" (Helm 2011).

Le "signal prix" des ressources épuisables fonctionne très mal. La conséquence de ce fait est que la "réaction sage" à l'épuisement progressif des ressources par augmentation des prix qui devrait inciter les agents à développer d'autres sources d'énergie et des substituts aux minéraux manquants ne va pas se produire spontanément, par le seul effet des prix, car il sont trop changeants⁷¹. La chute, depuis un prix très élevé vers un prix bas, d'une ressource énergétique va tuer les investissements longs sur les technologies nouvelles.

Il est clair en effet que l'ampleur des incertitudes financières devant lesquelles on se trouve empêche de prendre de nouvelles orientations. Si on se fonde sur les estimations du GIEC qui sont faites à partir de modèles économiques donc à partir de raisonnement sur les prix, pour un objectif de stabilisation à 550 ppm⁷² de CO₂eq, le coût marginal de la réduction se

⁷¹ L'étude (Boyce 2011) qui porte sur le pétrole, le charbon et 78 minerais montre l'absence de corrélation entre la variation des prix et la variation des quantités extraites. Quant à l'impact de la variation des prix du pétrole sur l'économie il est complexe et variable cf. par exemple (Lescaroux et al. 2010).

⁷² ppm signifie parties par million, CO₂eq signifie équivalent en gaz carbonique.

situerait en 2030 entre 5 et 80\$ la tonne soit un écart de 1 à 16. Dans ces conditions, l'industriel attentif au calcul énergie-carbone de son entreprise, doit évaluer des investissements dont la rentabilité, même avec certaines aides, est extrêmement incertaine, à comparer à un taux d'intérêt à long terme qui lui est fourni aujourd'hui par les marchés financiers. Plutôt que de se lancer le premier parmi ses concurrents dans une aventure, il est quasiment obligé d'attendre que les fourchettes se resserrent.

Ceci explique aussi qu'un système de droits négociables comme en Europe ou de taxe sur les produits pétroliers ne peut être efficace pour ce qui est de susciter des techniques de décarbonisation et d'efficacité énergétique que s'il aboutit à une prévision annoncée quasi-déterministe de ce que sera le prix pour l'utilisateur sur une période suffisante.⁷³

Les usages agricoles vernaculaires sont secoués et acculés à des comportements destructifs. En matière d'agriculture et d'élevage, aux aléas météorologiques la mondialisation vient ajouter de forts aléas de prix, qui par le fait que le gagnant prend la majeure part du marché (the winner takes all), finit par ruiner les pratiques traditionnelles durables et réactiver des comportements destructeurs et à courte vue. Ces comportements de survie peuvent d'ailleurs faire appel à des coutumes ancestrales d'agriculture ou de nourriture qui sont alors menées avec les technologies motorisées disponibles (brûlis de forêts, pêche et capture d'espèces menacées).

La valuation⁷⁴ économique des biens communs non marchands va les grignoter implacablement. Une conséquence majeure du caractère aléatoire des prix économiques est que toute la logique théorique de l'analyse coût-bénéfice (cost benefit analysis) en ce qui concerne l'environnement s'effondre.

Pour préserver l'environnement les économistes disent le plus souvent qu'il faut attribuer une valeur, donc un prix, à sa préservation. Cela présente des difficultés de diverses natures technique et politique ou juridique. Sur le plan strictement technique l'analyse coût-bénéfice (ACB) parvient à attribuer un prix à des biens non marchands de telle sorte qu'une certaine cohérence avec des biens marchands comparables soit respectée⁷⁵. Les méthodes de l'ACB sont souvent expliquées dans les manuels, nous ne les reprenons pas ici. De quelque façon qu'elle s'y prenne l'analyse coût-bénéfice ne peut construire cette évaluation de prix qu'à *partir des informations passées et présentes*. Or les prix économiques sont fluctuants. Il se trouvera forcément

⁷³ Les courbes montrent que la TIPP en France ou la taxe italienne qui majorent pourtant beaucoup le prix à la pompe ne satisfont pas ce critère.

⁷⁴ J'emploie cet anglicisme pour désigner *l'obtention d'un prix*, ce qui est une forme précise d'évaluation (qu'on n'applique pas encore complètement aux chercheurs ni aux universités !).

⁷⁵ De graves défauts de cette méthode vis à vis de l'environnement ont été déjà relevés cf. (Hanley 1992) et (Ackerman *et al.* 2002). Mais le point que nous soulevons ici est encore plus grave à notre avis.

un moment où l'aléa de l'évolution des prix économiques fera que le service rendu par le bien collectif sera estimé plus bas que ses substituts marchands qui pourront donc le remplacer. Certes on peut considérer que la préservation de l'environnement est une préoccupation d'importance croissante dans l'opinion et qu'à cet égard une ACB bien faite doit être mise à jour pour en tenir compte. Mais il s'agit de biens non marchands, par définition il n'y a pas de marché, l'estimation de prix du service écologique est forcément calme et quasi-déterministe, elle ne peut que suivre une courbe régulière (une convolution) et donc viendra un temps, tôt ou tard, où le service rendu par des moyens artificiels sera meilleur marché.

Cela est particulièrement grave en matière de biodiversité. Une démarche typique suivie par les économistes partisans de l'économie de marché consiste à mener l'évaluation grâce à un partage en deux catégories d'espèces⁷⁶. D'une part *la biodiversité remarquable* regroupant celles qui sont considérées par les instances *ad hoc* comme *menacées*, on calcule pour elles les frais de maintenance et d'entretien comme cela se passe pour les monuments historiques. D'autre part *la biodiversité ordinaire* qui comprend les autres espèces pour lesquelles on calcule *le service écologique* qu'elles rendent, depuis les procaryotes (bactéries) jusqu'aux eucaryotes (espèces supérieures) par les méthodes classiques de l'analyse coûts-bénéfices. On est alors en mesure d'acheter et de vendre toute partie de la nature ou de l'échanger contre des biens ou services déjà quantifiés par l'économie.

Il est clair que sur chaque question précise, sur le moyen de préserver telle espèce dans telle condition, les fluctuations des coûts légitimeront des substituts artificiels et la destruction irréversible de sites. Prenons une zone humide marécageuse spécifique en compétition destructive avec un gisement d'énergie fossile, les deux raretés n'évoluent pas de la même façon. Il y a d'un côté des fluctuations vives et aléatoires pour le cours de l'énergie fossile (dues aux anticipations spéculatives) et de l'autre des ajustements progressifs des calculs de "services écologiques". Le gisement sera un jour ou l'autre coté au dessus des estimations savamment calculées pour le marais. *Cette méthode est pour l'environnement le bulldozer de la substituabilité.*

Considérer la valeur économique comme une référence morale correcte pour décider dans l'incertain, revient à jouer la préservation de l'environnement au casino, tôt ou tard c'est la ruine. La *valeur* fournie par le marché est encore considérée non seulement par les économistes orthodoxes mais par les décideurs politiques comme le reflet de l'effort que les gens sont prêts à consentir pour l'usage d'un bien, une fois fait le bilan des critères personnels et leur mélange dans le jeu collectif des échanges sociaux. Il y a en arrière plan l'image d'un monde harmonieux, en équilibre qui évolue lentement au

⁷⁶ Cf par exemple en France "Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes, Contribution à la décision publique", *Centre d'Analyse Stratégique* avril 2009.

gré des améliorations de performance des entreprises et des goûts des consommateurs. Cette image est héritée de la pensée néoclassique de Léon Walras et d'autres au 19ème siècle qui pensaient l'économie en terme inspirés du principe de moindre action de la mécanique et en décrivaient les états d'équilibre par des méthodes d'optimisation mathématique. Elle est complètement dépassée par les pratiques actuelles qui, tout en s'appuyant sur elle, se heurtent à de grandes difficultés pour penser sans croissance (Jackson 2009), en particulier à cause du marché des créances et la titrisation et à cause du "debt-based monetary system" (Grandjean Galand 1997, Sorrell 2010, Derruder Holbecq 2011).

Mais en plus les prix fluctuent. Dans ces conditions la compétition entre un bien non marchand et une denrée commercialisée est inégale. Sous les coups des vagues les plus fortes des fragments de la falaise tombent dans la mer, mais ils ne remontent pas quand la mer est calme⁷⁷. Le point fort de cette remarque réside dans le fait que sur le long terme, notre organisation économique actuelle, avec les marchés financiers qui régissent les prix les plus importants, est incapable d'assigner des bornes aux prix qui fluctuent. *Autrement dit le monde est fini, borné, sauf les prix.*⁷⁸

Il apparaît ainsi que la source première de l'agitation qui se propage dans l'économie vient des marchés financiers. L'agitation des prix des matières premières se transmet aux produits fabriqués, celle des devises s'y ajoute par le commerce international et également celle des taux du crédit par le bilan des entreprises. Finalement l'ensemble de l'économie est bâtie sur une zone sismique. Nous aboutissons ici à l'idée que l'agitation qui est dévastatrice sur la zone frontière entre l'économie et l'environnement est là pour permettre aux marchés financiers d'exister. De là irons-nous jusqu'à dire qu'il suffirait de les supprimer ? Oui à condition de mesurer combien cette idée bouleverse nécessairement de fond en comble le libre échange. Car si les marchés financiers sont le principal fournisseur d'aléa, ils ne sont pas les seuls, il y a aussi de l'aléa dans les entreprises, dans les transports, dans les décisions de politique économique, etc. Il y a lieu de repenser plus à fond tous les usages et leurs motifs (Perret 2011).

Il y a de l'aléatoire sur les marchés financiers, parce que si les tendances étaient claires, elles y seraient immédiatement exploitées et leur

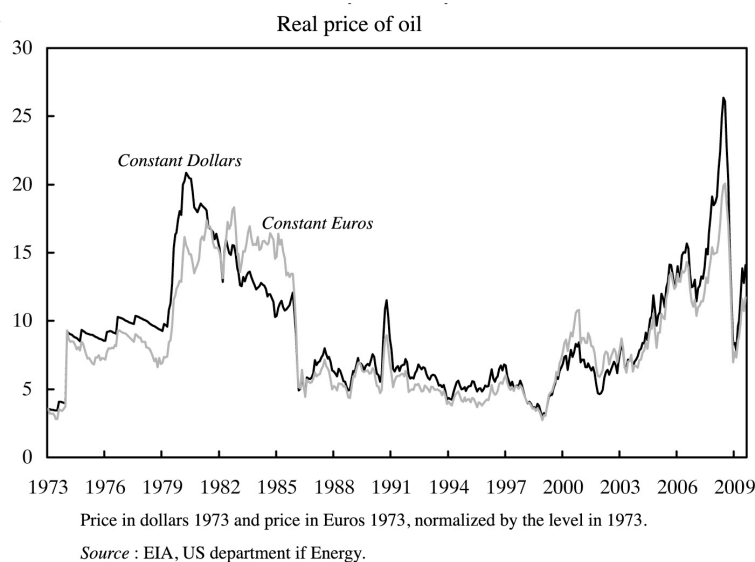
⁷⁷ Parmi les exemples récents typiques citons l'exploitation des sables bitumineux au Canada, du charbon en Australie et le barrage de Belo Monte qui vient d'être décidé par la présidente du Brésil qui inonde 400000 ha de forêt et chasse 40000 personnes.

⁷⁸ Un point important est que les pointes de prix ne sont pas limitées par la théorie. La machinerie des marchés dérivés fait que le prix du baril de pétrole par exemple peut atteindre une valeur bien supérieure au montant que chaque acteur du marché est prêt à consacrer à cette quantité de produit. C'est dû au fait que le marché avec ses dérivés contient des loteries. Comment vendre un Picasso un million d'Euros à des acheteurs qui ne disposent pas plus de 1000€ ? En vendant 1000 billets de loterie permettant de gagner la dite toile. De même le marché est capable de proposer l'objet "avoir un baril avec une probabilité 1/1000".

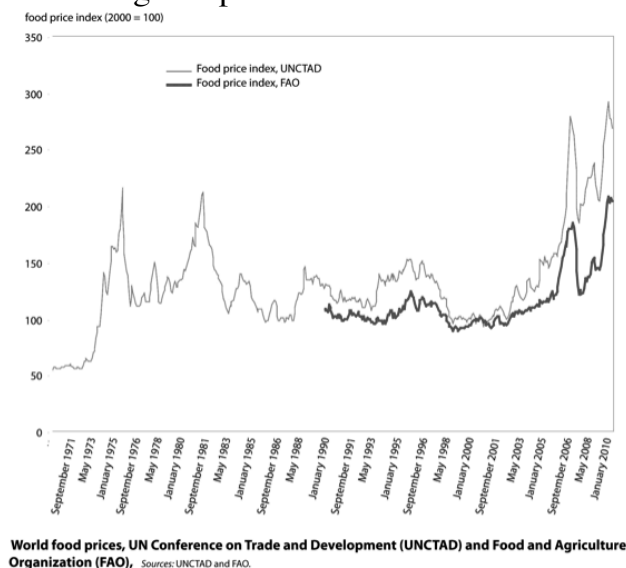
clarté disparaîtrait. En cachant les tendances l'aléatoire affaiblit les arguments qu'on peut tirer de la finitude du monde et des limites. C'est une des raisons pour lesquelles les alertes du Club de Rome n'ont pas été suivies d'effet : *les courbes en cloches — quasi-exponential growth, overshoot, peak, decay or collapse — on ne les voit pas sur les prix*. On a vraiment l'impression en regardant les cours des matières premières et des actions que l'économie est dans l'ensemble toujours dans la même situation. Comme les comportements des agents sont conditionnés par le paysage économique bien plus que par des considérations morales, le *business as usual* continue de plus belle.

Chez les Grecs l'aléa était du côté de la nature, on craignaient tant les fureurs de Poséidon qu'on était prêt à lui sacrifier une jeune fille. Jusqu'au 18ème siècle ce sont les "éléments" qui étaient aléatoires, les hommes n'occupaient réellement qu'une petite partie de la planète. Maintenant la situation s'est retournée, une des pires catastrophes comme le tsunami de Tōhoku fait 20000 morts, soit trois millièmes de la population mondiale, beaucoup moins que le risque annuel de mourir d'un accident de la route. L'homme occupe la majeure partie de la planète et c'est lui, par ses raisonnements économiques et sa logique de marché qui est la principale source d'aléa. *L'économie est maintenant l'environnement de l'environnement. L'économie néolibérale est devenue la tempête*. C'est contre elle qu'il faut protéger le monde. Cela veut dire clairement que relayer les informations sur l'état physique présent et futur du monde n'est pas suffisant, on ne convaincra pas ainsi un agent économique qui voit les prix fluctuer. Il est indispensable d'attaquer le mal à la racine qui est cette façon qu'a l'économie de marché de "parler" en interposant l'écran de la volatilité sur le déterminisme de l'effondrement.

Quelques graphes pour illustrer ce qui vient d'être dit. Rappelons que le brut fait l'objet d'un marché organisé pourvu de ses dérivés, c'est typiquement un exemple de marché financier tel que nous les analysons.

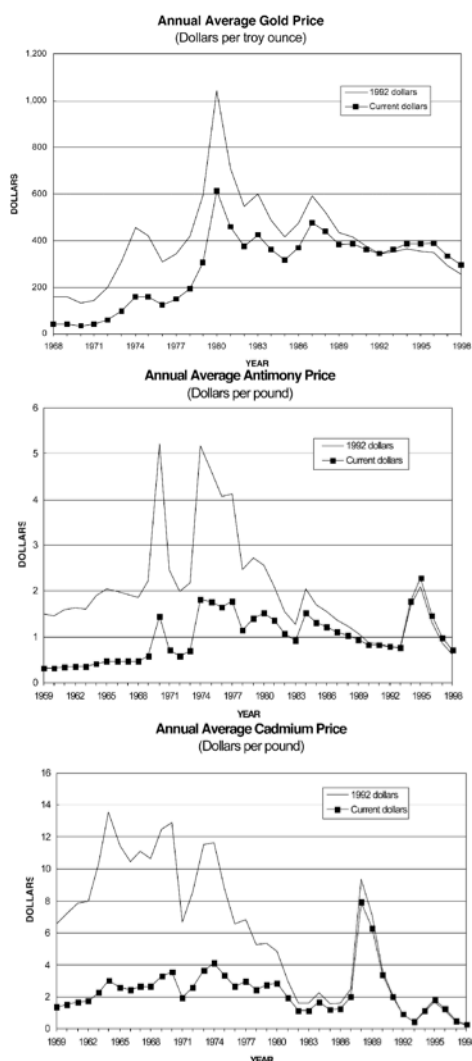


A propos du graphe du prix du brut, insistons sur le fait que l'axe des ordonnées est gradué en partant de zéro. Cela montre bien les variations *énormes* que subissent les prix de marché. L'effet des agitations du brut est un désordre reconnu comme grave pour l'économie mondiale.⁷⁹



Sur ce graphe on voit que même *un indice* donc une pondération de plusieurs grandeurs alimentaires s'agite considérablement et est l'origine d'incertitudes majeures sur l'organisation de l'agriculture.

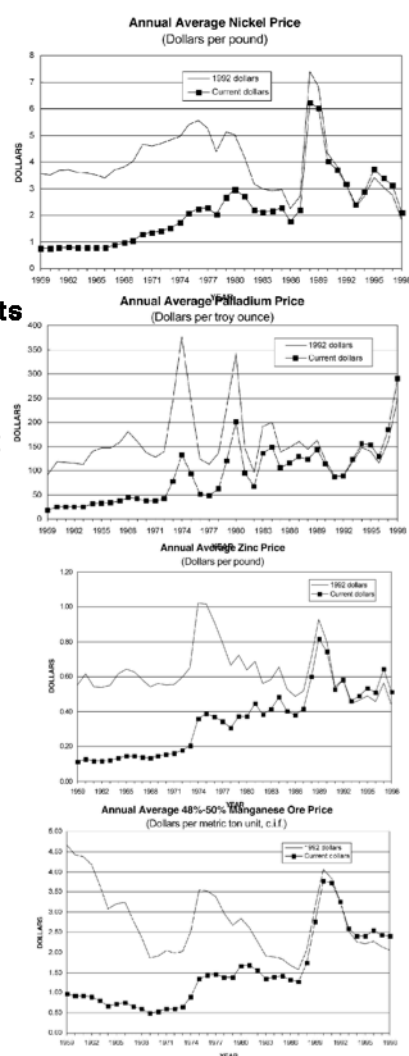
⁷⁹ Cifarelli G., Paladino G., "Oil Price Dynamics and Speculation, A Multivariate Financial Approach" *Energy Economics* Vol 32, 363-372, 2010.



**prix en \$
courants**

**prix réels
en \$ courants**

**des métaux
or,
antimoine,
cadmium,
nickel,
palladium,
zinc**



Le marché est contradictoire avec le signal-prix

Nous avons vu que la réalisation, pour un bien standard, d'un marché organisé comme les marchés financiers dont le prix est géré de façon suffisamment mobile pour maintenir une bonne fluidité, par le jeu du fonctionnement même des anticipations, brouille la tendance qui devient subjective. La croyance en une certaine tendance peut être utilisée pour prendre une position mais cette position sera alors risquée. On comprend — point crucial — que ce phénomène empêche de voir se dessiner un scénario du genre de ceux du Club de Rome et qu'en toute bonne volonté les acteurs économiques ne voient rien sur les cadrans de leurs voitures qui les incite à lever le pied de l'accélérateur.

Ce brouillage est-il réservé aux phénomènes d'environnement ? Evidemment non. Ce n'est pas une question d'externalité ici. Il s'agit fondamentalement du fait que *la dimension temporelle* des prix, dans un marché fluide où les échanges d'actifs à terme contingents sont possibles, n'est pas ce que pensait les néo-classiques, le signal-prix on ne le voit plus.

Aujourd'hui les critiques portent sur des aspects très divers du capitalisme contemporain. Beaucoup dénoncent les déviances des marchés hors de l'économie vraie, *les bulles spéculatives*. Les bulles ont été apprivoisées par les économistes parce qu'on peut facilement en rendre compte sans bouleverser les bases théoriques du corpus néo-classique : elles sont des solutions des équations avec des conditions aux limites différentes. On reconnaît aujourd'hui que les néo-classiques avaient oublié que les problèmes doivent avoir des conditions aux limites spécifiées. (Dès lors qu'un phénomène est régi par une loi mathématique, on doit spécifier dans quel domaine cette loi opère et ce qui se passe à la frontière du domaine. Même si le domaine est tout l'espace ce qui se passe à l'infini est crucial pour déterminer les solutions).

En fait, les chefs d'entreprise et les fonctionnaires des services ministériels ont intégré dans leurs décisions les règles de l'offre et de la demande comme si on pouvait les voir. Et pour s'en faire une idée ils se servent de *moyens d'informations directs* — hors des marchés — pour tenir compte, par exemple, de l'augmentation du coût du latex synthétique par rapport au latex naturel ou vice versa. En s'enquérant ainsi directement, hors marché, de l'offre et de la demande vraisemblable, ils rencontrent d'ailleurs les mêmes préoccupations que les spéculateurs, d'où la fréquentation croissante des sites d'information spécialisés.

Importance du signal-prix : le cas du carbone

Telle qu'elle fonctionne actuellement, comme nous l'avons vu et comme le soulignait Hayek, les signaux fournis par les prix sont d'importance cruciale pour toute l'économie. Les ménages effectuent un travail quotidien de tri et d'optimisation pour les frais d'alimentation, d'habillement, de transport et de logement en tenant compte des prix dont l'évolution est considérée comme un indicateur politique fondamental.

La variation des prix en fonction du temps dp/dt est l'objet de l'attention permanente des consommateurs mais elle est aussi une information absolument indispensable pour l'entrepreneur. L'organisation de la production prend du temps, tel procédé engagé aujourd'hui ne fournira de nouveaux produits que dans plusieurs années, et les coûts marginaux sont évalués aujourd'hui grâce à la tendance observée des prix des matières et des équipements, du coût du travail, des frais financiers. L'information précieuse pour le montage de projets, donc pour la dynamique de l'économie, est de pouvoir dégager les causes des évolutions de prix. C'est-à-dire parmi les

facteurs en lesquels se décompose le prix d'un objet ou d'un service, ses paramètres, parvenir à évaluer comment la variation de prix révèle celle de tel composant pour examiner son rôle et son évolution propre.

Ceci devient de toute première importance s'il est question de changer les comportements. Si l'on pense que la finitude des ressources, la pollution, la fragilité des écosystèmes devant les risques techniques ne sont pas des inconvénients dont on peut se prémunir par une simple police d'assurance, la question centrale est de modifier les modes de vie par ce qui, en premier lieu, les conditionne et les influence, à savoir les prix.

Par exemple si l'on veut passer progressivement à ce qu'on appelle "l'économie de la fonctionnalité" dans laquelle on n'achète plus les objets fabriqués mais on les loue, le fabricant étant responsable de la fourniture permanente du service d'usage, de l'entretien et du recyclage de tous les matériaux concernés. Il faudra impérativement passer à un tel système rapidement pour empêcher la dispersion finale des métaux et autres produits dans le fond des océans. Ce système oblige l'industriel à une comptabilité détaillée sur le moyen terme, il ne peut se lancer dans cette aventure actuellement, les cours des matières premières et de l'énergie sont trop fluctuants pour y voir clair.

Depuis la Conférence des Nations Unies de 1997 où fut signé le Protocole de Tokyo, les instances internationales et nationales se préoccupent — plus ou moins — de changer les comportements en matière d'émission de gaz à effet de serre. Pour cela l'idée est de rendre coûteuses les émissions de CO₂ en misant sur le signal-prix.⁸⁰

L'Union Européenne a mis en place un système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre, Emission Trading Scheme (ETS), précisé lors de la directive 2002/87/CE qui prévoit que la quantité de quotas délivrée chaque année pour l'ensemble de l'Union diminuera de manière linéaire à partir de 2013. Pour 2013, la quantité totale de quotas pour l'ensemble de l'Union est calculée en fonction des plans nationaux, acceptés par la Commission. Les Etats membres mettent aux enchères les quotas et au moins 50% du fruit de ces enchères doit servir à des mesures pour la réduction des émissions. Ce système est harmonisé avec les mécanismes dits "de projets" du Protocole de Kyoto (mécanisme de développement propre MDP et de mise en œuvre conjointe MOC) par la directive 2004/101/CE. Allant dans le sens des recommandations de l'IPCC, le Conseil européen a soutenu en 2009 l'objectif

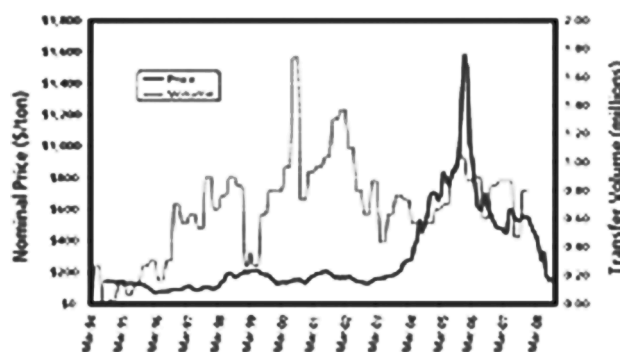
⁸⁰ Sur l'importance du signal-prix en matière d'émission voir : Godard, O., "L'organisation internationale de la lutte contre l'effet de serre. Une revue critique des thèses du rapport de Jean Tirole", *L'Economie politique*, 46(2):82-106, 2010 ; Jaffe, A.B., R.G. Newell, R.N. Stavins, "A tale of two market failures: Technology and environmental policy", *Ecological Economics*, 54(2-3):164-174, 2005; Fischer, C., R.G. Newell, "Environmental and technology policies for climate mitigation", *J. of Environmental Economics and Management*, 55(2):142-162, 2008; Quirion, P., "Distributional impacts of energy-efficiency certificates vs. taxes and standards", *FEEM working paper*, 18, 2006.

d'une réduction des émissions de 80 à 95% d'ici à 2050 par rapport aux niveaux de 1990. Suivant le principe libéral que la souplesse est synonyme de réduction des coûts, durant la période 2013-2019 les Etats pourront prélever sur l'année suivante une quantité allant jusqu'à 5% de leur quota annuel d'émission (banking ou carry-over), ils pourront également transférer à d'autres Etats 3% de ces quotas. Le système européen concerne plus de 10000 installations industrielles qui représentent plus de la moitié des émissions le reste résultant de sources plus diffuses (chauffage domestique, transports, agriculture, etc.). C'est actuellement le plus vaste marché de droits d'émission au monde mais il est loin d'être le seul, des systèmes similaires existent dans certains Etats des Etats-Unis, en Asie (Corée, Chine, Japon) en Nouvelle Zélande et Australie.

L'extension progressive des systèmes de quotas négociables n'empêche pas les partisans de la mise en place de taxes de convaincre également. Dès les années 1990 les pays scandinaves et la Finlande avaient introduit une taxe sur le carbone dans leur système fiscal et ne l'ont pas abandonnée lors de la mise en place de l'ETS européen. La Suisse et l'Irlande ont adopté également une taxe en 2008 et 2010. La France a failli réussir en 2010, mais failli seulement.

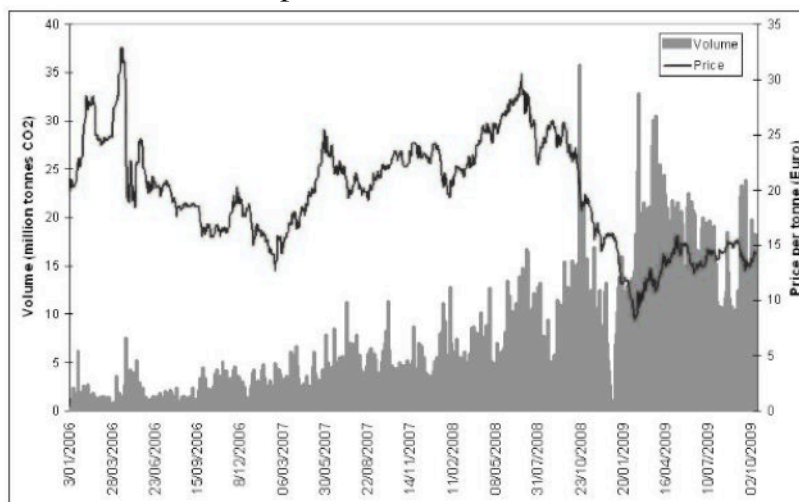
La réflexion sur les avantages respectifs d'une taxe ou d'un système de droits négociables est entièrement centrée sur l'élaboration d'un signal-prix efficace et sur les moyens qu'on aurait d'étendre, dans un cas comme dans l'autre, le signal-prix à la totalité des émissions y compris les émissions diffuses. La littérature économique théorique est très abondante sur ce sujet. On s'est rendu compte que la gouvernance par les quantités (droits négociables) ou par les prix (taxes) ne réagissait pas de la même façon aux incertitudes⁸¹. On doit distinguer également la forme de la taxe envisagée, si elle est en pourcentage du prix comme la TVA ou si son assiette est la quantité de matière c'est-à-dire un droit "d'accise". Malheureusement la réflexion sur la taxe reste virtuelle au niveau européen où toute taxe nécessite l'unanimité et se pose pratiquement seulement pour chaque Etat membre.

⁸¹ Cf. Quirion, P., "Does Uncertainty Justify Intensity Emission Caps", *Resource and Energy Economics*, 27: 343–353 (2005).



Prix d'un droit d'émission d'une tonne de SO₂ et volume de transaction sur le marché organisé par l'Environmental Protection Agency qui commercialise également des options et des contrats à terme sur ces droits (allowances).

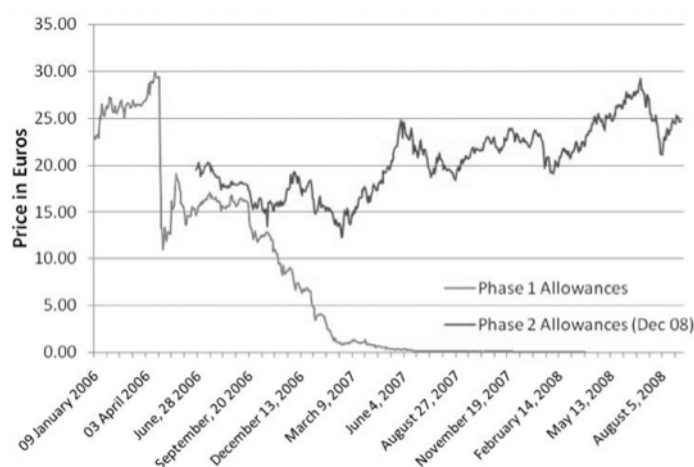
Le système des droits négociables a été initié aux Etats-Unis au sujet des plus acides et fonctionne encore piloté par l'Environmental Protection Agency pour les émissions de SO₂ et de NO_x. Les droits mis en marché ont un cours et des produits dérivés sont également en marché. Sur le carbone diverses places financières permettent d'échanger des droits à polluer : les EUA European Union Allowances sont des droits relatifs au protocole de Kyoto, les CER Certified Emissions Reductions sont relatifs au schéma ETS européen. Au dessus des EUA et des CER sont également commercialisés des produits dérivés en particulier des options et des futures (Nymex, European Climate Exchange, GreenX etc.). Ces marchés proposent également des produits à terme relatif au CDM (mécanisme de développement propre) et au California Emissions Trading Scheme qui est un système de cap and trade similaire au schéma ETS européen.



Prix et volumes de transaction sur les EUA European Union Allowances.

Si nous examinons plus en détail ces marchés et leurs dérivés, nous y voyons les mêmes phénomènes qu'ailleurs. Les prix des sous-jacents (ici le prix d'émission d'une tonne de CO₂ équivalent) à cause du marché sont très agités, et ceux des dérivés également. Toujours les mêmes idées sont ici

appliquées, tout le monde se félicite que — selon la théorie — l'existence même de ces marchés garantit une thérapie de l'excès de pollution au moindre coût. Sans remarquer que la visibilité du signal envoyé est très faible à cause de l'agitation.



Prix des droits d'émission européens.

Le cas du Chicago Climate Exchange est particulier puisqu'il s'agit d'une initiative privée d'échange de droits d'émission aux États-Unis sur la base du volontariat de firmes qui s'engagent à réduire de 6% leurs émissions par an alors qu'aucune réglementation contraignante n'existait pour l'ensemble des États-Unis. Après une période assez florissante plus ou moins fondée sur l'idée que le marché allait anticiper les lois que l'administration Obama allait faire voter, le niveau des transactions a chuté et le marché s'est fermé.

The price of emissions allowances at the Chicago Climate Exchange has tracked prospects for cap-and-trade legislation. With that legislation in doubt, the price has plunged to near zero.



La courte vie du Chicago Climate Exchange

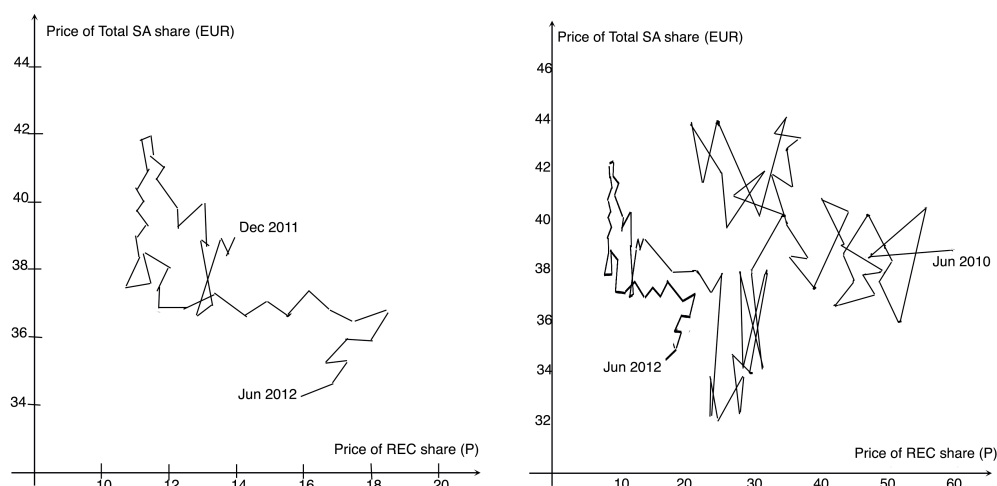
Au delà de ces circonstances particulières, on notera ici aussi combien le prix négocié des droits était agité.

Comme nous l'avons plusieurs fois fait remarquer, l'incertitude est coûteuse et l'aversion au risque forte, de sorte que, la bonne analyse coût bénéfice pousse l'industriel et les autres acteurs économiques à bouger le moins possible. Ainsi qu'observe fort justement Mireille Chiroleu-Assouline "L'inconvénient principal du marché de quotas tient à la volatilité du prix des permis qui résulte de la confrontation des offres de permis inutilisés avec les demandes de permis supplémentaires qui fluctuent en fonction des conditions économiques générales, des anticipations de prix des différentes matières premières polluantes, des technologies disponibles, du prix de la R&D, etc. Ces fluctuations sont inhérentes au fonctionnement de marché dont le principe est d'afficher le prix attribué d'un commun accord (lors de leurs transactions) par les pollueurs à l'objectif de réduction des émissions poursuivi par le régulateur." Or il s'agit toujours pour les projets de raisonner à moyen terme car les délais de réactivité sont intrinsèquement longs, en raison de la lenteur des changements technologiques et du rythme des décisions et ceci est encore plus marqué dans le secteur des émissions diffuses (transports, bâtiment). "Cette volatilité constitue un problème d'efficacité environnementale lorsqu'il devient impossible pour les acteurs d'observer une tendance fiable à long terme car, pour prendre l'exemple de la lutte contre l'effet de serre et du marché européen (ETS), c'est la prévisibilité du prix du carbone qui peut inciter les firmes à innover et à investir pour adopter durablement des technologies moins polluantes [...] au contraire la taxe rend visible, transparent et prévisible le prix des émissions polluantes" (Chiroleu-Assouline 2011).

Mais la foi de l'idéologie néo-libérale dans le marché est aussi solide que son aversion pour les taxes.

Les tendances ont disparues : exemples

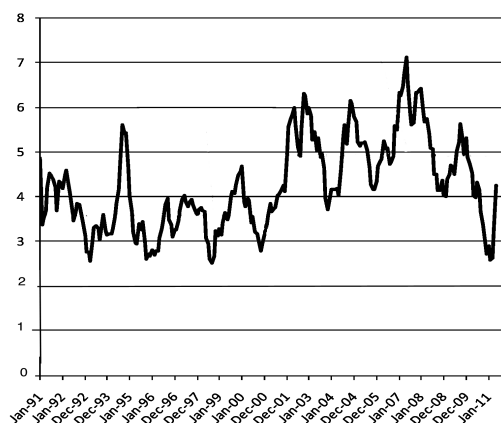
Si nous étudions les prix de deux grandeurs telles que le cours des actions de deux entreprises dont les domaines intéressent le changement énergétique comme une compagnie pétrolière et une firme productrice de matériau pour les cellules photovoltaïques. Nous observons des nuages de points. Eventuellement sur une très longue période pourrait-on en déduire des éléments de comparaison statistiques et des composantes principales.



Evolution comparée du prix d'une action d'une compagnie pétrolière (Total SA) et d'une firme productrice de silicium pour le photovoltaïque (Renewable Energy Corporation) sur six mois et sur deux ans. Aucune tendance, qui se traduirait par une direction nette, n'est décelable à aucun moment.

Mais certainement pas des tendances qui auraient une signification instantanée. Les prix des marchés sont extrêmement agités et parcourent de grandes amplitudes de variation relative. Même si nous prenons des grandeurs dans le même secteur d'activité comme deux fibres textiles, la laine et le coton, le rapport des prix n'indique rien de précis et les amplitudes d'oscillation sont sans commune mesure avec celles des quantités produites ou transportées.

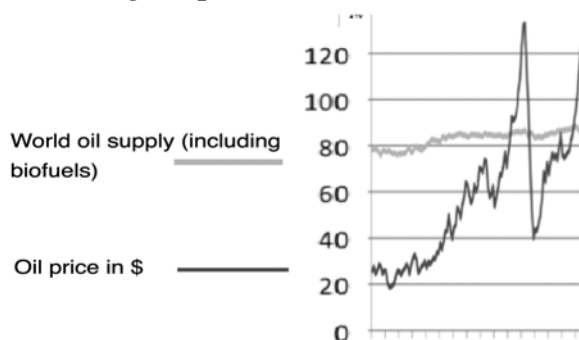
La seule indication fiable que les marchés fournissent est l'agitation c'est à dire la volatilité. Nous y reviendrons dans un instant car nous pourrons grâce à cela dégager une physionomie typique du nouveau capitalisme de marché.



Rapport des prix internationaux de la laine et du coton de 1991 à 2011, on voit que le prix relatif peut varier du simple au double en l'espace de deux ans.

Si nous regardons un instant le cas du pétrole — au niveau mondial —

qui est évidemment au centre des préoccupations concernant le changement climatique, ici encore le signal-prix est inexistant.



On voit sur ce diagramme qui va de 2003 à 2011, que la quantité de pétrole produite est quasiment constante, malgré les fortes variations du prix, elle semble même, si l'on y prête attention, *positivement* corrélée au prix. Ceci peut s'expliquer par le fait que les producteurs ouvrent un peu plus le robinet quand les prix sont hauts et aussi par le comportement de gestion des stocks des compagnies pétrolières. Ce sont là des explications externes. Insistons sur le fait que sur l'axe des ordonnées la graduation commence à zéro. Si nous ne connaissions pas la production, il serait impossible *a priori* de la déduire du prix.

Résumé synthétique : La loi fondamentale de la finance de marché

Le bon économiste aujourd'hui est quelqu'un qui connaît bien le langage néo-classique et ses perfectionnements (analyse coût bénéfice, bulles, monde de second rang, etc.) et qui sur son sujet est à même de discuter les améliorations à faire à la pensée de Walras pour rendre compte du présent *en s'offusquant des perturbations que les spéculateurs apportent à cette analyse*. Plus de la moitié des articles publiés en économie parlent de spéculation y compris les plus "académiquement corrects". Cette routine est confortable. Mais enfin, il ne suffit pas de montrer du doigt les spéculateurs ! Cela fait plus d'un siècle qu'on les désigne, et rien ne se passe. Pourquoi ? C'est l'institution du marché qui fait problème, la dominance des marchés de type 2 spéculo-valués.

Je me suis focalisé ici sur les marchés financiers de la première phase néolibérale, des années 1980 et 1990, qui portent sur les actions, les devises, les matières premières, et leurs produits à terme, ainsi que sur les obligations et les options de taux. Beaucoup des observations faites s'aggravaient si nous avions évoqué la mise en marché des risques de crédit et la titrisation.

Sur tous ces marchés on ne voit plus rien des tendances. Au demeurant, si l'on veut se protéger contre telle ou telle évolution des prix, les instruments existent, simplement il faut payer (en achetant des produits dérivés). La

finance s'enrichit de son inefficience économique.

L'idée est simple pour palier l'effacement du signal-prix, elle est de prendre une police d'assurance adaptée au risque que l'on redoute, les produits dérivés sont là pour ça. Leurs types simples (options vanille) sont cotés et les types complexes s'en déduisent pour les sur-mesure vendus en gré à gré. Leur prix est d'autant plus élevé que la volatilité est plus grande, la théorie l'explique précisément. On peut énoncer une loi :

Les marchés financiers doivent être vus comme un institut de météorologie dont le système de prévision est en panne et qui n'a pas trouvé mieux que de vendre des parapluies, des imperméables et aussi des crèmes et des lunettes solaires, ce qui lui rapporte beaucoup d'argent, mais ne dit toujours pas quel temps il fera demain.

Dès 1995 Marcel Boiteux avait bien perçu les traits fondamentaux de la révolution néolibérale qui était en train de s'opérer. "Si le chef d'entreprise était seul à devoir affronter les incertitudes, écrit-il, il faudrait bien qu'il s'y résolve. Mais, par opposition aux risques de première catégorie, ceux qui sont de son métier, la deuxième catégorie concerne bien d'autres agents économiques : ce serait un gaspillage regrettable que chacun doive s'organiser pour y faire face isolément. Il est, à l'évidence, bien préférable que, grâce à une saine division du travail, ces risques soient assumés par des spécialistes, à qui les non-spécialistes achèteront des garanties"⁸². Et il ajoute "A cet égard, la globalisation des marchés financiers et le pullulement des produits dérivés qu'on y traite ne peuvent avoir qu'un effet bénéfique : chacun sera en mesure d'y trouver, quasiment sur mesure, le 'produit' qu'il cherche pour se couvrir contre le risque qu'il ne veut pas assumer". Donc en principe moins de gaspillage, plus de compétence spécialisée, et une saine division du travail. En principe, mais en fait ce qu'on observe est tout autre. Les risques de première catégorie maîtrisables localement sont devenus une peau de chagrin, les marchés gouvernent tout, et dans l'opacité la plus complète due à leur autoréférence permanente et excessive. Les "spécialistes" ne vont pas voir ce qui se passe sur le terrain, la qualité des projets et des hommes, non, ils restent devant leurs écrans à tenter de faire des pièges mathématiques au marché. Comme beaucoup d'économistes aujourd'hui encore, Marcel Boiteux considère que les seuls problèmes viennent de la spéculation au niveau mondial qu'il pense exactement en termes néo-classiques selon l'analogie mécaniste du 19ème siècle "Mais on peut se demander s'il ne serait pas souhaitable, et possible, de redonner un peu de viscosité au déplacement des capitaux — ou des dérivés — qui commandent aujourd'hui la politique

⁸² M. Boiteux, "Les marchés financiers pour le chef d'entreprise et le chef de gouvernement" in *Risques et enjeux des marchés dérivés, Réflexions internationales, Actes du colloque*, B. Jacquillat et J.-M. Lasry eds, PUF 1995.

monétaire des Etats : dans l'équation différentielle du mouvement, il faut renforcer le terme du premier degré, le terme d'amortissement". Il faut absolument quitter cette analogie trompeuse. Non, les marchés ne sont gouvernés par aucune équation explicite, la seule chose bien vérifiée est qu'ils *ressemblent* aux solutions des équations différentielles *stochastiques*, ce qui est totalement différent et confirme leur grande agitation.

Alors l'efficience dans tout ça ? La théorie de l'efficience est un voyage où l'on part d'une question de terrain et on arrive à une autre concernant les marchés financiers à laquelle on répond par des notions mathématiques si abstraites qu'elles sont déconnectées de toute réalité. Ce jeu de langage est une contre-vérité parce que, justement, la situation présente est que *les marchés financiers sont inefficients à cause du fait qu'ils ont des caractéristiques qui ressemblent aux processus "efficients au sens de Fama"*.

Il faut dénoncer ces préciosités, simulacres de connaissance, qui fabriquent de la fumée, comme d'autres fabriquent du doute (Michaels 2008, Oreskes Conway 2010).

Depuis les 25 dernières années, c'est la finance qui tient la passerelle du supertanker mondial. Par la globalisation, par l'augmentation de l'épargne, et par les innovations techniques des marchés financiers, son pouvoir sur l'économie est devenu prépondérant. Elle est aux commandes. Mais les signaux-prix qu'elle fabrique sont dans la brume.

On ne peut éviter que les obstacles que l'on voit.

Pour agir concrètement que tirer de la critique que nous avons menée ? L'analyse des voies possibles et souhaitables nécessiterait un travail d'une autre ampleur, collectif évidemment, ce n'est pas l'objet de cette courte monographie. Mais l'analyse des relations entre la finance et l'environnement que nous avons menée montre déjà clairement que la spéculation organisée est dommageable en elle-même — non pas pour des raisons morales liées au fait qu'on gagnerait ainsi sans avoir "travaillé" — mais par l'agitation qu'elle produit nécessairement qui brouille tous les indicateurs de l'état de la planète.

Il s'agit donc d'envisager sérieusement un retournement des forces politiques où des instances publiques reprennent en main le travail de constitution et de maintenance des données environnementales et en déduisent des incitations claires de politique économique au niveau mondial et au niveau des états-nations. A court terme cela veut dire une régulation sévère des marchés de type 2 et une diminution de leur importance. Cela signifie aussi une instauration de relations contractuelles directes entre prêteurs et emprunteurs et l'abandon pur et simple de la titrisation organisée. A long terme cela impose des changements plus profonds encore sur les modes

d'échange, dont, heureusement, les initiatives locales de la vie associative et la floraison actuelle de réflexions sur les économies alternatives constituent un précieux creuset d'idées.

Bibliographie

- Abbott A., *Methods of Discovery, Heuristics for the Social Sciences*, Norton & Co, 2004.
- Ackerman F. and L. Heinzerling "Pricing the priceless : Cost-Benefit Analysis and Environmental Protection" *Univ. of Pennsylvania Law Review* Vol 150 (2002) 1553-1584.
- Arrow K. J., "Le rôle des valeurs boursières pour la meilleure répartition des risques" *Econométrie Colloque Intern. CNRS Paris*, p41-48, (1953).
- Arrow K. J. Debreu G. "Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy" *Econometrica* 22, 265-290, (1954).
- Artus P., A. d'Autume, Ph. Chalmin et J.-M. Chevalier, *et al.* "Les effets d'un prix du pétrole élevé et volatil" CAE Rapport 2010.
- Bachelier L., *Calcul des probabilités* (1912).
- Black F., Jensen M. and Scholes M., "The Capital Asset Pricing Model : Some Empirical Tests", in *Studies in the Theory of Capital Markets*. Michael C. Jensen, ed. New York : Praeger, (1972) pp. 79-121.
- Bouleau N., *Processus stochastiques et applications*, Hermann (1988).
- Bouleau N., *Philosophies des mathématiques et de la modélisation* L'Harmattan (1999)
- Bouleau N., *Mathématiques et risques financiers* O. Jacob (2009).
- Bouleau N., *Risk and Meaning, Adversaries in Art, Science and Philosophy*, Springer (2011).
- Bouleau N., "On Excessive Mathematization, Symptoms, Diagnosis and Philosophical Bases for Real World Knowledge " *Real World Economics*. n57, 90-105 (sept 2011).
- Bourg D., A. Papaux eds, *Vers une société sobre et désirable*, FNH-PUF (2010).
- Boyce J. B., "'It Happened Too Early': Prediction and Inference in the Hubbert-Deffeyes Peak Oil Model" Dec. 2011 (en ligne).
- Boyer R., Chavance B., Godard O., eds, *Les figures de l'irréversibilité en économie*, Ecole Hautes Etudes en Sciences Sociales 1991.
- Brillouin L. "Maxwell's Demon Cannot Operate: Information and Entropy. I", *J. of Applied Physics* 22, 334—337 ; "Maxwell's Demon Cannot Operate: Information and Entropy. II", *J. of Applied Physics* 22, 338—343, (1951).
- Brillouin L. "The Negentropy Principle of Information", *J. of Applied Physics* 24, 1152—1163, (1953).
- Brillouin L., *La science et la théorie de l'information* Masson (1959).
- Callon M., "What does it mean to say that economics is performative?" CSI, working paper 5, Halshs, 2006.
- Chiroleu-Assouline M., "La fiscalité environnementale, instrument économique par excellence", *Revue Française de finances publiques*, 114, p17-25 (2011).
- Cont R. "Risques financiers : quelle modélisation mathématique ?", *Pour la Science* No. 375, p. 24, janvier 2009.
- Cont R. and A. de Larrard "Price dynamics in a Markovian limit order market" December 2010. <http://hal.archivesouvertes.fr/docs/00/68/17/62/PDF/ContLarrard2010.pdf>
- Cootner *The Random Character of Stock Market Prices* MIT Press 1964.
- Cournot A., *Exposition de la théorie des chances et des probabilités*, Œuvres complètes t1, Vrin (1984).
- Cournot A. *Recherches sur les principes mathématiques de la théorie des richesses* (1838) Calman Lévy 1974.
- Cournot A., *Principes de la théorie des richesses* (1863) Hachette Gallica.
- Cowles A., "Can Stock Market Forecasters Forecast?", *Econometrica*, 3rd issue, 309-324, July 1933.
- Criqui P., Feraco B., Grandjean A., *Les Etats et le carbone*, PUF (2009).

- Daly H. E., Farley J., *Ecological Economics, Principles and applications*, Islandpress (2011).
- Dana R.-A., Jeanblanc-Picqué M., *Marchés financiers en temps continu Economica* (1998).
- Dasgupta P. and Heal G.M., "The optimal depletion of exhaustible resources, *Review of Economic Studies, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources*, 41, 3-28. (1974)
- Daviron B., Dembele N. N., Murphy S. and Rashid S., "Report on Price Volatility" Draft report by the HLPE Project Team, 11 May 2011.
- Debreu G. "Une économie de l'incertain" Electricité de France (1953).
- Delahaye J.-P. *Complexité aléatoire et complexité organisée*, Quae (2009).
- Demers, P. "Les Démons de Maxwell et le Second Principe de la Thermodynamique", *Canadian Journal of Research A22*, 27—51, (1944).
- Demers, P. "Le Second Principe et la Théorie des Quanta", *Canadian Journal of Research*, A23, 47—55, (1945).
- Demichelis S., Ritzberger K., "From Evolutionary to Strategic Stability" *J. of Economic Theory*, 113 (1), 51-75, (2003).
- Derruder Ph., Holbecq A.-J., *Une monnaie complémentaire* Ed. Y. Michel 2011.
- Duffie D., Shafer W., "Equilibrium in incomplete markets: I: A basic model of generic existence" *J. of Mathematical Economics* Volume 14, Issue 3, 1985, 285–300.
- Duffie D., Huang C. F., "Implementing Arrow-Debreu Equilibria by Continuous trading of few Long-Lived Securities" *Econometrica* 53, 1357-1356 (1985).
- Dumont R., *Mes combats*, Plon (1989).
- Dupuy J.-P., *L'avenir de l'économie*, Flammarion (2012).
- El Karoui, N. *Couverture des risques dans les marchés financiers*, Cours Master 2 Mathématiques, Option Finance, Université Paris VI, (2004).
- Even, W. E. et Noble N. R. « Testing Efficiency in Gambling Markets », *Applied Economics*, Vol. 24, pp. 85-88, (1992).
- Fama, E.F. « The Behavior of Stock Market Prices », *Journal of Business*, Vol. 38, No. 1, pp. 31-105, (1965).
- Fama, E.F. « Risk, Return and Equilibrium: Some Clarifying Comments », *The Journal of Finance*, Vol. 23, No. 1, pp. 29-40, (1968).
- Fama, E.F. « Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work », *The Journal of Finance*, Vol. 25, No. 2, pp. 3 83-417, (1970).
- Fama, E.F. « Efficient Capital Markets: II », *Journal of Finance*, Vol. 46, No. 5, pp. 1575-1617, (1991),
- Fama, E. F. et Macbeth J. D. « Risk, Return, and Equilibrium: Empirical Tests », *The Journal of Political Economy*, Vol. 81, No. 3, pp. 607-636, (1973).
- Fisher R.A., *Theory of Statistical Information*, Proc. Cambridge Philo. Soc. Vol XXII, (1925).
- Fourez G., "Sciences, technologies, et pluralité de représentations valables", *Archimède* n°47, 14-15, (2008).
- Fullbrook E., *A Guide to What's Wrong with Economics*, Antem Press (2004).
- Gabor D., "Communication Theory in Physics" *IRE professional Group on Information Theory*, 1, 48-59, Feb. 1953.
- Gabor D. et al. *Sortir de l'ère du gaspillage*, quatrième rapport de Rome, Dunod (1978).
- Georgescu-Roegen N., *The Entropy Law and the Economic Process* Harvard Univ. Press (1971).
- Giraud G., *La théorie des jeux*, Flammarion (2009).
- Giraud G., Renouard C. ss dir. de, *20 propositions pour réformer le capitalisme*, Flammarion (2009).
- Grandjean A., Galand G., *La monnaie dévoilée* L'Harmattan 1997.

- Grossman S. J., Stiglitz J. E., "On the Impossibility of Informationally Efficient Markets" *The American Economic Review* Vol. 70, No. 3 (Jun., 1980), pp. 393-408
- Guesnerie R., *L'économie de marché*, Le Pommier (2006).
- Guerrien B., *Dictionnaire d'analyse économique, microéconomie, macroéconomie, théorie des jeux*, La Découverte (1996).
- Guerrien B., *L'illusion économique* Omniscience (2007).
- Hanley N., "Are there Environmental Limits to Cost Benefit Analysis ?" *Env. and Resource Economics* 2 (1992) 33-59
- Hayek F., "The Use of Knowledge in Society" *The Amer. Economic Review*, XXXV, n4, 519-530, (1945).
- Helm D., "Peak oil and energy policy—a critique" *Oxford Review of Economic Policy*, Vol27, Nr 1, 2011, pp. 68–91.
- Herings, P.J.J., "Static and Dynamic Aspects of General Disequilibrium Theory", in *Theory and Decision Library Series C: Game Theory, Mathematical Programming and Operations Research*, Kluwer (1996).
- Hotelling, H. "The economics of exhaustible resources." *Journal of Political Economy* 39 (2), 137-175 (1931)
- Hull J. C., *Options, Futures, and other Derivatives*, Prentice Hall (1993).
- Hurwicz L., "The design of Mechanisms for Resource allocation" Richard T. Ely Lecture *The Amer. Economic Review*, Vol 63, 2, 1-60, (1973).
- Jackson T., *Prosperity Without Growth: Economics for a Finite Planet* Earthscan (2009).
- Jensen, M.C. « Some Anomalous Evidence Regarding Market Efficiency» *Journal of Financial Economics*, Vol. 6, pp. 95-101, (1978).
- Jensen, M.C. et Benington G.A. « Random Walks and Technical Theories: Some Additional Evidence », *The Journal of Finance*, Vol. 25, No. 2, pp. 469-482, (1970).
- Jurdant B. ss la dir. de, *Impostures scientifiques, les malentendus de l'affaire Sokal*, La Découverte et Alliage 1998.
- Khintchine A. I., *Mathematical Foundations of Information Theory* Dover (1957).
- Kolmogorov S., "Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung" (1933),
- Kullback S. et Leibler R., « On information and sufficiency », *Annals of Mathematical Statistics* vol. 22, p. 79-86, (1951).
- Lamberton D., Lapeyre B., *Introduction to Stochastic Calculus Applied to Finance*, Chapman and Hall 1996.
- Landauer R., "Dissipation and Heat generation in the computing process" *IBM J. Research and Develop.* 5, 183-191, (1961).
- Lardic S. et Mignon V. *L'efficience informationnelle des marchés financiers*, Repères, La Découverte, Paris, (2006).
- Lescaroux F. and Mignon V., "La transmission de la variation du prix du pétrole à l'économie" in *Les effets d'un prix du pétrole élevé et volatil*, P. Artus, A. d'Autume, Ph. Chalmin, J.-M. Chevalier, Rapport du CAE 2010
- Lester B., *Plan B, Rescuing a planet under Stress and a Civilization in Trouble*, Earth Policy Institute (2003).
- Lester B., *Eco-économie* Seuil (2003).
- Lo, A.W., Mamaysky H. et Wang J. « Foundations of Technical Analysis: Computational Algorithms, Statistical Inference, and Empirical Implementation », *The Journal of Finance*, Vol. 55, No. 4, pp. 1705-1765, (2000).
- MacKenzie, D. "An Equation and its Worlds: Bricolage, Exemplars, Disunity and Performativity in Financial Economics." *Social Studies of Science* 33, 831- 868 (2003).
- Mandelbrot, B. *Fractales, hasard et finance*, Champs, Flammarion, (2009).
- Meadows D. H., D. L. Meadows, J. Randers and W. Behrens III, *The Limits to Growth*,

- Universe Books, (1972)
- Meadows D. H., J. Randers and D. L. Meadows, *The Limits to Growth, the 30-year Update*, Earthscan (2008).
- Merton R. C., *Continuous-Time Finance*, Blackwell (1990).
- Merton R. C. « A Simple Model of Capital Market Equilibrium with Incomplete Information », *The Journal of Finance*, Vol. 42, No. 3, pp. 483-510, (1986).
- Meyer P.-A., *et al.*, *Probabilités et potentiels*, 5 volumes, Hermann 1965-1992.
- Michaels D., *Doubt is their product*, Oxford Univ. Press 2008.
- Milgrom P., Roberts J., "Predation, Reputation and Entry Deterrence" *J. of Economic Theory*, v27, 2, 280-312, (1982),
- Milgrom P., Roberts J., "Price and Advertizing Signals of Product Quality *J. of Political Economy* Vol. 94, No. 4, 796-821, (1986).
- Neveu J., *Bases mathématiques du calcul des probabilités*, Masson 1964.
- Neveu J., *Martingales à temps discret*, Masson (1972).
- Oreskes N. and Conway E. M., *Merchants of Doubt : How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues from Tobacco Smoke to Global Warming*, Bloomsbury Press 2010.
- Orléan, A. "Les marchés financiers sont-ils rationnels ?" In P. Askenazy et D. Cohen eds., *Vingt sept questions d'économie contemporaine* (pp 63-85), Albin Michel, (2008).
- Orléan A., *Efficiency, finance comportementale et convention : une synthèse théorique, Axes de la recherche en sciences économiques* CEPREMAP, Presses Rue d'Ulm, (2004).
- Orléan A. *L'empire de la valeur* Seuil (2011).
- Pålsson Syll L., "Rational expectations – a fallacious foundation for macroeconomics in a non-ergodic world" *Real World Economics*. n62, 34-50 (déc 2012).
- Perret B., *Le capitalisme est-il durable ?* Carnets Nord (2008).
- Perret B., *Pour une raison écologique* Flammarion (2011).
- Peters E. E., *Chaos and Order in the Capital Markets*, Wiley (1991).
- Plihon D., "Quelle surveillance prudentielle pour l'industrie de services financiers ?" *Revue d'économie financière*, 60, 17-32, (2000).
- Plihon D., *Le nouveau capitalisme* La Découverte (2004).
- Plihon D., et El Mouhoud M., *Le savoir et la finance. Liaisons dangereuses au cœur du capitalisme contemporain*, La découverte (2009).
- Portait, R. et Poncet P. (2008). *Finance de marché - Instruments de base, produits dérivés, portefeuilles et risques*, Dalloz.
- Radner R. "Existence of Equilibrium of Plans, Prices and Prices Expectation in a sequence of Markets" *Econometrica* 40, 289-303, (1972).
- Radner R. "Rational Expectations Equilibrium: Generic Existence and the Information Revealed by Prices" *Econometrica* 47, 655-678, (1979).
- Revue *Esprit*, Janv 2010, les impensés de l'économie.
- Ricardo D., *On the Principles of Political Economy and Taxation* (1817).
- Rothstein J., *Communication, Organisation and Science*, Falcon Will Press 1956.
- Sapir J., *Les trous noirs de la science économique*, Albin Michel (2003).
- Samuelson P. A., "Proof that Properly Anticipated Prices Fluctuate randomly" *Management Review* 6:2 (1965).
- Samuelson P. A., "Proof that Properly discounted present values of assets vibrate randomly" *Bell J. of Economics and Management Science*, 4, 369-374 (1973).
- Say J.-B., *Cours à l'Athénée* (1819)
- Schrödinger E., *What is life?*, McMillan (1946).
- Shannon C.E., Weaver W. *The mathematical Theory of communication*, University of Illinois, Urbana III, (1949).
- Shiller, R.J. « The Use of Volatility Measures in Assessing Market Efficiency », *The*

- Journal of Finance*, Vol. 36, No. 2, pp. 29 1-304, (1981).
- Soize Ch., "A nonparametric model of random uncertainties for reduced matrix models in structural dynamics" *Probabilistic Engineer. Mechanics* vol 15, 3, 277–294, July 2000.
- Solow, Robert M. 'The economics of resources or the resources of economics.' *American Economic Review* 64 (2), 1-14 (1974)
- Szafarz et Gillet, "L'efficience informationnelle des marchés. Une hypothèse, et au-delà ?", 2004 <http://ideas.repec.org/p/sol/wpaper/04-004.html>
- Szilard, L. (1929) "On the Decrease of Entropy in a Thermodynamic System by the Intervention of Intelligent Beings", in *The Collected Works of Leo Szilard: Scientific Papers*, pp. 120—129, (MIT Press, 1972).
- Theil H., "The information approach to Demand Analysis" *Econometrica* vol 33 n°1 (1965).
- Theil H., *Economics and information theory* North-Holland (1967).
- Tirole J., *The Theory of Industrial Organization* MIT Press (1988), *Théorie de l'organisation industrielle* t I, II, Economica (1999).
- Sorrel St., "Energy, Growth and Sustainability : Five Propositions" *SPRU Electronic Working Paper* n185 (2010).
- Turner G. M., "A Comparison of *The Limits to Growth* with 30 years of Reality" *Global Environmental Change* 18 (2008) 397-411.
- Walras L., *Economie pure* 4ème éd 1902, Pichon et Durand-Auzias (1952).
- Warren R., "The role of interactions in a world implementing adaptation and mitigation solutions to climate change" *Phil. Trans. R. Soc. A* (2011) 369, 217–241
doi:10.1098/rsta.2010.0271
- Wiener N., *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine* (1947) Hermann 1958.

Une fausse posture scientifique ?	p 4
Dans le sillage de la théorie néoclassique	p 5
Méthode d'analyse	p 6
I. Du côté de l'activité économique	p 9
<i>Hayek et la décision décentralisée</i>	p 9
II. L'information, mannequin de la connaissance	p15
Quelques acceptions de la notion hors du champ économique	p15
<i>Information statistique</i>	
<i>Information probabiliste : transmission dans un canal</i>	
<i>Entropie et information en thermodynamique</i>	
<i>Information algorithmique</i>	
Notions d'information utilisées en économie avant le tournant néolibéral	p19
<i>L'information champ-de-vision</i>	
<i>Les prix comme résumé informationnel</i>	
Information et connaissance	p24
III. Après le tournant néolibéral : notion d'efficience pour les marchés à temps continu	p27
L'efficience selon Fama	p27
<i>L'information-filtration</i>	
<i>Qu'est-ce qu'une sigma-algèbre ou tribu ?</i>	
<i>Des marchés plus ou moins propices à la spéculation ?</i>	
Quels changements apporte la "révolution" Black-Scholes ?	p32
<i>La théorie de l'arbitrage dans le cadre du calcul stochastique</i>	
<i>Qu'en est-il de la "spéculabilité" des marchés ?</i>	
L'expérience ne fournit qu'une trajectoire unique	p34
IV. Inefficience des marchés financiers réels due à l'effacement du signal-prix	p35
Deux types de marchés	p35
<i>Pourquoi n'y a-t-il pas de cinétique économique ?</i>	
Il ne peut y avoir de marché avec spéculation sans agitation des prix	p43
<i>Une erreur d'appréciation de Léon Walras</i>	
<i>La critique des marchés financiers pointant seulement le comportement des spéculateurs est insuffisante et abstraite</i>	
<i>Assagir les marchés ?</i>	
L'agitation des prix et la dévastation de la nature	p49
<i>Retour sur le rapport de l'équipe Meadows : modèles simples et perfectionnements</i>	
<i>Qualitatif des processus aléatoires</i>	
<i>Vulnérabilité de l'environnement soumis à la "rationalité" économique</i>	
Le marché est contradictoire avec le signal-prix	p62
<i>Importance du signal-prix : le cas du carbone</i>	
<i>Les tendances ont disparues : exemples</i>	
Résumé synthétique: La loi fondamentale de la finance de marché	p70
<i>Bibliographie</i>	p74

Résumé

Si on pense qu'une partie hautement mathématisée de la littérature économique, publiée dans les grandes revues, et abondamment citée, est néanmoins fausse, on a plusieurs solutions. La première est de se détourner en considérant que cette partie n'est pas convaincante et ne mérite pas d'être traitée dans les manuels ni les cours. Mais quand on voit que néanmoins elle est encore et encore amplement reprise et sert d'argument pour justifier des pratiques contestables grâce au fait qu'elle est très mathématique, on finit par se convaincre qu'il faut vraiment faire la complète clarté sur cette question. C'est cette seconde solution qui est adoptée ici.

Cette monographie est un démontage rigoureux de la notion d'efficacité des marchés pour un lecteur non spécialiste mais exigeant. La démarche consiste à refaire le trajet intellectuel derrière l'ambition de cette notion d'être un pont entre la bonne allocation des ressources et certaines situations mathématiques.

Le verdict de cette enquête porte à réfléchir sur les conséquences de la finance de marché sur l'environnement.

L'auteur

Nicolas Bouleau est mathématicien et économiste, spécialiste des marchés financiers. Il est connu à la fois pour ses avancées mathématiques en théorie du potentiel et pour ses essais économiques et philosophiques. Il a publié plus de cent cinquante articles et une dizaine de livres. Il est membre du conseil scientifique de la Fondation Nicolas Hulot et titulaire du prix Montyon de l'Académie des Sciences française. Il enseigne la philosophie des sciences à l'Université Paris-Est et à l'Institut des Sciences Politiques de Paris.