

PHILIPPE HERLIN

Finance

LE NOUVEAU PARADIGME

**Comprendre
la finance et l'économie
avec Mandelbrot, Taleb...**

EYROLLES

Éditions d'Organisation

Changer de paradigme pour retrouver une croissance durable

« La finance est devenue folle » clame-t-on partout, souvent avec raison, mais aussi avec fatalisme. Que faire ? On ignore souvent que le mal a été diagnostiqué depuis longtemps, en premier lieu par le mathématicien français Benoît Mandelbrot, l'inventeur des fractales, puis par d'autres esprits iconoclastes tel Nassim Taleb, le découvreur des « cygnes noirs ».

Philippe Herlin revient dans ce livre sur la naissance de la finance moderne et ses développements jusqu'à nos jours, pour mettre en lumière les erreurs de ce modèle. À partir de nombreux exemples – et d'une relecture originale du jeu du Monopoly ! –, dans une approche claire et accessible, il montre que le paradigme actuel doit être totalement repensé.

Cette révolution copernicienne de la finance devient urgente : la gestion de l'entreprise a également été « contaminée », et la crise perdure, sans réelles perspectives de redémarrage. Dans ce contexte de financiarisation excessive, une approche « fractale » de la finance et de l'économie ouvre la voie à un développement économique soutenable, porteur de croissance et d'emploi.

Philippe Herlin est chercheur en finance et chargé de cours au Conservatoire national des arts et métiers. Il publie régulièrement des tribunes dans différents médias économiques, et est l'auteur de *Théorie des marchés financiers : revenir aux concepts fondamentaux (Club Finance HEC, 2008)*.

Préface de Bernard Marois, président du Club Finance HEC.

Finance : le nouveau paradigme

Éditions d'Organisation
Groupe Eyrolles
61, bd Saint-Germain
75240 Paris Cedex 05

www.editions-organisation.com
www.editions-eyrolles.com



Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée notamment dans l'enseignement, provoquant une baisse brutale des achats de livres, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement le présent ouvrage, sur quelque support que ce soit, sans autorisation de l'Éditeur ou du Centre Français d'Exploitation du Droit de copie, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris.

© Groupe Eyrolles, 2010
ISBN : 978-2-212-54657-6

Philippe HERLIN

Finance : le nouveau paradigme

COMPRENDRE
LA FINANCE ET L'ÉCONOMIE
AVEC MANDELBROT, TALEB...

EYROLLES

Éditions d'Organisation

« Il serait superficiel de prétendre que les chiffres et les tableaux fussent la froide compression d'énergies humaines désordonnées, toutes sortes d'aspirations et de suees nocturnes réduites à de lumineuses unités au firmament du marché financier. En fait, les données mêmes étaient vibrantes et rayonnantes, autre aspect dynamique du processus vital. C'était l'éloquence des alphabets et des systèmes numériques, pleinement réalisée sous forme électronique à présent, dans l'état zéro-un du monde, l'impératif numérique qui définissait le moindre souffle des milliards d'habitants de la planète. C'est là qu'était l'élan de la biosphère. Nos corps et nos océans étaient là, perceptibles et entiers. »

Cosmopolis, DON DELILLO

Retrouvez sur Internet en accès libre la quasi totalité des articles cités :

<http://www.philippeherlin.com/biblio.htm>

Sommaire

PRÉFACE.....	9
PROLOGUE	
Le virage d'Obama.....	11
Petit détour par le Monopoly.....	15
CHAPITRE I	
La naissance du modèle classique de la finance ..	21
Qu'est-ce que ça vaut ?	21
Retour sur un illustre inconnu : Louis Bachelier (1870-1946)	25
La formidable postérité de la courbe de Carl Friedrich Gauss.....	28
L'efficience des marchés.....	33
Markowitz et la théorie du portefeuille.....	36
Sharpe et le Medaf.....	40
Le modèle Black et Scholes et les options	44
Un contexte historique porteur.....	47
CHAPITRE II	
Le cataclysme du 15 septembre 2008 : un bug dans le modèle ?	51
La crise de 2008 n'aurait pas dû arriver !	51
Les hypothèses discutables du modèle classique.....	54
Où l'on retrouve la mémoire : l'invalidation de la courbe de Gauss	56

Les modèles continuent d'être utilisés et rafistolés.....	62
Alors pourquoi la crise de 2008 a-t-elle eu lieu ?	68

CHAPITRE III

On n'a pas écouté Mandelbrot !	73
Qu'est-ce que les fractales ?	75
La dimension fractale des cours de Bourse.....	80
Le domaine des lois de puissance.....	83
Loi de puissance <i>versus</i> loi normale.....	88
La courbe de Gauss n'est qu'un hasard d'approximation..	94

CHAPITRE IV

L'entreprise contaminée par la finance gaussienne	101
Les fonds propres ont un coût... et il est déterminé par le Medaf !	102
Le « WACC » imposé à l'entreprise	104
Les options réelles.....	106
Les effets pervers de la financiarisation de l'entreprise	107
Une dangereuse sous-estimation des risques	109
La course à la rentabilité des fonds propres.....	111
La tyrannie du WACC ?	113
Bref retour historique : du capitalisme entrepreneurial au capitalisme actionnarial.....	117
<i>Fair Value</i> : le coup de grâce ?	121

CHAPITRE V

La finance fractale	129
Il faut voir les marchés financiers autrement	129
Mieux mesurer le risque avec les lois de puissance	135

Ajustement des lois de puissance et interprétation	138
Les erreurs d'analyse à éviter	140
La finance comportementale	147
Peut-on encore faire des prévisions ?	149
Les pistes de Mandelbrot pour l'avenir	152
Taleb : « Maximisez votre serendipité ! »	156
Le « portefeuille de Taleb »	158
CHAPITRE VI	
L'entreprise fractale	161
Le critère d'analyse déterminant : scalable/non scalable ...	161
La voie de la richesse	166
Quelle structure optimale pour l'entreprise ?	171
CHAPITRE VII	
Notre avenir : « économie zombie » ou croissance durable ?	177
Mondialisation et scalabilité	177
Du « modèle Wall Mart » à « l'économie zombie » ?	179
Les menaces latentes	184
Régulation et croissance durable	189
ÉPILOGUE	
La fin du capitalisme ?	203
INDEX	206

Préface

La crise actuelle, ainsi que le désordre qui l'a accompagnée, va certainement accélérer la remise en cause de certains modèles économiques considérés jusqu'à présent comme inébranlables, telle la finance de marché. L'analyse en termes de risque-rentabilité développée par Markowitz et Sharpe s'est concrétisée par la mise en place d'un « Modèle d'Equilibre des Actifs Financiers » (MEDAF) ou, en anglais, CAPM (« Capital Asset Pricing Model »). Celui-ci suppose que les investisseurs sont rationnels et guidés par un souci d'optimisation économique et, de ce fait, il considère que toutes les informations pertinentes sont intégrées dans les prix des actifs ; les cours suivent un processus aléatoire au « marche au hasard », selon Fama. Par ailleurs, les modèles d'évaluation des options (Black et Scholes) s'appuient sur des hypothèses simplificatrices, telles que la loi normale des probabilités d'occurrence (ou courbe de Gauss). La finance classique ne s'intéresse qu'aux mécanismes d'équilibre des marchés, en s'appuyant sur l'hypothèse de rationalité des investisseurs, et postule que ces marchés sont efficients.

La révolution « einsteinienne » de la finance « comportementale » (ou la finance « cognitive ») vient de la prise en compte du comportement des acteurs de la finance (les « traders » ou « les gérants » de fonds). On s'est aperçu, à travers des études empiriques, que ceux-ci étaient victimes de nombreux biais tels que l'asymétrie des réactions face à des gains ou à des pertes, ou le concept de « regret » en cas de décision désagréable (vente de titres à perte). Les individus ne réagissent pas toujours avec une rationalité parfaite, « l'aversion au risque » n'est pas la même, selon que l'on se trouve face à un risque de gain ou de perte et selon le montant à gagner ou à perdre. En outre, on peut mettre en exergue l'existence de « phénomènes moutonniers » (ou de modes) où la rationalité se résume à : adopter un comportement semblable à celui des autres agents économiques (« panurgisme »), pour éviter d'être sanctionné si les décisions d'investissement se

révèlent erronées (si tout le monde s'est trompé en même temps, on sera alors exonéré de son erreur).

Comme l'a montré le prix Nobel George Akerlof, les êtres humains privilégient les croyances qui les arrangent, pour diminuer leur anxiété vis-à-vis de l'avenir. De même, on a constaté que les « traders » changeaient leur mode de décision, non en fonction de critères objectifs (données macroéconomiques ou microéconomiques nouvelles), mais en fonction des bonus qu'ils pourraient encaisser en fin d'année. Mais une des leçons les plus intrigantes de la finance « comportementale » provient de la remise en cause de la marche au hasard des cours boursiers. En fait, les marchés ont de la mémoire, ce qui explique le succès de l'analyse technique, considérée par la finance classique comme superficielle et non fondée scientifiquement. De même, la courbe de Gauss est une simplification du monde réel, l'utiliser, par exemple, pour établir le « pricing » d'un instrument financier nouveau, va aboutir à une déformation de la réalité sur laquelle il s'appuie.

C'est donc tout l'intérêt de l'ouvrage rédigé par Philippe Herlin, « Finance : le nouveau paradigme », de replacer la psychologie des acteurs au centre de la finance et de remettre à l'honneur des travaux négligés, tels que l'approche « fractale » de Benoît Mandelbrot ou le « Cygne noir » de Nassim Nicholas Taleb. Contrairement à ce que voudraient nous faire croire les ayatollahs des marchés, la finance n'est pas une science exacte, à l'égal de la physique ou de la chimie. Elle reste « un art ». En effet, dans le domaine de la finance de marché, il subsiste des zones d'ombre qui interdisent aux concepteurs de produits financiers de prétendre à une prédétermination totale. Ce qui ne veut pas dire que les financiers doivent renoncer à modéliser les prix ou la valorisation de ces produits, on dira qu'ils visent une exactitude « relative » de leurs calculs, plutôt qu'une certitude absolue.

Bernard MAROIS
Président du Club Finance HEC
Professeur émérite à HEC-Paris

Le virage d'Obama

Le 21 janvier 2010, Barack Obama prononce un discours qui stupéfie le monde de la finance : il affirme vouloir légiférer pour limiter le champ des activités à risque des banques d'investissement. Les banques collectant l'épargne des particuliers ne pourront plus faire de la spéculation « pour compte propre » ni posséder ou financer des fonds spéculatifs (les *hedge funds*), et leur taille sera limitée, « plus jamais le contribuable ne pourra être pris en otage par une banque "too big to fail" (trop grosse pour faire faillite) » a insisté le président américain¹. Sans revenir au *Glass-Steagall Act* de 1933, qui avait instauré une séparation nette entre les banques de dépôt et les banques d'investissement, ces nouvelles règles représentent un virage à 180 degrés par rapport à l'attitude conciliante adoptée jusqu'ici par la nouvelle administration de la Maison-Blanche.

La perte, la veille, de l'élection partielle pour le siège au Sénat de Ted Kennedy (suite à sa disparition) dans le Massachusetts au profit d'un républicain inconnu peut expliquer ce revirement. Mais c'est sans doute plus sûrement l'exaspération des Américains devant les profits et les bonus des banques de *Wall Street* qui a poussé Obama à changer son fusil d'épaule. Il reprend ici les préconisations de l'un de ses plus proches conseillers, Paul Volcker, ancien président de la Fed entre 1979 et 1987, non dénué d'humour et de bons sens (« La seule innovation financière

1. Pierre de Gasquet, « Barack Obama veut limiter les activités des grandes banques d'investissement », *Les Echos*, 22 janvier 2010.

des vingt dernières années dont l'utilité sociale est incontestable est le distributeur automatique de billets ! »¹).

Ces « règles Volcker », comme on les surnomme, devront passer devant le Congrès où la bataille s'annonce rude, car les banques y sont farouchement opposées. Mais au-delà des changements d'orientation et des joutes politiques, la crise financière qui a démarré à l'été 2007 pour éclater le 15 septembre 2008 avec la faillite de Lehman Brothers – et qui est loin d'être terminée – doit être l'occasion de s'interroger sur la finance elle-même, ses fondations et son fonctionnement.

Un éditorialiste du *Times*, Anatole Kaletsky, signe le 9 février 2009 un texte dans lequel il annonce la couleur : « Maintenant il est temps de faire une révolution dans la pensée économique² ! » La crise qui a éclaté le 15 septembre 2008 avec la faillite de Lehman Brothers « discrédite l'économie académique », il faut un nouveau paradigme, comparable à celui que connut la physique au début du XX^e siècle avec Einstein et Planck, qui ont respectivement découvert la relativité et la mécanique quantique. « L'économie est aujourd'hui où en était l'astronomie au XVI^e siècle quand Copernic et Galilée avaient démontré l'héliocentrisme, mais où l'orthodoxie religieuse et académique avaient lutté impitoyablement pour défendre le principe que le soleil tournait autour de la terre. » C'est ensuite le nom de Benoît Mandelbrot qu'il cite comme étant capable de nous libérer de cette orthodoxie stérile. Quelques mois auparavant (le 23 octobre 2008), l'ancien directeur de la Fed (entre 1987 et 2006), Alan Greenspan, déclarait au cours d'une audition devant le Congrès : « Tout notre édifice intellectuel s'est effondré pendant l'été de l'année dernière », qui marque le début de la crise des *subprimes*.

-
1. Patrick Hosking « "Wake up, Gentlemen", *World's Top Bankers Warned by Former Fed Chairman Volcker* », *Times*, 9 décembre 2009.
 2. Anatole Kaletsky, « *Now is the Time for a Revolution in Economic Thought* », *Times*, 9 février 2009.

La hausse des marchés des actions au cours de l'année 2009 a repoussé au second plan ces remises en cause qui semblaient alors si urgentes. Très vite, le retour à la normale s'est imposé, les recettes d'avant-crise ont refait surface et la mémoire s'est effacée devant l'optimisme. Pourtant, la crise actuelle oblige à interroger la théorie financière elle-même. Les crises précédentes (crise asiatique, bulle Internet, etc.), pouvaient être mises sur le compte d'accidents économiques, tandis que celle-ci implique la finance elle-même, sa capacité à concevoir des produits (*subprimes*), à gérer le risque, à résister aux chocs, etc.

Les discours critiques existent et le plus pertinent – parce qu'il remonte à la racine du problème – a été formulé dès les années 1960 par le mathématicien français Benoît Mandelbrot (né en 1924), l'inventeur des fractales. Il a synthétisé l'ensemble de sa pensée sur le sujet dans un ouvrage paru en 2005 en France (*Une approche fractale des marchés*¹), et l'année précédente aux États-Unis (*The (mis)Behavior of Markets*²). Autre référence incontournable, écrite par l'un de ses disciples, *Le Cygne noir*³ de Nassim Nicholas Taleb. Ancien *trader*, il découvre les écrits de Benoît Mandelbrot puis développe ses propres analyses. Au-delà de ces deux noms connus, plusieurs chercheurs partageant ces approches ont également produit des articles, notamment depuis la crise de 2008, qui offrent un éclairage original et pertinent.

Cette nouvelle approche de la finance développée par ces auteurs peut permettre de surmonter la crise actuelle en comprenant mieux les ressorts de la finance et de l'économie, cette « biosphère » dont parle le personnage principal, un *trader*, dans le roman de Don DeLillo, *Cosmopolis*. Sinon, le « retour à la normale » nous mènera à une autre crise, sans doute plus grave.

-
1. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, Odile Jacob, 2005.
 2. Benoît Mandelbrot, *The (mis)Behavior of Markets*, Profile Books, 2004.
 3. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, Belles lettres, 2008, paru aux États-Unis en 2007.

Petit détour par le Monopoly

Mais, avant d'aborder le vif du sujet, faisons un détour par l'un des jeux de société les plus célèbres, le Monopoly. Il permet en effet de comprendre le cœur du raisonnement de ce livre, la distinction entre les deux types de hasard que nous rencontrons en finance et en économie.

Une partie de Monopoly se déroule en deux séquences. Durant la première, les joueurs achètent les terrains en essayant d'en accumuler le plus possible. Lorsque tous les titres de propriété ont été vendus, s'engage alors une période d'échanges où chaque joueur tentera de constituer un ou plusieurs groupes de terrains de la même couleur, ce qui lui permettra de « construire » (acheter) des maisons et des hôtels ; en effet, il faut posséder toutes les cartes d'une même couleur pour pouvoir y installer des constructions. S'ouvre ensuite la seconde séquence de la partie, la plus excitante, dans laquelle les joueurs cherchent à construire, le plus rapidement possible, des maisons et des hôtels de façon à ruiner leurs concurrents.

La physionomie de la partie n'est bien sûr pas la même entre les deux séquences, et c'est tout ce qui va nous intéresser ici. Plus précisément, le risque, l'incertitude, ses implications, ses conséquences pour les joueurs, pour l'issue de la partie relèvent de deux logiques différentes.

Durant la première séquence :

- Il est quasiment impossible de faire faillite : les terrains coûtent en effet de 6 000 (Boulevard de Belleville) à 40 000 euros (Rue de la Paix), et l'on touche 20 000 euros à

chaque tour, en plus de la dotation de départ. Le prix à payer lorsque l'on tombe sur un terrain déjà acquis est modéré (de 200 à 5 000 euros, loyer du terrain « nu »).

- ▶ On ne peut évidemment pas perdre ou gagner la partie sur un coup de dé (il en faudrait deux ou trois de chanceux pour constituer un groupe de la même couleur, ce qui donne un avantage certain sur les autres joueurs, sans pour autant garantir de gagner la partie).
- ▶ À l'issue de la première séquence, les joueurs auront à peu près le même nombre de terrains. Si l'on considère 4 joueurs, ils se partageront les 22 terrains (mettons les gares, qui sont non constructibles, de côté), soit 5 à 6 terrains chacun. Bien sûr, d'une partie à l'autre, les configurations sont différentes, il y a toujours un joueur un peu chanceux qui parvient à 7 ou 8 terrains, un autre malchanceux se contente de 3 ou 4, mais il est extrêmement improbable qu'un joueur empoche la moitié ou les deux tiers des terrains. Sur plusieurs parties, la répartition est très égalitaire.
- ▶ De la même façon, les écarts de patrimoine (la valeur des terrains et les billets) entre le joueur arrivé en tête et celui en dernière position sont modérés.

La seconde séquence change complètement la donne :

- ▶ La faillite devient extrêmement probable ! Le jeu est conçu pour cela, le gagnant récupérant l'argent et les terrains des joueurs qui tombent dans ses filets. En effet, avec un hôtel il en coûte 25 000 euros de s'arrêter Boulevard de Belleville, 100 000 euros Place Pigalle, 115 000 euros Place de la Bourse et 200 000 euros Rue de la Paix. Les 20 000 euros offerts à chaque tour deviennent quantité négligeable !
- ▶ On peut perdre ou gagner sur un coup de dé. Si deux joueurs sont proches en termes de patrimoine et de constructions, le premier qui tombe chez l'autre hypothèque sérieusement ses chances. Obligé de revendre (à la moitié de leur valeur) ses maisons et ses hôtels à la banque pour payer le loyer, il accuse un retard, fatal la plupart du temps.

- La répartition des terrains entre les joueurs devient de plus en plus inégalitaire, le joueur qui prend l'ascendant récupérant progressivement les terrains des joueurs mis en faillite et obligés de s'acquitter de leurs dettes en cédant leur patrimoine.
- Et bien sûr, les différences de patrimoine s'accroissent énormément, jusqu'à la fin de la partie où le gagnant possède l'ensemble des terrains et de l'argent disponible.
- Un phénomène apparaît durant la seconde séquence : le joueur en tête accroît de plus en plus son avance sur les autres, c'est un effet d'entraînement, « l'argent va à l'argent ». Le joueur possédant plus de terrains construits que les autres prend très vite l'avantage, il touche plus d'argent, construit encore, reprend les terrains de joueurs mis en faillite, y installe maisons et hôtels, étend ses possessions sur le plateau. Ce faisant il déforme l'espace des probabilités à son avantage. On voit en général assez vite qui va gagner la partie et le « jeu » consiste à reculer le plus possible le moment de sa mise en faillite.

On a clairement affaire à deux modes de fonctionnement, à deux types de risques radicalement différents. Mais qu'est-ce qui fondamentalement explique cette opposition ? Il faut regarder les chiffres. Durant la première séquence, l'échelle des prix est petite, de 6 000 à 40 000 euros si l'on veut acheter le terrain, de 200 à 5 000 euros à s'acquitter s'il appartient à quelqu'un. Il s'agit d'une suite arithmétique où l'on passe de 6 000 à 40 000 euros en 22 étapes (les 22 terrains), le prix augmentant en moyenne de 1 545 euros à chaque fois ($40\,000 - 6\,000 / 22$). Le « hasard » est dans ce cas très limité, l'incertitude faible, le risque de faire faillite impossible pratiquement. C'est la moyenne qui impose ici sa « force » : les 4 joueurs auront $22/4 = 5,5$ terrains chacun, plus ou moins un « écart-type » limité et la probabilité qu'un joueur récupère la moitié des terrains est tout à fait marginale. Nous sommes ici dans un monde dit « gaussien », régi par la courbe de Gauss, dans

lequel le hasard est contenu, ne provoque ni crise ni faillite, assure une répartition très égalitaire des ressources.

Au contraire, le prix à payer si l'on tombe sur un terrain sur lequel se trouvent, une, deux, trois, quatre maisons ou un hôtel augmente de façon vertigineuse ! Pour le Boulevard de Belleville, on passe de 200 euros (terrain nu) à 1 000 (1 maison), 3 000 (2), 9 000 (3), 16 000 (4), 25 000 (hôtel). Pour la Rue de la Paix, c'est 5 000, 20 000, 60 000, 140 000, 170 000, 200 000. Pour l'Avenue de Neuilly : 1 000, 5 000, 15 000, 45 000, 62 500, 75 000. Ces progressions relèvent de ce qu'on appelle les « lois de puissance », qui sont de la forme $f(x) = x^k$, x à la puissance k . L'ajustement est bien sûr approximatif, ce ne sont pas de pures fonctions mathématiques mais des segments (1, 2, 3, 4 maisons, hôtel), qui globalement s'en rapprochent. Pour l'Avenue de Neuilly, l'exposant k varie de 1,23 ($1\,000^{1,233} = 5\,000$) à 1,01 ($62\,500^{1,0165} = 75\,000$). Nous sommes désormais dans le monde des lois de puissance, où le risque est très important, les faillites fréquentes, la répartition des patrimoines très inégalitaire, et dans lequel apparaît l'effet d'entraînement selon lequel « l'argent va à l'argent ».

Il importe bien de comprendre que nous avons affaire à deux types de hasard radicalement différents, possédant chacun leurs caractéristiques, leur physionomie, leurs fondements mathématiques. Dire que le risque « augmente » lorsque l'on passe de la première à la seconde séquence d'une partie de Monopoly est bien trop partiel ; nous changeons de monde, et c'est tout le génie de ce jeu.

Chacun devine aisément à quel type de hasard se rattache le monde de la finance. On entend souvent parler de « finance-casino », mais c'est une erreur : un casino est régi par la courbe de Gauss. Le fait de gagner une fois à une machine à sous ou à la roulette n'augmente pas les chances de gagner encore par la suite : à chaque fois, le joueur a une probabilité – faible – de gagner, et cette probabilité est constante (absence de l'effet

d'entraînement selon lequel « l'argent va à l'argent »), sinon les casinos feraient régulièrement faillite. Au Monopoly en revanche, le joueur qui récupère les terrains d'un concurrent augmente sa place sur le plateau et donc sa chance de gagner. La finance n'est pas un casino, mais plutôt un Monopoly rempli d'hôtels ! Et nous verrons que les lois de puissance, applicables à la finance, le sont également à l'économie...

Inventé en 1934 aux États-Unis, c'est-à-dire juste après la crise de 1929, le Monopoly offre un moyen ludique de comprendre les deux types de hasard auxquels nous sommes confrontés dans la vie économique, celui tranquille et inoffensif (mais ennuyeux) de la courbe de Gauss, et celui exaltant mais très risqué des lois de puissance (on rafle tout ou on fait faillite). C'est toute l'histoire de la finance et de l'économie, comme nous le verrons.

Terminons par une remarque : on le sait, chaque famille « arrange » les règles du Monopoly et c'est aussi ce qui fait le charme de ce jeu. Alors posons-nous une question : quelle règle faut-il modifier pour éviter les faillites, malgré la forte incertitude des lois de puissance ? C'est très simple : la création monétaire. En effet, chaque joueur touche 20 000 euros à chaque fois qu'il passe par la case départ (voici la création monétaire). Cette somme convient tout à fait à la première séquence mais devient insignifiante dans la seconde. Il suffit de la passer à 200 000 ou à 300 000 euros et plus aucun joueur ne fera faillite ! C'est ce que font les banques centrales depuis la crise de septembre 2008. Mais n'est-ce pas un arrangement un peu excessif ?

La naissance du modèle classique de la finance

« Tout ce qui a son prix est de peu de valeur » disait Friedrich Nietzsche¹. Soit. Mais c'est ce « peu » qui obsède toute la science économique, et encore plus la finance, où s'échangent uniquement des choses immatérielles, des actions, des obligations, des instruments financiers, le tout étant consigné dans d'abstraites livres de comptes. L'échange est permanent, de plus en plus rapide, la question de la valeur trône au centre des préoccupations et des calculs. Un corpus théorique s'est imposé pour y répondre, que nous appellerons le modèle classique de la finance, dans les années 1960 aux États-Unis. Ses racines remontent à plusieurs décennies en arrière et son succès tournera vite à l'hégémonie.

QU'EST-CE QUE ÇA VAUT ?

Que valent mes actions, mes obligations ? Pourquoi acheter telle valeur plutôt que telle autre ? Que vaudra mon portefeuille dans six mois, un an, dix ans ? Voici les questions que se pose à tout moment le détenteur de valeurs cotées sur les marchés. Angoisse permanente, souci de tous les jours, l'évaluation d'un ensemble de titres financiers, son comportement face à tel

1. Friedrich Nietzsche, *Ainsi parlait Zarathoustra*, partie 3, « Des vieilles et des nouvelles tables », 12, traduction Georges-Arthur Goldschmidt, Livre de poche.

événement économique, sa valeur dans le futur, sont le cœur de la finance, et une source de stress toujours renouvelée pour les détenteurs d'actifs ou ceux qui travaillent sur les marchés. Ces interrogations et ces appréhensions sont nées avec les premiers produits financiers et n'ont jamais disparu. Comment faire ? Quel calcul utiliser ? Peut-on même prévoir quoi que ce soit ?

Revenons à la définition d'un actif financier : un titre ou un contrat, que l'on peut acheter ou céder sur un marché financier, et qui est susceptible de produire des revenus et/ou un gain en capital, en contrepartie d'une certaine prise de risque. Un objet abstrait donc, que l'on a la liberté d'acheter et de vendre, qui peut prendre de la valeur mais qui recèle une certaine incertitude. On n'a pas « le beurre et l'argent du beurre », il y a des revenus, mais aussi un risque, dont on subodore qu'ils évoluent de façon concomitante (des revenus élevés signifient une prise de risque importante). C'est tout le problème de la finance : comment évaluer l'un et l'autre ?

Pour savoir dans quel actif financier investir, au-delà du prix qu'il vaut aujourd'hui, il faut connaître sa « vraie » valeur pour savoir s'il est surévalué (et donc susceptible de se déprécier avec le temps) ou sous-évalué (une « bonne affaire » et des profits en perspective). On définit la valeur d'un actif financier comme la somme actualisée de ses rendements futurs, c'est-à-dire ce que vaut aujourd'hui l'ensemble des revenus que va générer le titre au cours de sa vie. Cette méthode provient du calcul du prix des obligations, l'actif prédominant sur les marchés au XIX^e siècle : une obligation procure en effet des rendements réguliers (les coupons), connus à l'avance. Par ailleurs, le risque demeurait relativement limité ; il dépendait en effet de deux éléments :

- ▶ La qualité de la signature de l'émetteur, aisée à garantir en se reposant sur des institutions reconnues (même si cela n'évitait pas, en de rares occasions, les mauvaises surprises, comme en témoignent les fameux emprunts russes).

- Le niveau d'inflation, lui aussi relativement facile à circonscrire car au XIX^e siècle – avec l'étalon-or et l'absence de banques centrales – les anticipations d'inflation étaient très différentes d'aujourd'hui et, dans un sens, plus sûres, moins aléatoires, plus « mécaniques » ; désormais, le pouvoir politique et les banques centrales interviennent beaucoup, peut-être trop...

Une action étant un produit ne distribuant pas de coupons réguliers mais un dividende, et l'émetteur étant une entreprise et non une institution, la qualité de la signature se révèle donc plus complexe à évaluer et, surtout, son cours varie avec plus d'amplitude. Cependant, le mode de calcul a été conservé, faute de mieux. Le dividende versé annuellement par l'entreprise a été assimilé aux coupons émis par l'émetteur d'une obligation. Cette approche a été synthétisée, bien plus tard, dans la formule de Gordon-Shapiro (1956) :

$$P = D/(r - g)$$

P : la valeur théorique de l'action

D : le dividende annuel

r : le taux de rendement attendu par les actionnaires

g : le taux de croissance annuel des dividendes

Par exemple, une action qui verse un dividende de 100 € par an avec un taux de rendement attendu (c'est le taux d'actualisation) de 12 % et une croissance annuelle (de ce dividende) de 4 % vaut $100/(0,12-0,04) = 1\,250$ €.

Cette formule est limpide, mais son caractère simpliste la rend inutilisable, notamment parce que l'on suppose que toutes les variables sont stables. Or qui a vu une entreprise verser un dividende parfaitement identique d'année en année, c'est-à-dire maintenir sa rentabilité à la décimale près sur le long terme ? Chacun peut au contraire constater la forte variabilité, les à-coups, les surprises, bonnes ou mauvaises, concernant les bénéfices des sociétés. Une variable a été oubliée en route : le risque.

Le risque est au cœur des marchés, si les obligations font preuve d'une certaine stabilité dans le temps, notamment celles émises par les grands États, les autres actifs financiers comme les actions sont soumis à une variabilité importante, qui par moments défie les opérateurs sur les marchés et provoque des bulles ou des krachs. Comment appréhender ce risque ? Deux méthodes, l'analyse fondamentale et l'analyse technique, sont utilisées depuis les débuts des marchés financiers modernes (fin du XIX^e siècle), et le sont encore aujourd'hui :

- Pour l'analyse fondamentale, si une action monte ou descend, il faut en chercher la cause dans la société (ses comptes, ses produits, ses décisions stratégiques), son secteur ou l'environnement économique. On cherche un lien de causalité. Des milliers d'analystes sont employés à travers le monde pour ce travail qui constitue l'un des aspects essentiels du fonctionnement des marchés financiers. Cette méthode permet certes d'y voir plus clair, mais elle n'explique pas tout, loin de là, car elle a ses limites : les causes sont souvent obscures, difficilement connaissables, noyées dans une masse d'informations, elles peuvent être mal interprétées, ou se révéler incohérentes (les mêmes causes ne produisent pas toujours les mêmes effets, il faut tenir compte du contexte). En réalité, l'analyse technique marche très bien... *a posteriori*, quand il s'agit d'expliquer pourquoi telle société a « surperformé » ses concurrentes, mais pour ce qui consiste à prévoir... Comme disait Pierre Dac, « Les prévisions sont difficiles, surtout lorsqu'elles concernent l'avenir. »
- Dans l'analyse technique, on cherche à reconnaître dans les cours des actions des « formes types » de façon à prévoir l'avenir. Cette approche est ancienne, on en trouve trace au Japon au XVII^e siècle pour le marché à terme du riz. En Occident, elle apparaît au XIX^e siècle, les vagues d'Elliott étant la méthode la plus connue. Les chartistes, comme on les appelle, sont employés dans toutes les grandes institutions financières, preuve qu'ils apportent une certaine lisibilité au

marché, mais ils sont nettement moins nombreux et écoutés que les fondamentalistes, il faut le noter. La grande limite de cette méthode est qu'elle n'a rien de scientifique, qu'elle semble en outre peu rationnelle même si elle relève de procédures très codifiées. Elle apparaît comme une sorte d'empirisme, d'artisanat et certains attribuent ses succès à sa dimension autoréalisatrice (quand tous prévoient un « pic » ou un « plancher », il finit par se matérialiser).

Ces deux méthodes, répétons-le, sont encore largement utilisées aujourd'hui, ce qui valide leur utilité ainsi qu'une certaine véracité de leurs démarches. Cependant, elles comportent trop d'impondérables et, surtout, elles sont trop dépendantes de celui qui réalise l'analyse pour constituer une méthode scientifique reconnue de prévision des cours boursiers (sur la même action, tel analyste vous dira une chose, un autre le contraire). Une autre voie émergera, basée sur un rigoureux langage mathématique, qu'on appellera le modèle classique de la finance, dans les années 1960 aux États-Unis. Il a mis longtemps à prendre forme, plus d'un demi-siècle en réalité, puisque l'on peut fixer son point de départ précisément à l'année 1900, en France.

RETOUR SUR UN ILLUSTRE INCONNU : LOUIS BACHELIER (1870-1946)

L'idée qui va structurer toute la finance moderne est due au mathématicien français Louis Bachelier (1870-1946) : dans sa thèse intitulée *Théorie de la spéculation*¹ et soutenue le 29 mars 1900, il relie les marchés financiers et la théorie des probabilités. Il fut le premier à relier ce corpus théorique développé par Pascal, Fermat puis Laplace à un objet méprisé par la recherche mathématique d'alors, la Bourse, en l'occurrence les

1. Disponible en téléchargement sur www.numdam.org.

bons du Trésor français. Malgré l'originalité de l'approche, malgré la présence dans son jury du plus grand mathématicien d'alors, Henri Poincaré, sa thèse tombera dans l'oubli. Elle n'obtiendra d'ailleurs pas la mention qui lui aurait ouvert la voie de l'université et Bachelier errera dans différents lycées avant d'y accéder finalement, mais au terme de sa carrière. Il disparaît en 1946 dans le plus complet anonymat. C'est Benoît Mandelbrot qui rétablira sa mémoire et sa filiation dans le développement de la théorie de la finance.

Louis Bachelier procède à un changement épistémologique fondamental : il n'essaie pas de savoir si le cours de telle action va monter ou descendre, de combien et sur quelle période, mais il cherche à déterminer la loi de probabilité qui s'applique à cette action, c'est-à-dire à évaluer quelle sera l'ampleur des mouvements du cours. Évidemment, la question que se pose le détenteur d'une action est de savoir dans quel sens elle va évoluer. C'est à cette question que prétendent répondre les analyses fondamentales et techniques, mais lire l'avenir tel un oracle est bien entendu illusoire... Ce qui est possible en astronomie, en chimie ou dans les autres sciences « dures » apparaît comme hors de portée pour les sciences où l'humain intervient. En déterminant, avec Bachelier, la loi de probabilité qui s'applique aux actifs financiers, on pourra affirmer que le cours de telle action peut monter de 10 % d'ici un mois avec telle probabilité. Ce n'est déjà pas si mal, et, comme nous le verrons, en constituant un portefeuille de plusieurs actions possédant des comportements différents on pourra réduire le risque.

C'est la loi de probabilité qui devient la notion fondamentale. Dans l'introduction de la *Théorie de la spéculation*, Bachelier explique qu'une multitude d'événements influe sur les cours et qu'il est vain d'espérer une quelconque formalisation mathématique. Comment tenir compte de millions d'actionnaires, du boursicoteur au fonds de pension, chacun ayant son point de vue, mais aussi du flux permanent de dépêches et d'informations, et des stratégies des entreprises ? En revanche, il est

possible « d'établir la loi de probabilité des variations de cours qu'admet à cet instant le marché ». S'il est impossible de dénombrer et de mesurer l'ensemble des facteurs d'évolution des cours, un schéma probabiliste peut, lorsque l'on prend du recul, décrire l'évolution générale.

C'est le point fondamental de la démonstration de Bachelier : comment et pourquoi peut-on parler de hasard en finance ? En effet, si le cours d'une action donnée monte d'un euro, cela résulte de la confrontation de l'offre et de la demande ; les décisions de chacun des acheteurs et des vendeurs sont parfaitement réfléchies, aucun ne l'a fait au hasard. Si on les interrogeait, tous donneraient des arguments rationnels. Mais on se situerait alors dans une approche déterministe pure et dure, qu'a pu défendre en son temps le mathématicien et physicien français Pierre-Simon Laplace (1749-1827) lorsque les sciences prenaient leur essor. Il prétendait pouvoir prévoir l'avenir du cosmos tout entier si on lui donnait la position et la vitesse de chaque corps le constituant : « Nous pouvons considérer l'état actuel de l'univers comme l'effet de son passé et la cause de son futur. Une intelligence qui à un instant déterminé devrait connaître toutes les forces qui mettent en mouvement la nature, et toutes les positions de tous les objets dont la nature est composée, si cette intelligence fut en outre suffisamment ample pour soumettre ces données à analyse, celle-ci renfermerait dans une unique formule les mouvements des corps plus grands de l'univers et des atomes les plus petits ; pour une telle intelligence nul serait incertain et le propre futur comme le passé serait évident à ses yeux¹. » Mais comment croire à l'existence d'une telle intelligence ? Laplace fait peut-être là une ironique démonstration par l'absurde...

Une approche purement déterministe n'est pas envisageable pour deux raisons principales. Premièrement, tout n'est pas

1. Pierre-Simon Laplace, *Essai philosophique sur les probabilités*, 1814.

quantifiable et mesurable, ou alors il faudrait une puissance de calcul infinie (l'« intelligence » de Laplace). Deuxièmement, il faut distinguer le niveau microscopique du niveau macroscopique. Prenons un exemple simple : les mouvements des molécules d'un objet donné sont impossibles à calculer, mais au niveau de celui-ci, au niveau macroscopique, ils s'expriment par une valeur simple, la température (son augmentation indique une vitesse de déplacement des molécules plus importante).

Il en est de même avec une action qui fait l'objet en permanence d'achats et de ventes à des volumes et des prix différents. Tous ces mouvements paraissent erratiques, mais on cherchera à en déterminer la « température », la façon dont elle varie, autrement dit sa loi de probabilité. Si les cours des actions ne sont pas déterminés par le hasard, on peut faire comme s'ils l'étaient, comme l'explique le mathématicien russe Andreï Kolmogorov (1903-1987) : « La valeur épistémologique de la théorie des probabilités tient au fait que les phénomènes liés au hasard, considérés collectivement et sur une grande échelle, créent une régularité non aléatoire. »

LA FORMIDABLE POSTÉRITÉ DE LA COURBE DE CARL FRIEDRICH GAUSS

Selon Bachelier quand le prix d'une action change, on peut toujours essayer de déduire une relation de cause à effet ; mais avant que le cours ne se modifie, on n'en savait rien, ou du moins on ne savait pas si tel événement aurait telle influence et dans quelle proportion. Le cours aurait pu monter ou descendre, cela n'était pas prévisible. Cette vision est à la base de son raisonnement, selon ses termes : « Le marché, à un instant donné, ne croit ni à la hausse, ni à la baisse du cours vrai¹. » Bien sûr, chaque intervenant a sa petite idée sur telle ou telle valeur,

1. Louis Bachelier, *Théorie de la spéculation*, 1900, p. 32.

quant à sa hausse ou à sa baisse, mais globalement le marché ne « croit » – pour reprendre le terme de Bachelier – ni à la hausse ni à la baisse, ce qui est une autre façon de dire qu'il est toujours à l'équilibre (entre tous ceux qui vendent et tous ceux qui achètent). On ne peut pas prévoir le cours, les prix peuvent monter ou descendre avec la même probabilité, comme lorsque l'on joue à pile ou face avec une pièce de monnaie.

Les cours suivent ainsi une « marche aléatoire », selon les termes forgés par les successeurs de Bachelier. Cette idée est essentielle : le cours d'aujourd'hui ne dépend pas de celui d'hier, ni des précédents, il n'y a pas de dépendance temporelle. Lorsqu'on lance une pièce, la probabilité qu'elle tombe sur pile ou face est de 50-50, et si l'on tombe trois fois de suite sur le côté pile, cela ne va pas augmenter la probabilité, au lancer suivant, de sortir un autre côté pile : on a à chaque fois une chance sur deux. Les lancements sont parfaitement indépendants les uns des autres.

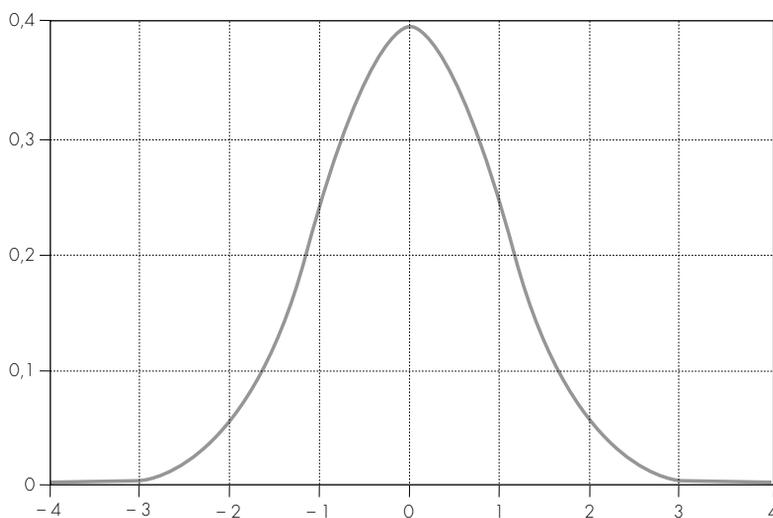
Quelle loi de probabilité peut-on alors utiliser pour décrire le cours des actions, ou ces lancers de pièces de monnaie ? Le simple lancer d'une pièce n'est pas aussi simple qu'il y paraît et il peut permettre de comprendre des phénomènes complexes. Considérons le jeu consistant à effectuer 100 lancers et à créditer son compte d'un euro lorsque la pièce tombe sur face et à diminuer d'un euro pour chaque pile. Répétons cette partie plusieurs fois, en remettant son compte à zéro avant de recommencer. Avec ce jeu, certes long et routinier, on obtiendra la plupart du temps une cagnotte vide (la moyenne de ce jeu est zéro, du fait que la probabilité de tomber sur pile ou face est équiprobable). On obtiendra à plusieurs reprises une cagnotte se situant juste à proximité de cette moyenne (+ 1 euro, - 1 euro), mais on aura parfois des gains, ou des déficits, de 5, 7, 9 euros, ce qui sera plus rare au fur et à mesure que ce chiffre augmente... En reportant les cagnottes sur un graphique (en faisant un histogramme : le nombre de cagnottes à zéro – le cas le plus fréquent – le nombre de cagnottes à 1, - 1, 2, - 2, etc.) on obtient une courbe

en forme de cloche : la plupart des cagnottes se situent autour de zéro et quelques gains ou pertes exceptionnels se trouvent sur les côtés. C'est la « courbe de Gauss », découverte par Carl Friedrich Gauss (1777-1855), autrement appelée « loi normale », ou parfois « courbe en cloche ».

Nous sommes ici en présence d'une loi fondamentale que l'on retrouve dans nombre de disciplines, partout où les probabilités sont utilisées comme la physique, la biologie, la sociologie, et la finance précisément.

Voici la formule de la courbe de Gauss ou loi normale et son graphique (de moyenne $\mu = 0$ et d'écart-type $\sigma = 1$) :

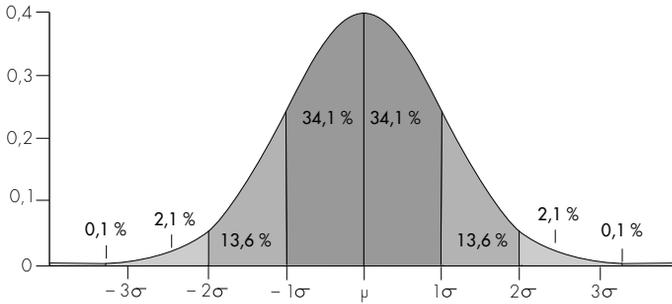
$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$



La loi normale

Cette fonction à la formulation complexe ne nécessite que deux nombres pour la caractériser : la moyenne et l'écart-type (on parle aussi de la variance qui est l'écart-type élevé au

carré). L'écart-type mesure la dispersion des valeurs autour de la moyenne : 68,2 % des valeurs sont comprises entre plus ou moins 1 écart-type (-1 et $+1$ sur le graphique), 95,4 % entre plus ou moins 2 écarts-types, 99,6 % entre plus ou moins 3 écarts-types, etc. On peut le voir dans le graphique suivant :



Loi normale et écart-type

Pour revenir à notre jeu des 100 lancers de pièce, on constate que la plupart des cagnottes se situent autour de la moyenne, c'est-à-dire zéro, et que l'on a très peu de chance d'obtenir une cagnotte de 7 ou 8 euros, ou d'en perdre du même montant : les valeurs sont très « resserrées » autour de la moyenne.

Il faut bien comprendre – et ce sera déterminant pour la suite – que la courbe de Gauss s'applique à des variables dites « i.i.d. », indépendantes et identiquement distribuées, c'est-à-dire :

- indépendantes : les valeurs sont indépendantes les unes des autres, sortir 3 côtés piles à la suite ne va pas augmenter la probabilité de tomber de nouveau sur le côté pile au quatrième lancer ;
- identiquement distribuées : les valeurs obtenues résultent toutes de la même loi de probabilité, ici du lancer d'une pièce avec une probabilité identique de tomber sur pile ou face.

De là, on déduit le « théorème central limite », une autre notion statistique : toute somme de variables aléatoires indépendantes et identiquement distribuées tend vers une variable aléatoire gaussienne (c'est-à-dire correspondant à la courbe de Gauss). Formulé autrement, on peut dire que tous les phénomènes résultant de l'addition de petites causes fortuites et peu dépendantes les unes des autres seront du type gaussien.

La courbe de Gauss connut un succès foudroyant dès la fin du XIX^e siècle et fut maintes fois confirmée. En 1846, le statisticien belge Adolphe Quételet (1796-1874) eut l'idée de consulter un tableau publié par l'armée britannique donnant les tours de poitrine de 4 000 soldats : ces mesures s'accordaient parfaitement à la courbe de Gauss ! La taille et le poids des individus, comme leur quotient intellectuel, répondent à la même distribution. Quételet développa le concept de « l'homme moyen » comme valeur centrale autour de laquelle les mesures d'une caractéristique humaine étaient regroupées suivant une courbe normale. Cette approche sera ensuite largement utilisée dans les sciences sociales.

Attention toutefois : il ne faut pas généraliser trop vite et affirmer que la courbe de Gauss représente « la » loi du hasard. Il faut bien comprendre que le succès sans égal de cette loi est la conséquence directe du théorème central limite, c'est-à-dire qu'elle s'applique à des variables indépendantes et identiquement distribuées (i.i.d.). Ainsi, par exemple, dans notre jeu de pile ou face en 100 lancers, si l'on rajoute une règle simple : arrêter de jouer et encaisser la cagnotte si elle dépasse 5 euros, les résultats reportés sur un histogramme ne correspondent plus à une loi normale (il y aura une bosse à 5 euros et rien après ; puisqu'on s'arrête, la distribution n'est plus symétrique). Les tirages ne sont plus indépendants car conditionnés par le résultat des tirages précédents. La mémoire (ici matérialisée par l'addition des gains jusqu'à 5 euros) entre en jeu. Mais nous y reviendrons.

La loi de Gauss appliquée à la finance : voici ce qu'a découvert Louis Bachelier. Toute la finance moderne est là. L'application de la théorie des probabilités à la finance, et le fait que la courbe de Gauss peut être utilisée comme loi de probabilité permettant de décrire les variations des cours, voici l'apport historique du mathématicien français. Il calcula en effet que, sur un mois ou une année, les variations de cours des bons du Trésor français correspondaient à la courbe en cloche (« On voit que la probabilité est régie par la loi de Gauss, déjà célèbre dans le calcul des probabilités¹. »).

Voilà qui aurait pu lui apporter renommée et fortune. Malheureusement, sa thèse n'a suscité aucun intérêt à son époque. Mais ses idées ne furent pas perdues pour tout le monde : en 1956, un étudiant en économie du MIT cite largement les travaux de Bachelier dans sa thèse. Il s'agit de Paul Samuelson, l'un des grands économistes de l'après-guerre. Un autre thésard américain reprend en 1964 les travaux de Bachelier et pose les bases de la théorie de l'efficacité des marchés, il s'agit d'Eugene Fama. La finance moderne forgée aux États-Unis dans les années 1960 et 1970 avec Eugene Fama, Harry Markowitz, William Sharpe, Fischer Black, Myron Scholes, Robert Merton, etc., tire son origine de la thèse de Louis Bachelier finalement sortie de l'oubli !

L'EFFICIENCE DES MARCHÉS

La notion d'efficacité des marchés, découverte par Eugene Fama au début des années 1960, joue un rôle essentiel dans le modèle classique de la finance. En effet, si toute la théorie qui va s'établir par la suite se base sur les prix des actifs et leur évolution, encore faut-il être certain que ceux-ci représentent bien la réalité du marché, sa « vérité », qu'ils synthétisent toute

1. Louis Bachelier, *Théorie de la spéculation*, 1900.

l'information existante. Si les prix ne sont qu'une simple indication et que les gros opérateurs s'entendent entre eux pour s'échanger leurs actions, un modèle basé sur les prix ne pourra être que bancal.

Aucun risque qu'une telle chose se produise, affirme Fama, car les marchés sont « efficaces », c'est-à-dire qu'ils incorporent à chaque instant toute l'information disponible. Cela a une conséquence importante : on ne peut jamais gagner contre le marché. À partir du moment où une information est correctement intégrée dans les prix, elle ne peut plus être utilisée pour réaliser un profit anormal, c'est-à-dire acheter un actif sous-coté ou vendre un actif surcoté. Si une entreprise décroche un contrat important susceptible de doubler ses bénéfices annuels, le cours de son action monte instantanément au niveau intégrant cette information, de telle façon qu'ensuite il n'y ait plus d'intérêt à acheter cette action pour espérer qu'elle monte, puisque c'est déjà fait !

Autrement dit, « l'espérance mathématique du spéculateur est nulle » : cela pourrait être du Fama... c'est en réalité du Bachelier. Le spéculateur – qui fait des paris sur l'avenir, achetant telle valeur en pensant qu'elle va monter – peut gagner par moments, mais il perdra à d'autres et, sur la durée, sera autour de l'équilibre, c'est-à-dire zéro. Si un chartiste pense avoir détecté une tendance, ou si un analyste financier est persuadé d'avoir mis à jour une information importante, la théorie de l'efficacité nous dit que, de toute façon, d'autres personnes informées auront déjà repéré ces éléments et l'auront traduit dans les cours. Accessoirement, on voit ainsi comment les théoriciens de la finance, lorsqu'ils émergent dans les années 1960, mettent de côté les analyses technique et fondamentale, pour faire place nette en quelque sorte.

Toute l'information disponible est intégrée dans les cours, et seule une nouvelle information les fera varier. On « attend » la nouvelle information, et le nouveau cours, comme on « attend » le prochain lancer de pièce. Chaque nouveau cours

est donc indépendant des précédents, comme chaque lancer de pièce est indépendant des tirages antérieurs. Nous sommes ainsi dans un cadre où les prix des actifs financiers résultent d'une multitude d'informations peu dépendantes les unes des autres, c'est-à-dire un cadre gaussien, permettant l'utilisation de la fameuse courbe de Gauss.

Mais au fait, comment les prix intègrent-ils instantanément toute l'information ? Écoutons les tenants de cette approche : « L'incorporation de l'information dans les prix résulte essentiellement de l'action des opérateurs bien informés et des conclusions tirées par des opérateurs moins bien informés, mais rationnels, de l'observation des marchés¹. » Soit, mais l'idée qui semble simple au départ (les prix incorporent toute l'information disponible), presque magique même, devient complexe lorsqu'il faut l'expliquer concrètement puisqu'on nous parle d'« opérateurs bien informés » et d'autres « moins bien informés » mais rationnels et qui donc suivent les mouvements du marché sans se poser de questions... Des moutons bien disciplinés en quelque sorte.

Poussons le raisonnement : si toutes les informations se trouvent dans les prix, on n'a plus intérêt à chercher à s'informer, à comprendre le marché, il suffit de lire les cours. « Un message noir et nihiliste » pour Benoît Mandelbrot². Deux économistes célèbres feront même un raisonnement par l'absurde, connu sous le nom de « paradoxe de Grossman-Stiglitz³ » : si les prix reflétaient parfaitement à tout instant l'ensemble de l'information disponible, il ne serait pas rentable de rechercher ou d'élaborer quelque information que ce soit, et à ce moment plus personne

-
1. Roland Portrait, Patrice Poncet, *Finance de marché*, Dalloz, 2008, p. 24.
 2. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, Odile Jacob, 2005, p. 79.
 3. Sanford Grossman, Joseph Stiglitz, « On the Impossibility of Informationally Efficient Markets », *American Economic Review*, 1980.

ne produirait ou n'interpréterait d'information, les prix n'incorporeraient alors aucune information et aucun prix d'équilibre ne pourrait se former !

Pour se sortir des contradictions internes, que ne manque pas de révéler une conception trop abstraite et radicale de l'efficience, la théorie classique de la finance a décliné plusieurs types d'efficacités :

- ▶ efficacité faible : les cours incorporent à chaque instant le seul historique des cours (*i.e.* un chartiste ne peut pas détecter une tendance dont il pourrait tirer profit) ;
- ▶ efficacité semi-forte : les cours incorporent l'historique ainsi que toutes les informations publiques (*i.e.* un analyste – qui se base sur l'information publique – ne peut pas tirer parti d'une information pour réaliser un profit) ;
- ▶ efficacité forte : les cours incorporent l'historique, les informations publiques, ainsi que l'information privilégiée (*i.e.* les délits d'initiés sont impossibles).

Les défenseurs de cette théorie considèrent qu'empiriquement, la plupart des marchés financiers s'approchent de l'efficacité semi-forte. Ce qui, accessoirement, autorise les délits d'initiés... Quoi qu'il en soit, l'hypothèse d'efficacité des marchés est « le socle intellectuel sur lequel repose l'orthodoxie financière actuelle¹ ».

MARKOWITZ ET LA THÉORIE DU PORTEFEUILLE

Dans un article de 1952² et dans sa thèse soutenue en 1955 à Chicago, Harry Markowitz (né en 1927) développe ce qui deviendra la « théorie du portefeuille ». Voici le véritable point de départ du modèle classique de la finance, le moment où les bases théoriques (l'efficacité des marchés, la courbe de Gauss)

1. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, *op. cit.*

2. Harry Markowitz, « Portfolio selection », *Journal of Finance*, 1952.

permettent l'édification d'un modèle capable de fonctionner sur les marchés, de fournir un nouvel outil aux investisseurs et aux *traders*. L'apport de Markowitz sera récompensé par un prix Nobel en 1990.

Dans son raisonnement, Markowitz part de la littérature en vigueur à l'époque qui prétendait donner des conseils aux boursicoteurs, l'un des plus connus étant John Burr Williams¹. Selon cet auteur, il faut, pour chaque action, estimer les dividendes qui seront versés, ainsi que le taux d'inflation et quelques autres données, puis classer les résultats obtenus de la société la plus prometteuse à la moins intéressante. Mais, se dit Markowitz, si l'on appliquait cette seule méthode, on achèterait une seule action, celle qui rapporterait le plus ; or les investisseurs en détiennent toujours plusieurs, ils ont le souci de « ne pas mettre tous leurs œufs dans le même panier ». Ils raisonnent en fonction du gain, mais aussi en fonction du risque. Comment traduire ces deux concepts en équations manipulables ?

C'est toute l'innovation conceptuelle de Markowitz de « mettre en balance » le gain et le risque, et d'en permettre le calcul. Et quel outil mathématique utiliser pour décrire le cours des actions sinon – à la suite de Bachelier – la courbe de Gauss ? Courbe dont, rappelons-le, la forme est définie par deux variables, la moyenne et l'écart-type, qui vont trouver ici leur expression dans le domaine de la finance :

- Le bénéfice escompté (le gain, le rendement) dépend du prix de l'action au jour de la revente. La meilleure estimation du prix futur est la moyenne des prix passés – il suffit de voir la forme en cloche de la courbe de Gauss – puisque la plupart des valeurs sont situées autour de cette moyenne. Il ne s'agit pas ici de « lire dans l'avenir », mais de retenir la valeur la plus probable.

1. John Burr Williams, *Theory of Investment Value*, Fraser Publishing, 1938.

- Le risque dépend de la façon dont le cours fluctue autour de la moyenne et – toujours d'après la courbe de Gauss – il est mesuré par l'écart-type (ou son carré, la variance) calculé sur les cours passés. Un écart-type faible étant caractéristique d'une action stable, peu risquée et un écart-type élevé signifiant la possibilité de gains ou de pertes importants, l'action est alors dite risquée.

Ainsi, la meilleure estimation du prix d'une action est sa moyenne des prix antérieurs, et son risque est mesuré par l'amplitude des variations autour de cette moyenne. Chaque action peut désormais être caractérisée par deux nombres représentant le gain et le risque : la moyenne et la variance (on parle du « critère espérance-variance »).

Markowitz peut ainsi comparer les différentes actions et passer à l'étape suivante : les combiner pour constituer un portefeuille. En en restant là, on pourrait constituer son portefeuille d'une majorité d'actions stables, pour limiter le risque et garantir une progression du même ordre que celle du marché tout entier, et l'agrémenter d'actions risquées, pour le « pimenter » en quelque sorte, en espérant ainsi réaliser quelques profits occasionnels. Mais Markowitz va rajouter à son modèle une notion essentielle provenant de la statistique : la corrélation.

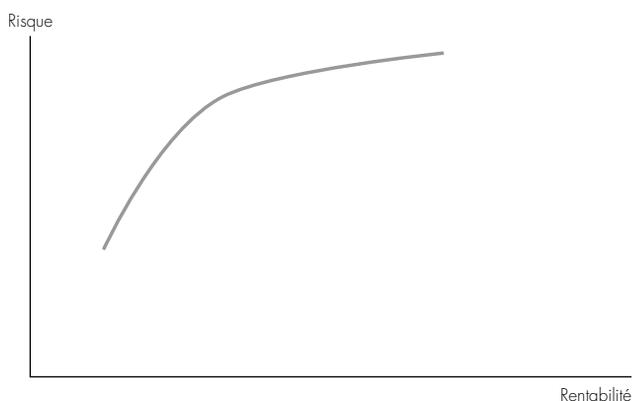
En effet, chaque action, selon le secteur auquel elle appartient ou la stratégie suivie par la direction, se comporte plus ou moins différemment de l'ensemble des autres actions ; elle leur est plus ou moins corrélée. Par exemple, en cas de récession, les valeurs du secteur de la consommation baisseront, mais pas nécessairement celles liées à la santé, plus stables, tandis que les sociétés du secteur *low cost* pourront monter, bénéficiant d'un afflux de consommateurs désargentés. Une hausse du prix du pétrole augmente les bénéfices des sociétés pétrolières et fait donc monter leur cours, mais celui des compagnies aériennes baissera suite à la progression de leurs coûts. Ces deux secteurs auront donc tendance à évoluer en sens inverse,

toutes choses égales par ailleurs. Il n'y a bien sûr rien de mécanique dans ces évolutions, mais des différences de comportements boursiers des grands secteurs économiques apparaissent assez clairement en fonction des différents « chocs » qui se produisent.

Le secteur de la santé, pour reprendre notre exemple, sera faiblement corrélé à l'évolution générale du marché des actions. Celui de la consommation lui sera au contraire fortement corrélé, tandis que le secteur *low cost* évoluera en sens inverse. Si l'on prend le cas d'un portefeuille constitué de deux actions, autant en prendre une du secteur de la consommation et une autre du secteur *low cost*, car en cas de récession leurs cours évolueront en sens inverse et la valeur globale du portefeuille restera constante, alors que l'achat de deux actions du secteur « conso » conduirait à des pertes sèches sur le portefeuille. En achetant deux actions au comportement opposé, on réduit le risque du portefeuille, sans, en outre, entamer sa rentabilité (la moyenne du portefeuille est la moyenne pondérée des deux actions). Le tout est plus que la somme de ses parties et Markowitz tire parti des liens de corrélation qui relient les actions entre elles.

Mathématiquement, on détermine cette corrélation par le calcul de la covariance entre les deux actions (on reste dans le cas d'un portefeuille à deux actions). Deux variables ayant une covariance non nulle sont dites dépendantes. La variance du portefeuille (son risque) est une formule qui additionne (de façon pondérée) les variances des deux actions et leur covariance.

En généralisant, en panachant plusieurs actions qui se comportent différemment, on peut donc réduire le risque global d'un portefeuille tout en maintenant sa rentabilité. C'est un portefeuille efficient. Et on peut déterminer plusieurs portefeuilles efficients en fonction du niveau de risque : c'est la frontière efficiente, où chacun va se positionner en fonction de son aversion au risque et de sa rentabilité souhaitée.



La frontière efficiente des portefeuilles

En fonction de son aversion au risque ou de la rentabilité que l'on souhaite atteindre, on situera son portefeuille à tel ou tel endroit de la frontière efficiente (vers la gauche si on craint le risque, vers la droite si on recherche surtout la rentabilité). On constate, bien sûr, que le risque augmente lorsque la rentabilité s'accroît.

On comprend aisément comment Harry Markowitz et ses épigones ont fait passer le placement en Bourse d'un jeu à base de « tuyaux » et d'intuitions agrémentés de calculs du coin de table en une ingénierie financière faite de variances et de corrélations ! Mais en attendant, cette méthode a un inconvénient majeur, elle nécessite énormément de calculs (moyennes, variances et surtout covariances de chaque action avec toutes les autres), ce que les ordinateurs de l'époque ne permettaient pas. C'est ici qu'intervient William F. Sharpe (né en 1934) qui, en 1960, vient frapper à la porte de l'illustre professeur pour faire sa thèse.

SHARPE ET LE MEDAF

Pour simplifier le problème sans en trahir l'esprit, Sharpe se pose une question toute simple : que se passerait-il si tous les

investisseurs intervenaient sur le marché en suivant la démarche de Markowitz ? La réponse est étonnante : dans ce cas, il n'y aurait qu'un seul portefeuille efficient pour tout le monde, qui serait le marché lui-même ! C'est le marché qui effectue les calculs de Markowitz : le prix et le risque de chaque action « traduisent » les comportements de l'ensemble des investisseurs, c'est le meilleur portefeuille possible.

Sharpe opère ici un renversement conceptuel en établissant le marché comme le « portefeuille idéal », la meilleure synthèse possible de l'ensemble des intervenants... on n'est pas loin de la « main invisible » d'Adam Smith. Cette idée donnera naissance à la gestion indiciaire, c'est-à-dire les fonds répliquant le CAC 40 ou d'autres grands indices boursiers. Si le marché a toujours raison, inutile de construire des portefeuilles dosés de telle ou telle façon, il suffit de le copier exactement et servilement... ce qui amène à nier la notion même de portefeuille. On retrouve ici l'une de ces contradictions internes qui parsèment la théorie classique (comme l'efficiencia des marchés qui conduit à ne plus produire d'information)...

Bref, si le portefeuille de marché constitue la référence suprême, alors la valeur d'une action donnée s'évalue au regard de celui-ci. Ce qui simplifie le calcul : on n'évalue plus une action en la comparant à toutes les autres prises une à une (Markowitz), mais au marché !

À cette étape du raisonnement, Sharpe introduit les notions – reliées entre elles – d'actif sans risque et de prime de risque. « L'actif sans risque » ce sont les bons du Trésor : dénués de tout risque quant à leur remboursement, ils rapportent un peu. Sur la longue durée, la Bourse rapporte plus, mais avec une incertitude. On peut dire que la Bourse offre une « prime de risque » pour détourner les investisseurs des rendements faibles mais sûrs offerts par les bons du Trésor. On peut ainsi calculer la prime de risque du marché (sa rentabilité sur les dernières années à laquelle on soustrait le rendement des bons du Trésor, ce qu'offre le marché en plus du taux sans risque).

Prime de risque du marché
 = rentabilité du marché boursier
 – rendement des bons du Trésor

Ensuite, intéressons-nous à une action en particulier. Précédemment, avec Markowitz, on devait calculer la corrélation entre cette action et toutes les autres pour prendre une décision, ce qui nécessitait énormément de calculs. Avec Sharpe, le portefeuille de marché (le marché lui-même) constitue la référence, c'est donc par rapport à lui que l'on va évaluer chaque action, plus précisément sa corrélation par rapport au marché, le β (le « bêta », devenu un terme générique).

Chaque action possède son « bêta » c'est-à-dire son niveau de corrélation entre les mouvements de son cours et ceux du marché dans son ensemble. Le bêta mesure ainsi la volatilité de l'action (ou son risque, c'est la même chose, mais c'est le terme de volatilité qui s'est imposé sur les marchés). Mathématiquement, le bêta est le rapport de la covariance entre l'action et le marché divisé par la variance du marché¹ et en voici les différents cas de figure :

- ▶ si $\beta = 1$: l'action suit le marché, à la hausse comme à la baisse et dans les mêmes proportions ;
- ▶ si $\beta > 1$: l'action est plus volatile que le marché lui-même (à la hausse comme à la baisse), c'est une valeur risquée, spéculative ;
- ▶ si $0 < \beta < 1$: l'action évolue moins vite que le marché, elle « amortit » les fluctuations du marché ;
- ▶ si $\beta < 0$: l'action évolue en sens inverse du marché ;
- ▶ $\beta = 0$: pour l'actif sans risque, par définition indépendant de toute évolution du marché.

1. $\beta_i = \text{cov} (R_m, R_i) / \text{var} (R_m)$

Le β de l'actif i est égal à la covariance entre la rentabilité du marché m (son espérance) et celle de l'actif i , divisée par la variance de la rentabilité du marché.

On peut ainsi répartir les actions du marché en fonction de leur comportement par rapport au marché. La rentabilité d'une action donnée sera donc liée, par l'intermédiaire de son bêta, à celle du marché. Le modèle de Sharpe s'écrit donc :

$$E_i = r + \beta (E_m - r)$$

E_i : espérance de rentabilité du titre i

r : taux sans risque

E_m : espérance de rentabilité du marché

où, conformément à ce que l'on a vu : $(E_m - r) =$ prime du risque du marché.

Plus le bêta est élevé, plus la rentabilité de l'action augmente, mais plus elle est volatile donc risquée. La relation entre le risque et la rentabilité, l'idée que plus on risque plus on gagne (qui est intuitive) est confirmée, et surtout mesurée par cette formule. C'est ce que l'on appelle le Medaf (Modèle d'évaluation des actifs financiers) ou, en anglais, le CAPM (*Capital Asset Pricing Model*), le paradigme de la gestion de portefeuille sur les marchés financiers. Par rapport à Markowitz, les calculs à effectuer sont réduits : un par action (déterminer son β et son espérance) au lieu d'un nombre exponentiel. Pour cet apport fondamental, Sharpe recevra, avec Markowitz, le prix Nobel d'économie en 1990.

Sur cette base, une innovation importante aura lieu dans les années 1970. Le Medaf, on vient de le voir, attribue un seul type de risque, lié au marché, le bêta. Mais si on prend l'exemple d'une société pétrolière, on comprend que son cours dépende de l'évolution générale du marché boursier, mais aussi du prix du pétrole ! Le modèle APT (*Arbitrage Pricing Theory*) de Stephen Ross naît en 1976 et permet de prendre en compte plusieurs facteurs d'évolution du cours d'une action. Mathématiquement, le modèle s'écrit de la même façon que celui de Sharpe, mais on a plusieurs bêtas pondérés liés à différents facteurs : β_1 lié au marché (le β de Sharpe), β_2 lié au prix du

pétrole, etc. Il faut donc, dans un premier temps, déterminer les facteurs d'évolution du cours des actions (le taux d'inflation, l'évolution du pouvoir d'achat, les perspectives de croissance, le prix du pétrole, etc.), ce qui nécessite de nombreux calculs économétriques, puis quantifier les multiples bêtas et leur pondération. La complexité du modèle augmente : au lieu d'un facteur chez Sharpe, on obtient une matrice des variances-covariances de grande taille et nécessitant une importante puissance de calcul. Ceci dit, les années 1970 marquent le début de l'informatique, ce qui permettra d'exploiter le modèle APT. Un modèle multifactoriel permet incontestablement de mieux décomposer la performance d'un portefeuille, de mieux comprendre sa dynamique. Il permet également d'élaborer des prévisions en fonction des valeurs attendues des différents facteurs.

LE MODÈLE BLACK ET SCHOLES ET LES OPTIONS

À côté des marchés des actions et des obligations existant depuis longtemps, un nouveau type de marché est créé en 1973 à Chicago, celui des options. Il faut cependant noter que les options existent depuis longtemps (Bachelier en parle) et que leur principe remonte au Moyen Âge (un paysan pouvait vendre sa récolte à un prix fixé à l'avance), mais il se faisait jusqu'ici de gré à gré. En 1973 à Chicago un marché réglementé est créé : le CBOE (*Chicago Board Options Exchange*).

Précisons qu'un marché réglementé fonctionne sur des règles strictes concernant l'admission des membres, les caractéristiques des produits échangés, les règles de fonctionnement, la communication financière, et qu'une autorité de contrôle surveille les transactions en permanence. La sécurité et la transparence sont en principe garanties. Les marchés de gré à gré sont plus informels, dénués d'instance de régulation, plus souples aussi, mais plus risqués. On parle aussi de marchés OTC, *Over the Counter* en anglais, c'est-à-dire « au-delà du

comptoir », où le client peut se servir librement, par opposition aux produits situés derrière le comptoir et qui nécessitent une autorisation formelle.

Une option, comme son nom l'indique, est un contrat qui donne la possibilité d'exercer un droit (ce n'est pas une obligation) lié à un actif donné et à des conditions définies. Une option donne le droit :

- ▶ d'acheter (option d'achat, appelée aussi *call*), ou de vendre (option de vente, appelée aussi *put*) ;
- ▶ un actif financier quelconque comme une action, une obligation, un indice boursier, une devise, une matière première, un autre produit dérivé, qui est « l'actif sous-jacent » (l'option est donc un produit *dérivé* d'un actif financier) ;
- ▶ à un prix précisé à l'avance (prix d'exercice ou *strike* en anglais) ;
- ▶ à une date d'échéance donnée ;
- ▶ moyennant une prime (c'est le coût de l'option).

Les options sont utilisées pour se protéger d'un risque, ou en tirer parti :

- ▶ en couverture de risque de baisse ou hausse du prix du sous-jacent (Airbus vend un avion en dollars le 1^{er} janvier mais sera payé le 1^{er} février ; il doit donc se couvrir contre une baisse du dollar, il va par conséquent acheter des *puts* en dollars d'un montant équivalent sur un mois. Air France achète son kérosène en dollars et est payé par la plupart de ses clients en euros, il doit donc se protéger contre les variations du dollar) ;
- ▶ pour spéculer à la baisse ou à la hausse du sous-jacent (le spéculateur, au contraire de l'entreprise, cherche à tirer parti des variations des monnaies ou d'autres actifs comme les actions) ;
- ▶ pour spéculer sur la volatilité (voir plus bas).

Avec la fin des accords de Bretton-Woods (suspension de la convertibilité du dollar en or le 15 août 1971), qui signifie la

fin du régime des changes fixes et le passage aux changes flottants en 1973, les entreprises ont subitement besoin de se protéger des variations des cours des monnaies. Les options vont ainsi devenir l'outil idoine pour se couvrir contre ce nouveau risque, et Chicago s'imposer comme le premier marché de la planète sur ce produit. Les options serviront également à se protéger, ou à spéculer, sur les variations de cours des actions.

Se pose alors la question de savoir quelle est la valeur d'une option (sa prime, ce que va coûter telle option à celui qui l'achète). Comment détermine-t-on le prix de vente d'une option ? Le marché, de gré à gré au début, puis réglementé à Chicago, fixait les prix de manière empirique, mais les opérateurs cherchaient une formule. Tous pensaient, logiquement, qu'il fallait connaître le prix de l'action sous-jacente à l'échéance pour déterminer le prix de l'option... mais y arriver aurait voulu dire que l'on aurait trouvé une martingale pour gagner à tous les coups !

Fischer Black (1938-1995) et Myron Scholes (né en 1941) partirent d'une autre idée. Ce qui importe – découvrirent-ils – c'est la volatilité :

- ▶ si une action est très risquée (très volatile), une option dont le prix d'exercice est « différent mais pas trop » du cours actuel vaudra quelque chose puisque la probabilité qu'elle dépasse ce prix est forte ; on dit que les options sont « dans le cours » ;
- ▶ si une action est très stable (peu volatile) une option dont le prix d'exercice est très différent du cours actuel ne vaudra pas grand-chose puisque la probabilité qu'elle dépasse ce prix est très faible ; on dit que les options sont « hors du cours ».

Dans le premier cas, l'option vaut « quelque chose » (mesuré précisément avec la formule de Black et Scholes) car le prix de l'option pourra être atteint à plusieurs reprises en raison de la volatilité élevée de l'action. En revanche, dans le second cas, la faible volatilité de l'action lui laisse peu de chance d'atteindre,

ne serait-ce qu'une fois, son prix d'exercice avant la date d'échéance fixée ; l'option ne coûtera donc pas grand-chose (sa prime sera faible). Cela se comprend intuitivement : on n'a pas besoin de se couvrir contre un actif financier qui demeure très stable. Au contraire, un actif volatil génère une incertitude forte et s'en protéger coûtera un prix significatif (la prime de l'option dont on fera l'acquisition).

On comprend maintenant comment on peut spéculer (ou prendre une assurance) sur la volatilité : on peut prévoir que telle action va voir sa volatilité augmenter à la suite d'un événement précis et prendre position sur cela grâce à des options. Si notre action très stable et peu risquée fait face à une information qui prend le marché au dépourvu (démission surprise du dirigeant, procès intenté par un concurrent, tentative d'OPA, etc.), l'option précédemment achetée avec une prime très faible vaut subitement très cher puisque la volatilité (l'incertitude) explose, et celui qui la détient réalisera alors un beau bénéfice en la revendant ! Cela donnera naissance à toute une technique de gestion spécifique centrée sur la volatilité, ainsi qu'à de récurrentes tentatives de manipulations de cours (faire un effet d'annonce et empêcher la hausse de la volatilité)...

La formule et la démonstration de Black et Scholes sont complexes¹ mais on rappellera, comme ne manque pas de le faire Mandelbrot, qu'elle suppose que les prix des actions suivent la courbe de Gauss...

UN CONTEXTE HISTORIQUE PORTEUR

Il est important de remettre en perspective le développement du modèle classique de la finance dans son cadre historique. Durant les années 1950 et 1960, en plein *boom* des « Trente

1. Cf. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, op. cit., note 10, p. 314.

glorieuses », la croissance est forte et, sur le marché boursier, on peut se borner à acheter les grandes valeurs de la cote pour voir son portefeuille augmenter régulièrement. Pas besoin de techniques élaborées !

Mais, au tournant des années 1970, la croissance baisse et les incertitudes augmentent subitement. Le premier choc pétrolier en 1973 renchérit le coût d'une matière première essentielle et fait plonger la croissance économique ; les bénéfices des entreprises refluent et l'inflation augmente dans tous les pays industrialisés, ce qui réduit d'autant les revenus boursiers. On assiste à la fin de la convertibilité du dollar en or, ce qui provoque la fluctuation des devises. Le résultat ne se fait pas attendre : les Bourses chutent !

Dans le même temps émergent les fonds de pension, aux États-Unis surtout, les particuliers gérant de moins en moins en direct leurs actions. Ces nouvelles institutions financières « professionnalisent » la gestion de portefeuille et ne peuvent se satisfaire des techniques alors en usage. C'est à ce moment qu'apparaissent et se généralisent les nouvelles techniques financières développées par Markowitz et Sharpe, ainsi qu'un nouveau produit permettant de se couvrir contre les variations des devises et des actions, les options, dont Black et Scholes viennent d'établir mathématiquement un modèle d'évaluation.

Les années 1970 marquent aussi le début de l'industrie informatique (le premier transistor date de 1971) qui va suivre le rythme explosif de la « loi de Moore » (la puissance des ordinateurs double tous les dix-huit mois, selon un des fondateurs d'Intel). Les modèles financiers sont très gourmands en capacités de calcul. Tout est donc en place pour le démarrage et l'expansion de l'ingénierie financière. Le retour de la croissance et la baisse de l'inflation dans les années 1980 vont rendre plus intéressant le marché des actions, et la déréglementation financière initiée au milieu des années 1980 accentue le mouvement : c'est le règne de la finance ! Les années 1990 marquent la fin de la séparation entre la banque

de dépôt et la banque d'investissement (mis en place aux États-Unis après la crise de 1929 avec le *Glass-Steagall Act*), ce qui amène à la constitution de grands groupes financiers. La croissance du secteur financier continue de plus belle...

Le cataclysme du 15 septembre 2008 : un *bug* dans le modèle ?

Le contexte historique est porteur pour le modèle classique de la finance forgé par Markowitz, Sharpe, Fama, Black et Scholes, pour prendre les plus importants, au point qu'il devient hégémonique. Mais plusieurs crises vont secouer les marchés, que les modèles tournant dans les salles de marché n'auront pas su prévoir. Le dernier en date fut un cataclysme qui faillit tout emporter lorsque, le 15 septembre 2008, l'une des plus importantes banques d'affaires de Wall Street, Lehman Brothers, tomba en faillite. Les États, par des aides massives, et les banques centrales, en déversant des flots de liquidité, sauvèrent les marchés d'un collapsus fatal. Quelque chose ne fonctionne pas.

LA CRISE DE 2008 N'AUROIT PAS DÛ ARRIVER !

La crise financière de septembre 2008, qui aurait pu mettre à terre le système financier mondial, n'aurait jamais dû avoir lieu ! Cet événement n'aurait pas dû se produire, tout simplement. Et c'est quelqu'un de très compétent qui l'affirme puisqu'il s'agit de David Viniar, l'un des dirigeants de la banque la plus réputée du monde, Goldman Sachs. Dans le *Financial Times* du 13 août 2007, alors que la crise des *subprimes* vient d'éclater et de secouer une première fois le système financier international, il fait part de sa stupéfaction

et de son incompréhension devant des mouvements de cours de certains actifs financiers d'une ampleur de « 25 fois l'écart-type » ! Un pont de la plus grosse banque américaine, la Citi, se dit, au même moment, « victime d'événements jamais vus ».

Revenons à notre courbe de Gauss, puisque c'est de cela qu'il s'agit. On a vu que 68,2 % des valeurs sont comprises entre plus ou moins 1 écart-type, 95,4 % entre plus ou moins 2 écarts-types, 99,6 % entre plus ou moins 3 écarts-types, autrement dit il n'y a que 0,4 % de chance qu'une valeur excède un écart de 3 écarts-types. Et la probabilité qu'une valeur excède 5 sigmas (la lettre grecque qui désigne l'écart-type) est de 0,000029 %, soit une fois toutes les 13 932 années, ou une fois tous les 4 millions d'années pour 6 sigmas, alors 25 !

Un célèbre chroniqueur américain des marchés boursiers, Bill Bonner, dans un éditorial, se moque de ce banquier qui voit ses certitudes « scientifiques » s'écrouler devant lui. « Viniar, quel comique ! », assène-t-il, car soit cet événement devait arriver une fois tous les 100 000 ans, soit le modèle de Goldman Sachs est faux ! Tout cet échange d'amabilités fut repris dans un article publié en mars 2008 « Quelle est la malchance d'avoir 25 sigmas ? »¹, dont le dernier intertitre est « Manque de chance ou plutôt incompetence ? »...

D'autant que des avertissements sérieux s'étaient produits les années précédentes. Le 19 octobre 1987, le Dow Jones chuta de 22,6 % en un jour ! La pire journée de Wall Street depuis la crise de 1929, une occurrence impossible selon les modèles financiers. Bien sûr, des programmes informatiques d'assurance de portefeuille ont accentué l'effondrement des cours par leurs ordres automatiques, avant qu'on les débranche, mais un tel écart d'un jour à l'autre défie les probabilités attachées à la

1. Kevin Dowd, John Cotter, Chris Humphrey, Margaret Woods, « *How Unlucky is 25-Sigma ?* », University College Dublin, 24 mars 2008. Les citations et les exemples numériques sont tirés de cet article.

courbe de Gauss. Ceci dit, ce krach ne sera pas suivi d'une crise économique et, passées les sueurs froides, la vie des marchés reprendra son cours et nul ne s'interrogera vraiment sur les modèles utilisés, retenant simplement qu'il ne faut pas les brancher en direct sur la Bourse.

Un accident plus ironique, pourrait-on dire, mais très révélateur, se produisit en 1998, avec la faillite du fonds LTCM. Ce *hedge fund* lancé en 1994 s'adjoignit les services de deux prestigieux économistes, Myron Scholes – le découvreur avec Fischer Black du fameux modèle Black et Scholes vu plus haut – et Robert Merton, qui travailla également sur ce modèle. Ils obtinrent tous les deux le prix Nobel d'économie en 1997, soit juste un an avant la faillite du fonds ! Bref, ces deux noms célèbres ainsi que les meilleurs *traders* de l'époque exploiteront les modèles mathématiques à la pointe de la recherche, et avec un effet de levier démesuré. LTCM commence par connaître de bons résultats, mais une anticipation de retour à la normale sur les taux obligataires fut prise de revers par la subite crise financière russe de l'été 1998, qui provoqua au contraire une surchauffe de ce marché. En quelques jours, le capital du fonds fut brûlé et ses engagements étaient tels qu'un risque systémique pour les marchés financiers internationaux devint plausible. Le président de la Banque Fédérale de New York convoqua les grandes banques d'affaires de Wall Street et les obligea à recapitaliser en catastrophe LTCM. Avertissement sévère et substantiel (l'un des pères de la théorie des options pilotait le fond !), mais qui resta sans suite.

D'autres événements ont fortement affecté les marchés boursiers, comme la crise asiatique de 1997-1998 ou l'éclatement de la bulle Internet en mars 2000, mais sans non plus qu'ils amènent à se poser des questions sur les fondements de la théorie de la finance. Dans ces deux cas, il est vrai, on pouvait rejeter les causes de la crise à l'extérieur des marchés boursiers (la crise des économies asiatiques, la folie Internet). Il n'en est pas de même avec la crise de 2008 : c'est le cœur même de la

finance qui est touché, sa capacité à élaborer des produits financiers, à les disséminer et à en calculer le risque (les *subprimes*). L'incompréhension, l'incrédulité des *traders* et des investisseurs devant la tornade déclenchée le 15 septembre 2008 par la faillite de Lehman Brothers en témoignent : la crise que nous traversons est une crise du *langage* de la finance, c'est une crise de ses concepts, de ses méthodes, notamment du calcul du risque.

LES HYPOTHÈSES DISCUTABLES DU MODÈLE CLASSIQUE

Prenons un peu de recul. Le modèle classique de la finance, que nous venons de voir, est bâti sur un certain nombre d'hypothèses qui trouvent toutes leurs sources dans la théorie économique néoclassique apparue à la fin du XIX^e siècle. Le Français Léon Walras (1834-1910), le Britannique Alfred Marshall (1842-1924), l'Autrichien Carl Menger (1840-1921) en sont les principaux fondateurs. Dans le sillage du développement des sciences et des technologies lors de la Révolution industrielle, ils défendent alors une approche basée exclusivement sur les mathématiques. Tout doit être calculable et ils créent cette notion d'*homo economicus* au comportement parfaitement rationnel et censé maximiser son utilité en analysant l'ensemble des informations disponibles.

Revenons sur ces hypothèses, reprises à son compte par la théorie de la finance pour décrire le comportement des investisseurs, et ébauchons quelques critiques :

1. L'hypothèse de rationalité des agents

Les investisseurs font des choix rationnels à partir de toute l'information pertinente disponible et ils expriment leurs préférences par une « fonction d'utilité » qu'ils maximisent.

Cette hypothèse semble limpide, un peu comme l'efficacité des marchés... mais elle a bien sûr été abondamment critiquée pour son simplisme.

2. L'hypothèse d'homogénéité

Tous les investisseurs se ressemblent, ils ont tous le même horizon temporel, ils disposent des mêmes informations, leurs attentes sont homogènes, « ils sont telles les molécules du gaz parfait et idéal du physicien : identiques et individuellement négligeables. Une équation qui décrirait un tel investisseur les décrirait tous » comme le fait remarquer Mandelbrot¹.

- Dans la réalité, les investisseurs ne se ressemblent pas, certains comme les fonds de pension gardent leurs actions en portefeuille pendant vingt ans tandis que d'autres en changent quotidiennement, certains se concentrent sur les « *Mid Caps* » (les valeurs moyennes) tandis que d'autres ne s'intéressent qu'aux « *Blue Ships* » (les actions de grandes sociétés), etc.
- Les modèles considèrent toujours un seul type d'investisseur. Si l'on commence à en distinguer plusieurs, le degré de complexité explose et il devient impossible de parvenir à un équilibre !

3. L'hypothèse de continuité

Les variations de cours sont continues, les cours ne plongent ni ne bondissent, ils évoluent continûment d'une valeur à l'autre. Ceci permet l'utilisation de la boîte à outils mathématique très fournie des fonctions continues et des équations différentielles.

En réalité, lorsque l'on regarde dans le détail, nous dit Mandelbrot, les cours effectuent des sauts, parfois importants, ils n'ont rien de fluide et de continu ; la continuité des cours n'est qu'une construction *a posteriori*, et sans cette qualité, les modèles de Sharpe, Black et Scholes ne marchent plus.

1. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, op. cit., p. 107.

Ces trois hypothèses participent du « contexte » de la courbe de Gauss, Louis Bachelier s'inscrit dans le cadre néoclassique qui vient de naître à la fin du XIX^e siècle et en tire les conclusions dans le domaine des marchés financiers en rajoutant, on l'a vu, la théorie des probabilités et la courbe de Gauss. On pourrait dire, en quelque sorte que :

Bachelier = hypothèses néoclassiques
+ courbe de Gauss

Mais l'hypothèse la plus importante qu'il faut remettre en cause est le fait que les cours de Bourse suivent la courbe de Gauss...

OUÛ L'ON RETROUVE LA MÉMOIRE : L'INVALIDATION DE LA COURBE DE GAUSS

Benoît Mandelbrot entreprit de tester la loi normale (ou courbe de Gauss) sur les données réelles constatées sur le marché boursier. Cette démarche semble dictée par le bon sens mais, dans les années 1960, où il commence ce travail et où naît la théorie de la finance, la quasi-absence d'ordinateur ainsi que la lourdeur de leur utilisation (par des cartes perforées !) ne facilite pas le traitement statistique des données. Son premier article, publié en 1962¹, portait sur les cours du coton, pour lequel on disposait de longues séries de prix. Il renouvelera à plusieurs reprises ce calcul.

Il découvre que les variations de cours de grande ampleur sont bien plus fréquentes que ne le suppose la loi normale : pour l'indice Dow Jones de 1916 à 2003, « la théorie prédit 6 jours où l'indice varierait de plus de 4,5 % ; en réalité, il y en eut 366 ». La probabilité d'avoir, comme le 31 août 1998 durant la

1. Benoît Mandelbrot, « The Variation of Certain Speculative Prices », *Journal of Business*, 1962.

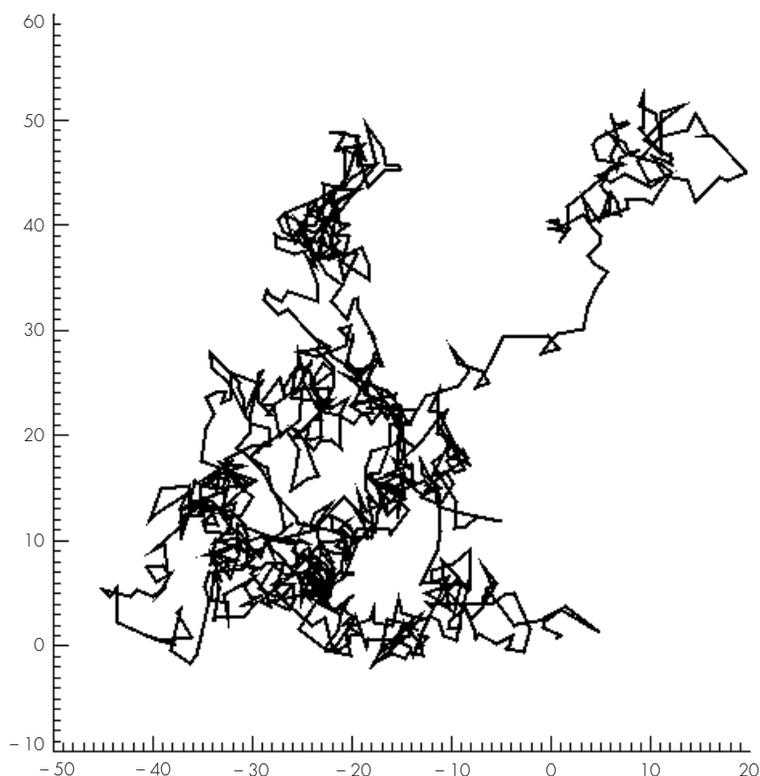
crise asiatique, une chute du Dow Jones de 6,8 % est de une sur vingt millions (soit une fois en 100 000 ans), et la probabilité d'avoir trois chutes graves durant ce même mois d'août (- 3,5, - 4,4 et - 6,8 %) de une sur 500 milliards. Quant au krach du 19 octobre 1987 (- 22,6 %), sa probabilité est de 1 sur 10^{50} , soit un nombre dénué de signification. Cet événement n'aurait jamais dû se produire ! Dans le monde idéal de la loi normale, il n'y a pas de crise.

Mandelbrot parle du « hasard sauvage » pour caractériser les marchés financiers, mais la réfutation de la loi normale ne se limite pas à constater la surreprésentation des valeurs extrêmes (dont on pourrait penser qu'elles sont exceptionnelles alors que le reste du temps tout est « normal ») ; c'est le processus même de la loi qui est pris en défaut.

Pour mieux comprendre ce dont il s'agit, il faut introduire ici le concept de mouvement brownien, qui est une notion dérivée de la loi normale. Issu de la physique, le mouvement brownien est une description mathématique du mouvement aléatoire d'une particule dans un fluide. C'est le botaniste britannique Robert Brown qui le découvrit, et lui donna son nom, en 1827, en observant les mouvements erratiques de grains de pollen. Une particule brownienne a un déplacement aléatoire (il n'y a aucun mouvement d'ensemble) ; elle « tourne autour » de son point d'origine (son point de départ est sa position la plus probable, un peu comme la moyenne d'une distribution gaussienne est sa valeur la plus probable) avec une ampleur plus ou moins importante que l'on peut assimiler à l'écart-type de la distribution gaussienne. Voici un mouvement brownien (page suivante).

Ses mouvements sont :

- ▶ indépendants les uns des autres ;
- ▶ la loi statistique ne varie pas au cours du temps ;
- ▶ ces mouvements correspondent à la loi normale.



© PAR / Wikipedia

Exemple de mouvement brownien

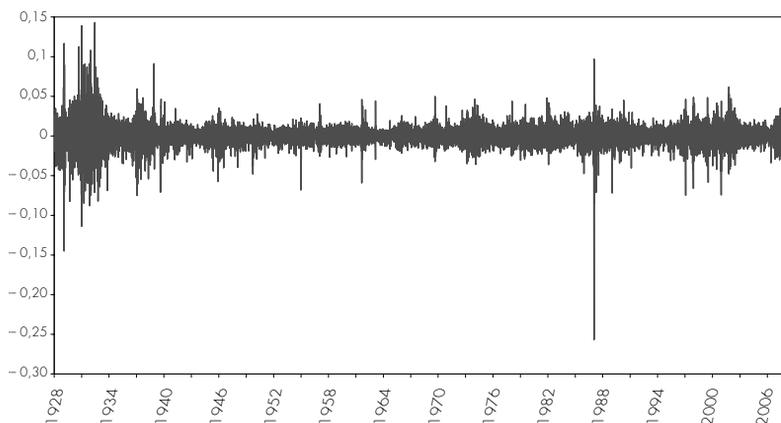
Le mouvement brownien est en quelque sorte la matérialisation visuelle, dans le temps et dans l'espace, de la loi normale. C'est Louis Bachelier qui suggéra le premier que l'on pouvait utiliser ce processus pour décrire les variations de cours des actions. Ce principe est devenu depuis la base des mathématiques financières.

Si les variations des cours de bourse d'un jour sur l'autre (on mesure les écarts de cours entre deux jours consécutifs) suivaient la loi normale, elles correspondraient à un mouvement brownien et, reporté sur un graphique, celui-ci évolue-

rait de cette façon, régulièrement à l'intérieur d'une bande. Mais ce n'est pas vraiment le cas, comme nous pouvons le constater sur les figures suivantes.



Exemple de processus brownien



*Les variations de cours du Dow Jones
sur la période 1928-2006*

D'après Paul De Grauwe, Leonardo Iania, Pablo Rovira Kaltwasser,
« *How Abnormal Was the Stock Market in October 2008?* », Eurointelligence,
11 novembre 2008 ; et Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*,
op. cit., p. 113.

Les deux graphiques n'ont rien à voir, et l'on se rend clairement compte que les valeurs extrêmes sont inexistantes dans le premier cas et courantes dans le second. Nous sommes ici au cœur du problème : « Ma conviction est que la route suivie par la plupart des théoriciens est mauvaise et qu'elle conduit à une

grave sous-estimation des risques de ruine financière dans une économie de marché libre et globale »¹.

La conclusion est aussi simple que brutale : la loi normale ne s'applique pas au marché financier. Pourquoi ? Rappelons ce que nous avons dit de la loi normale au début (à propos du lancer d'une pièce de monnaie), à savoir qu'elle s'applique à des variables dites « i.i.d. », c'est-à-dire :

- ▶ 1) indépendantes (les valeurs sont indépendantes les unes des autres, tomber trois fois sur le côté pile à la suite ne va pas augmenter la probabilité de sortir un autre côté pile au quatrième lancer) ;
- ▶ 2) identiquement distribuées (les valeurs obtenues résultent toutes de la même loi de probabilité, ici du lancer d'une pièce avec une probabilité 50-50 de tomber sur pile ou face).

Qu'est-ce qui ne fonctionne pas ? Mandelbrot explique que l'hypothèse d'indépendance ne tient pas. « Les variations de prix ne sont pas indépendantes les unes des autres », « aujourd'hui influence effectivement demain »². Il y a un effet d'inertie, une *mémoire* dans les cours de Bourse. Le fait que le cours d'une action progresse trois jours de suite augmente ses chances de progresser le quatrième jour (c'est même ce qui explique en partie les bulles). Et cette mémoire peut être longue (plusieurs années ou décennies). Mandelbrot formule plusieurs hypothèses pour expliquer la présence de cette mémoire :

- ▶ ce qu'une société fait aujourd'hui (le lancement d'un nouveau produit, le rachat d'un concurrent) déterminera l'aspect de cette société pendant plusieurs années ;
- ▶ il faut au marché un temps assez long pour réellement absorber l'information et la refléter dans les prix ;

1. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, op. cit. p. 23.

2. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, op. cit. p. 30.

- confrontés à de mauvaises nouvelles, certains investisseurs peuvent réagir immédiatement tandis que d'autres, à l'horizon de temps plus long, attendront un mois ou un an (tous les investisseurs ne se ressemblent pas).

Suspendons un instant le fil de notre raisonnement mandelbrotien pour évoquer l'analyse très pertinente, et recoupant celle que nous suivons, du financier George Soros. Dans son dernier ouvrage¹, il développe la notion clé de *réflexivité* : dans les sciences de la nature, la distinction est nette entre l'observateur (le scientifique) et l'observé (la réalité, l'expérience en laboratoire), mais ce n'est pas le cas dans les sciences sociales et en économie où l'observateur fait partie de cette réalité et cherche à agir sur elle. « Il existe une relation réciproque entre les faits et les opinions dominantes à chaque instant donné : les acteurs cherchent d'une part à comprendre la situation (qui inclut à la fois les faits et les opinions), et d'autre part à influencer sur elle »². Sur la Bourse, les gens achètent et vendent des actions en anticipant leurs cours futurs, mais ces cours ne dépendent pas uniquement de « fondamentaux » objectifs mais également des attentes des autres investisseurs, et cela crée une incertitude irréductible. Cette réflexivité s'oppose au cadre gaussien, les valeurs ne sont plus indépendantes les unes des autres et les règles changent avec le temps.

Revenons à Mandelbrot. La loi normale ne s'applique pas aux cours des actions, les variations de cours ne sont pas indépendantes... C'est tout l'édifice du modèle classique de la finance qui s'écroule, et c'est toute la démarche initiée par Louis Bachelier et développée par les économistes américains qui se voit invalidée. Nous verrons plus précisément ce que cela signifie, et quelles alternatives, quelles perspectives sont envisageables. Mais avant, voyons comment la théorie classique a réagi, non

1. George Soros, *Mes solutions à la crise*, Hachette, 2009.

2. George Soros, *Mes solutions à la crise*, *op. cit.*, p. 38.

pas à cette remise en cause fondamentale, parce qu'elle ne l'a jamais vraiment acceptée ni pleinement prise en compte, mais aux biais statistiques qui n'ont pas manqué d'apparaître.

LES MODÈLES CONTINUENT D'ÊTRE UTILISÉS ET RAFISTOLÉS...

L'enseignement académique et les *business schools* continuent à « vendre » le modèle classique de la finance et sa placide courbe de Gauss comme si de rien n'était. Les praticiens, eux, confrontés à la réalité du marché, affirment ne plus croire à 100 % aux modèles forgés dans les années 1960 et à l'efficacité des marchés. Mais cette approche continue à dominer les marchés, en raison notamment de l'argument dit « positiviste », dont Milton Friedman fut le premier défenseur : l'indépendance et la normalité ne sont après tout que des hypothèses simplificatrices, seuls comptent les résultats ! Le Medaf aide-t-il le gérant de portefeuille à prendre la bonne décision ? Alors contentons-nous en. L'argument est tout de même un peu court, quasiment antiscientifique, et les faits ne donnent pas raison à ces modèles ; il faudrait plutôt parler d'effets de mode (adhésion enthousiaste dans les années 1970 et 1980, remises en cause depuis les années 1990).

Une remise en cause primordiale du Medaf intervient en 1992, au sein même de la « forteresse » néoclassique, puisque l'un des protagonistes n'est autre que le créateur du concept d'efficacité, Eugene Fama. Avec son bêta censé synthétiser toute l'information essentielle concernant une action, le Medaf fut remis en cause de façon retentissante par Fama, donc, et Kenneth French dans une publication célèbre qui sera surnommée l'article « *Beta is dead* »¹. Selon eux, les effets PER

1. Eugene Fama, Kenneth French, « The Cross-Section of Expected Stock Returns », *The Journal of Finance*, juin 1992.

et *Book-to-market* expliquent à eux seuls la plus grande partie des différences de rentabilité d'une action à l'autre, le bêta n'étant qu'un paramètre redondant ! C'est, selon les auteurs, « un coup en plein cœur du modèle ». L'effet PER (*Price Earning Ratio*) est le rapport du cours sur le bénéfice net par action, pour mesurer si elle est chère ou bon marché (combien l'action « vaut-elle » le bénéfice ?). L'effet *Book-to-market* est le rapport entre le cours de l'action et la valeur par action enregistrée dans les livres comptables (l'action sous-estime-t-elle ou pas la valeur de l'entreprise ?). Dans le cadre de la théorie classique, ces deux ratios ne devraient pas exister, seul le bêta devrait compter et si de quelconques « effets » apparaissaient et pouvaient donner lieu à des prises de bénéfices, ils disparaîtraient immédiatement du fait de l'efficience du marché. Mais cela ne se produit pas et ces effets sont pérennes.

Comme pour « récupérer » cette critique sans remonter aux hypothèses de base et affronter de trop radicales remises en cause, un modèle à trois facteurs, quelque peu bancal au niveau conceptuel (bêta, PER et *Book-to-market*...), fut dérivé de cet article, le « *Three factor model* ». Le modèle APT (multi-facteurs) de Ross en 1976, avait ouvert la voie à cette idée. Cependant, même si on améliore les choses, on reste dans un cadre gaussien, dont on vient de voir qu'il est erroné. Si passer de un à trois facteurs donne de meilleurs résultats, il n'en demeure pas moins qu'à la base, les hypothèses sont fausses. On le voit, au cœur même de la théorie classique de la finance surviennent des critiques essentielles, mais sans pour autant remonter à la source du problème et ainsi entrevoir des remises en cause plus fondamentales.

Au niveau des institutions, notamment celle chargée d'élaborer les ratios prudentiels du secteur bancaire (Bâle I et II), la Banque des règlements internationaux (BRI), on constate également des évolutions. Dans son rapport annuel 2008, il est écrit, page 10 : « L'hypothèse naturelle, car la plus simple, est de supposer – pour la plupart des types d'actifs – que les rendements sont distribués

selon une loi dite normale, ce qui implique des queues de distribution minces. Et, même si les événements extrêmes sont rares, en réalité, ils sont plus fréquents que ne le laisse supposer la courbe dite normale. » Qu'avec une infinie retenue ces phénomènes (qui peuvent balayer le système financier) sont dits... La presse se fait aussi l'écho de ces critiques, jusqu'au prestigieux *The Economist* qui évoque les limitations du modèle brownien et les travaux de Mandelbrot¹.

À un niveau plus mathématique, la présence de valeurs extrêmes invalidant la loi normale a amené les statisticiens à trafiquer, pardon à adapter, cette loi à la plus ou moins grande présence de données extrêmes. Ainsi fut créé le kurtosis (du grec *kyrtos*, courbé), ou « distribution leptokurtique ». Une courbe de Gauss normale, avec ses « queues minces », a un kurtosis de 3. Si le nombre de valeurs extrêmes s'accroît, le kurtosis va augmenter, on aura alors une courbe avec des « queues épaisses ». C'est un peu comme la robe de Marilyn Monroe qui se soulève puis se rabaisse sur la bouche de métro dans *Sept ans de réflexion* ! Mais dans le film on sait pourquoi la robe s'envole (l'air soufflé par la bouche de métro) alors que les statisticiens, bien en peine d'expliquer pourquoi la courbe de Gauss modifie sa forme et quels en sont les facteurs, se contentent de le constater.

Un mathématicien belge a calculé² que le Standard & Poor's 500 entre 1970 et 2001 présentait un kurtosis de 43,36 ! Et tout de même de 7,17 en enlevant le krach de 1987. Le Nasdaq est à 5,78, le CAC 40 à 4,63... Ainsi, la courbe de Gauss « normale » (kurtosis = 3) n'existe sur aucun marché ! Et sa forme change d'un marché à l'autre et d'une période à l'autre ! On devrait en conclure que la loi normale n'est pas adaptée aux marchés financiers ? Pas du tout, cette dernière est conservée et « trafiquée » !

1. « In Plato's Cave », *The Economist*, 24 janvier 2009.

2. Wim Schoutens, *Levy Processes in Finance*, John Wiley & Sons, 2002.

À partir de cette idée de kurtosis, Robert F. Engle va développer dans les années 1980 le modèle GARCH (*Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*, soit dispersion hétérogène conditionnelle et autorégressive généralisée). Le modèle part d'une constatation qu'a aussi faite Mandelbrot : la volatilité se concentre sur certains intervalles de temps, en raison de la dépendance des cours entre eux. Le modèle GARCH part d'un modèle brownien classique, mais lorsque la volatilité augmente, des paramètres élargissent la courbe de Gauss (le kurtosis augmente), et lorsque la volatilité baisse, les paramètres réduisent le kurtosis. La courbe en forme de cloche « vibre » pour s'adapter aux circonstances. Mais le modèle ne dit pas pourquoi la cloche vibre... Ce modèle connaîtra une inflation de variantes (IGARCH, EGARCH, FIGARCH à mémoire longue, etc.), trahissant ainsi une profusion stérile.

La pensée académique demeure ainsi fermement dans un cadre gaussien, mais tient compte de phénomènes qui invalident l'hypothèse gaussienne (présence d'une mémoire, répartition inégale de la volatilité)... Il s'agit là de bricolage. Mandelbrot affirme que « de telles réparations *ad hoc* sont moyenâgeuses » et enchaîne sur les ajustements sans fin que les défenseurs de la cosmologie de Ptolémée faisaient de son système cosmologique centré sur la terre, avant que Copernic et Galilée mettent tout le monde d'accord. Cependant, GARCH et ses dérivés sont très largement utilisés sur les marchés financiers. Engle a eu pour cette raison le prix Nobel en 2003... Contrairement à ce qu'affirment certains financiers ou universitaires, les modèles GARCH ne permettent pas une meilleure prise en compte des problèmes de dépendance et de mémoire mis en lumière par Mandelbrot, il s'agit simplement de « bricolage » dans un cadre gaussien.

Mandelbrot s'interroge : « Pourquoi une telle répugnance au changement ? Parce que les anciennes méthodes sont faciles à comprendre et commodes à utiliser. Elles fonctionnent, paraît-il, pour la plupart des situations de marché. Seul en quelques

rare moments de grande turbulence la théorie s'effondre – et en de tels moments, qui pourrait garantir contre une prise de contrôle hostile, une banqueroute ou toute catastrophe financière divine ?¹ » Dire que le modèle classique et ses dérivés fonctionnent en temps normal sauf en cas de crise grave est stupide. C'est comme si un prévisionniste des tremblements de terre à Los Angeles prédisait chaque jour l'absence de tremblement de terre pour le lendemain. Il ferait cette prévision tous les jours pendant des décennies. Puis arriverait « *The Big One* ». Le lendemain, le prévisionniste admettrait ne pas avoir prévu le tremblement de terre de la veille, mais, depuis le début de ses prévisions, il aurait eu raison dans 99,99 % des cas !

Accessoirement, cela explique pourquoi certains *traders* gagnent des fortunes. Les fortes rémunérations de certains *traders* ne sont que le symptôme du retard et des errements de la théorie classique de la finance. Dans les salles de marché, les résultats fournis par les modèles tournant sur les ordinateurs ne constituent, pour les habitués, qu'un point de départ. Encore faut-il ensuite savoir enrichir son jugement pour interpréter à son profit des résultats que d'autres, moins aguerris, seront tentés de suivre. Les *traders* qui gagnent jouent moins contre le marché que contre ceux qui croient à l'efficacité des marchés et aux modèles usuels. Le plus célèbre investisseur du monde, Warren Buffet, aime dire en plaisantant qu'il subventionnerait volontiers des chaires universitaires sur l'efficacité des marchés afin que les financiers soient toujours aussi mal formés et qu'il continue ainsi de les dépouiller ! Il écrit dans le rapport annuel de 1988 du fonds qu'il gère, Berkshire Hathaway, qu'aucun des partisans de la théorie orthodoxe « n'a jamais admis avoir eu tort, quels que soient les milliers d'étudiants auxquels ils ont enseigné des choses fausses. Apparemment, la répugnance à se rétracter, et par là à démystifier le sacerdoce,

1. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, op. cit., p. 34.

n'est pas le seul apanage des théologiens ». Mandelbrot conclut : « Dans un monde non gaussien, il se pourrait bien que le gestionnaire d'investissements ait réellement à mériter sa rémunération élevée¹. »

Dans un article devenu célèbre (*Pourquoi nous n'avons jamais utilisé la formule de Black & Scholes*), Nassim Nicholas Taleb et Espen Gaarder Haug² expliquent même que Black et Scholes n'ont pas découvert une formule mais seulement trouvé un argument. Ils ajoutent que, de toute façon, cette formule n'est pratiquement plus utilisée depuis les années 1980, les *traders* lui préférant des méthodes heuristiques existant depuis longtemps...

Mais la crise de septembre 2008 a aussi contribué à une plus grande prise de conscience des limitations du modèle classique. Dans les pronostics des *bookmakers* anglais pour le prix Nobel d'économie décerné le 12 octobre 2009, Eugene Fama arrivait largement en tête. Mais décerner le prix à celui qui a inventé la notion d'efficience des marchés aurait frisé le ridicule après une telle tornade financière. Finalement, deux économistes s'interrogeant sur les limites du marché (Oliver E. Williamson et Elinor Ostrom) l'emportèrent ; Fama a passé son tour et, peut-être, la notion d'efficience appartient-elle déjà à l'histoire.

-
1. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, op. cit. p. 294.
 2. Nassim Nicholas Taleb et Espen Gaarder Haug, « *Why We Have Never Used the Black-Scholes-Merton Option Pricing Formula* », ssrn.com, février 2009, 5^e version.

ALORS POURQUOI LA CRISE DE 2008 A-T-ELLE EU LIEU ?

L'article emblématique de la crise des *subprimes* est sans aucun doute celui qui fit paraître Felix Salmon dans *Wired* le 23 février 2009, « Recette pour le désastre : la formule qui a tué Wall Street »¹. Il décortique brillamment le nœud du problème.

Le développement des *subprimes* butait en effet sur un problème de taille : comment en calculer le risque ? Les prêts hypothécaires souscrits par les Américains voulant acquérir un logement sont en effet rassemblés par centaines au sein de produits financiers (ils sont mis en tranches de CDO, *Collateralized Debt Obligation*) de façon à diminuer le risque grâce à la diversification : on y mêle des emprunteurs provenant de tout le pays, de tous âges, travaillant dans des secteurs différents, de différents niveaux de revenus. De cette façon, le risque est réparti sur une multitude de variables et le défaut d'un emprunteur n'aura normalement pas d'influence sur les autres (alors qu'en regroupant les prêts immobiliers d'une seule ville, ou de salariés de l'automobile, le risque serait plus important).

Cependant, il existe des effets de corrélation, même en diversifiant, des liens existent : comment savoir si le fait que M. Smith se retrouve au chômage influera sur la situation de M. McDonald (s'ils travaillent dans le même secteur, c'est fort possible) ? Si les prix de l'immobilier baissent en Arizona, quelle est la probabilité qu'ils baissent aussi en Floride ? Les données économiques globales jouent aussi un rôle : une hausse de la bourse facilite-t-elle, et dans quelle mesure, les remboursements ? De combien une hausse du prix de l'énergie fait-elle augmenter le taux de défaut ?

Intégrer toutes ces variables aboutirait à des calculs de corrélation d'une complexité impossible à maîtriser.

1. Felix Salmon, « Recipe for Disaster: the Formula that Killed Wall Street », *Wired*, 23 février 2009.

En 2000, un mathématicien d'origine chinoise travaillant chez JP Morgan, David X. Li, publia un article qui offrait un élégant raccourci pour résoudre ce problème apparemment insoluble¹. Puisque l'on parle d'un risque de défaut, il existe un produit financier idoine pour y répondre : le CDS. Le *Credit Default Swap* (CDS) est en effet un contrat d'assurance dans lequel une entité souhaitant se protéger contre le défaut de paiement d'un actif quelconque (société, pays, actif financier) verse des primes à une autre entité qui, en cas de défaut, rembourse le montant de la perte. Il suffit donc, pour chaque produit *subprime* (CDO), de lui associer un CDS élaboré à partir des mêmes caractéristiques : si les cessations de paiement des emprunteurs immobiliers augmentent, le cours du CDS augmentera et compensera ainsi la perte. Le CDS permet ici, à lui tout seul, de mesurer le risque : si son cours monte, cela signifie que le risque de défaut sur le CDO associé augmente, et inversement. En théorie, cela est imparable et cela explique aussi bien la notation « triple A » (la meilleure possible) conférée par les agences de notation à ces produits, comme l'explosion du nombre de CDS émis dans les années 2000.

Seulement, la communauté financière, qui adopta dans l'enthousiasme cette trouvaille, passa un peu vite sur les hypothèses du modèle. La « copule gaussienne », qui mesure le risque de corrélation (le défaut simultané de plusieurs débiteurs), fut élaborée à partir des données dont on disposait alors, soit un historique de dix ans, moment où apparurent les *subprimes* et, accessoirement, période pendant laquelle le marché immobilier américain ne fit que monter ! Un peu court et trop optimiste. En outre, comme son nom l'indique, la loi de probabilité de référence est la courbe de Gauss... La probabilité d'une crise devenait donc infinitésimale, en théorie.

1. David X. Li, « On Default Correlation: a Copula Function Approach », *Journal of Fixed Income*, mars 2000.

Certains émirent quelques avertissements comme Paul Wilmott, un célèbre quantitatif ouvert aux approches non gaussiennes, qui écrit que « les corrélations entre les quantités financières sont notoirement instables »¹. Il prend un exemple simple : le cours de deux fabricants d'espadrilles, quand le marché se développe, est corrélé, puisque les deux voient leurs chiffres d'affaires progresser. Mais quand l'un prend l'avantage sur l'autre et gagne des parts de marché, et cela est inévitable, les cours se mettent à diverger, et la corrélation devient négative. Son ami Nassim Nicholas Taleb va plus loin et déclare que « la corrélation est un charlatanisme » !

Et arriva ce qui devait arriver, une baisse des prix du marché immobilier américain, inconnue les dix précédentes années (et « non prévue » par la courbe de Gauss), fit s'écrouler ce château de cartes. David X. Li, rentré en Chine, refuse toute interview. Il serait stupide d'en faire un bouc émissaire, car c'est la crédulité des milieux financiers qui est ici en cause. Au passage, on remercie une revue technologique, *Wired*, d'avoir publié l'article de référence sur la crise des *subprimes*, un signe supplémentaire de l'aveuglement de la communauté financière, institutionnelle au moins. C'est donc au cœur même de cette finance que s'est logée l'illusion gaussienne, l'espérance d'un hasard modéré et quantifiable, le rêve d'un risque définitivement domestiqué. La dissémination de ces produits à travers le monde allait provoquer le cataclysme que l'on connaît.

Bien sûr, des causes plus générales, plus macroéconomiques, sont également responsables de la crise de 2008, notamment un surendettement généralisé (ménages, entreprises, institutions financières), et nous reviendrons sur ce point. Quelques économistes ont dénoncé cette menace et le risque d'un krach

1. Voir son site très documenté wilmott.com.

comme Nouriel Roubini ou Paul Jorion, mais on ne les a pas écoutés.

On invoque aussi souvent l'avidité comme responsable de la crise financière, et bien sûr ce comportement a concouru à sa gravité. La figure d'Angelo Mozilo, fondateur de Countrywide, très actif sur les *subprimes* les plus risqués et qui a vendu ses *stock options* juste avant l'écroulement final, cristallise cette accusation. Mais l'explication est trop courte. Les dirigeants et les salariés de Lehman Brothers auraient bien entendu préféré éviter la faillite et garder leurs salaires et leurs bonus ! Cela signifie donc que quelque chose leur a échappé. L'avidité, comme d'autres dispositions inavouables, est humaine, trop humaine. Lorsque des cabinets d'architectes se battent pour obtenir de grands contrats de travaux publics, de l'avidité entre évidemment en jeu, cependant les ponts et les tours ne s'écroulent pas au premier coup de vent. Les calculs de résistance des matériaux sont validés, admis par tous et garantissent la solidité des édifices. Voilà ce qui manque à la finance, une juste perception des risques, le refus d'ouvrir les yeux sur les limitations des modèles actuels, les accommodements avec des calculs qu'au fond de soi on sait faussés, un peu comme ces constructeurs peu scrupuleux qui économisent sur le béton lorsqu'ils construisent dans les régions sismiques, au risque d'engloutir les habitants.

On n'a pas écouté Mandelbrot !

La réalité, c'est qu'on n'a pas écouté Benoît Mandelbrot. Ses premières publications sur la finance remettant en cause le modèle classique remontent aux années 1960, avec un premier article sur le cours du coton¹ en 1962. Il continue de publier sur ce sujet durant les années 1970 et 1980. En 1997 paraît aux États-Unis un recueil de ses articles en finance où l'on retrouve déjà toutes ses thèses (les remises en cause, les perspectives) : *Fractals and Scaling in Finance*², il sort en France la même année (*Fractales, hasard et finance*³). Entre-temps, l'inventeur des fractales a acquis une célébrité mondiale, les images multicolores et comme enveloppées sur elles-mêmes à l'infini se diffusent largement, dans la communauté scientifique comme dans le grand public. Pour qui s'intéresse à la finance, nul ne peut ignorer ses travaux.

Et surtout, il publie en 2004 au États-Unis *The (mis)Behavior of Markets*⁴ et en 2005 en français, *Une approche fractale des marchés*⁵, qui reprend, de façon didactique, toutes ses découvertes sur la finance. Le livre suscite l'intérêt de la presse et de certains professionnels ou chercheurs, mais son impact reste

-
1. Benoît Mandelbrot, « *The Variation of Certain Speculative Prices* », *op. cit.*
 2. Benoît Mandelbrot, *Fractals and Scaling in Finance*, Springer, 1997.
 3. Benoît Mandelbrot, *Fractales, hasard et finance*, Flammarion, 1997.
 4. Benoît Mandelbrot, *The (mis)Behavior of Markets*, Profile Books, 2004.
 5. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, Odile Jacob, 2005, 2009.

quasiment nul dans le domaine académique. Malheureusement, en 2004-2005, il n'y a pas de crise sur les marchés ! Dans ce contexte où la finance est prospère, pourquoi tout changer pour quelqu'un qui explique que les modèles sont faux ?

Dans *Finance de marché*¹, de Roland Portrait et Patrice Poncet, paru au moment même du krach (donc rédigé avant), l'ouvrage de référence pour les étudiants, et largement le plus complet disponible en langue française (1 088 pages), Mandelbrot représente... une note en bas de page (page 636) ! Son ouvrage publié en 2005, de 360 pages quand même, et balayant l'ensemble de la théorie de la finance, s'y trouve relégué en une simple note, en plus à propos d'un phénomène dont il ne parle aucunement dans son livre (la structure fractale du mouvement brownien, ce qui en soi est d'ailleurs quasiment un abus de langage même si mathématiquement cela peut avoir un sens).

Mandelbrot essaie d'expliquer cette difficulté à convaincre : « Pourquoi l'ordre ancien perdure-t-il ? Habitude et confort. Ses mathématiques sont, au fond, simples et peuvent être rendues impressionnantes et mystérieuses pour quiconque n'est pas un scientifique émérite. Les *business schools* du monde entier continuent de les enseigner. Elles ont formé des milliers de cadres financiers, de conseillers en investissements. Même si, comme la plupart de ces diplômés l'apprennent par l'expérience, rien ne fonctionne comme annoncé ; ils doivent alors développer des myriades d'améliorations *ad hoc*, d'ajustements, d'accommodations pour pouvoir accomplir leurs tâches. Néanmoins, tout ceci apporte une réconfortante impression de précision et de compétence. Cette assurance est illusoire, bien évidemment. Le problème réside dans les racines du modèle standard². »

-
1. Roland Portrait et Patrice Poncet, *Finance de marché*, Dalloz, sept. 2008.
 2. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, *op. cit.*, p. 127.

QU'EST-CE QUE LES FRACTALES ?

Depuis toujours, les mathématiques raisonnent dans un univers euclidien composé de formes parfaites et lisses : droites, plans, cubes, sphères, etc. Pourtant, regardons autour de nous, demande Mandelbrot : « Les nuages ne sont pas des sphères, les montagnes ne sont pas des cônes, et l'écorce n'est pas lisse, pas plus que l'éclair ne se propage en ligne droite¹. » Une notion a été oubliée, la rugosité, et celle-ci « n'est pas une imperfection perturbant un quelconque idéal. C'est l'essence même de bien des objets dans la nature – comme en économie² ». Un nuage n'est pas une sphère avec des protubérances aléatoires, une montagne n'est pas un cône abîmé par le temps et l'érosion, etc.

On peut mesurer ce « degré de rugosité » avec les fractales. Le terme de fractale a été créé par Mandelbrot en 1975, à partir de la racine latine *fractus* qui signifie brisé, irrégulier. La clé des fractales consiste à « repérer la régularité dans l'irrégulier, la structure dans l'informe » d'un certain nombre d'objets.

Faisons deux expériences, consistant en deux mesures :

1. Mesurons une courbe régulière dessinée sur un tableau avec une règle de 30 cm puis notons le résultat obtenu. Refaisons la mesure avec une règle de 20 cm cette fois, puis une règle de 10 cm, de 5 cm, puis un segment de 1 cm... Les règles s'adaptent de mieux en mieux à la forme de la courbe. Progressivement, la mesure obtenue va augmenter, mais de moins en moins vite pour plafonner à la vraie longueur de la courbe.
2. Refaisons cette expérience mais avec une courbe dentelée et irrégulière comme la côte de la Grande-Bretagne (en grandeur réelle, sur place). Faisons une première mesure avec

1. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, op. cit., p. 146.

2. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, op. cit., p. 147.

un théodolite (l'instrument des topographes) avec un pas de 10 kilomètres à chaque fois, on obtiendra une certaine longueur. Refaisons ce calcul avec une corde tendue sur une longueur de 100 mètres, nouveau résultat, beaucoup plus important que le précédent. Puis avec un mètre, un décimètre... Cette fois la longueur totale ne plafonne pas, elle augmente ! Plus on réduit l'unité de mesure, plus la distance augmente. Avec un décimètre, la côte de la Grande-Bretagne ferait des dizaines de milliers de kilomètres.

Dans le premier cas, nous sommes dans le domaine du lisse (euclidien, mais plutôt rare dans la réalité), dans le second du rugueux. Mais dans le second cas, quelle est la « bonne » mesure ? Faisons une parenthèse historique : ce phénomène posait des problèmes pour mesurer les frontières. Au XIX^e siècle, lorsque les autorités espagnoles et portugaises mesuraient leur frontière commune, les premiers trouvaient 987 kilomètres tandis que les Portugais arrivaient à 1 214 kilomètres ! Les Pays-Bas comptaient 380 kilomètres de frontière avec la Belgique, cette dernière 449 ! Chacun prenait un « pas » différent.

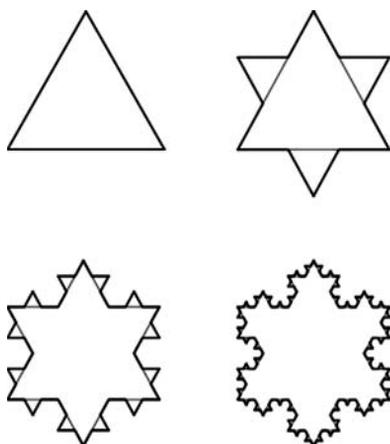
Plus on réduit l'instrument de mesure, plus la longueur totale augmente mais à un rythme quasi constant. Et ce phénomène se mesure par une quantité appelée « dimension fractale ». Pour la côte de la Grande-Bretagne, elle vaut 1,24. Voici un résultat étonnant, on parle donc de dimension non entière... Dans l'espace euclidien, une dimension ne peut être qu'entière : 0 (un point), 1 (une droite), 2 (un plan), 3 (un volume). Mais dans le domaine du rugueux, du fractal, on a des dimensions non entières. La côte britannique est plus accidentée qu'une droite (elle « excède » la dimension 1 mais, malgré son caractère erratique, elle ne couvrira jamais toute la surface d'un plan (de dimension 2), elle reste entre les deux. La côte australienne, moins accidentée, a une dimension fractale de 1,13, tandis que le quasi rectiligne rivage sud-africain à une dimension de 1,02. La « bonne » mesure est donc celle-ci : la dimension fractale (la

longueur sera toujours une convention). La dimension devient une mesure : c'est un des changements conceptuels fondamentaux qu'opère Benoît Mandelbrot.

Maintenant, construisons une fractale. Prenons un objet créé par le mathématicien suédois Helge von Koch en 1905, qui deviendra le « flocon de von Koch ».

Ouvrons une parenthèse. Cet objet date de 1905, soit bien avant la découverte des fractales, mais à l'époque il s'agissait, pour quelques mathématiciens iconoclastes, de trouver des formes qui défiaient les mathématiques de leur époque. On peut aussi citer la poussière de Cantor ou le triangle de Sierpinski. Mandelbrot, un siècle plus tard, les tirera de leur oubli et leur donnera une validité mathématique.

On part d'un triangle, sur lequel on rajoute sur chaque face un triangle un tiers plus petit, puis ainsi de suite sur chaque face, à l'infini :



Le flocon de von Koch

Le flocon de von Koch a une surface finie mais une longueur infinie (comme la côte britannique si l'on en vient à mesurer à

l'échelle du grain de sable, de l'atome). Il n'est en outre dérivable en aucun point... Un objet incompréhensible pour les mathématiques euclidiennes.

On le voit, la caractéristique de base d'une fractale est l'invariance d'échelle, c'est-à-dire qu'une même forme se retrouve à des échelles différentes (ici le triangle qui est divisé par trois à chaque itération). On parle aussi d'homothétie interne. Voici la définition qu'en donne Mandelbrot : « Les fractales sont des objets géométriques qui ont la propriété que voici : ils peuvent être décomposés en fragments dont chacun a la même forme que le tout¹. »

Calculons sa dimension fractale. Pour une forme de ce type, la formule est :

$$d = \frac{\log(N)}{\log(1/r)}$$

N : nombre d'unités de mesure nécessaires pour recouvrir la structure

r : ratio de contraction

Ici N = 4, il faut 4 unités de mesure pour recouvrir un segment déformé par un triangle :



et $r = 1/3$ (le nouveau triangle a une surface d'un tiers du précédent).

Autrement dit, chaque segment se divise en quatre exemplaires de lui-même réduit d'un facteur 3 (le triangle que l'on rajoute est trois fois plus petit que le précédent – c'est l'homothétie interne – et il recompose le segment en quatre nouveaux

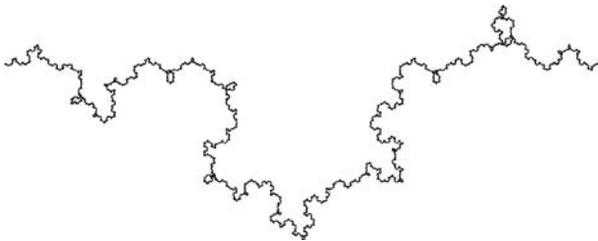
1. Entretien avec Benoît Mandelbrot, *Pour la science*, avril 1997.

segments). Formulé autrement, N représente le nombre de parties qui sont déduites de la figure par homothétie de rapport r .

À chaque itération, la longueur augmente de $4/3$. À chaque itération, on est obligé de prendre une règle quatre fois plus petite pour mesurer la longueur totale, et celle-ci augmente de $4/3$.

Soit $d = \log(4) / \log(3) = 1,2618\dots$

Cette dimension (1,26) est très proche de celle de la côte de la Grande-Bretagne (1,24), on peut dire que leurs rugosités sont équivalentes. Pour que « cela y ressemble », il faut introduire du hasard dans la courbe de von Koch. Très simplement : on abandonne le triangle fermé et on tire à pile ou face pour déterminer si le prochain segment sera en haut ou en bas. Un calcul par ordinateur donne une saisissante similitude¹ :



© Alexis Monnerot-Dumaine

Un processus fractal aléatoire

Et voici comment Hollywood et les jeux vidéo recréent des paysages plus vrais que nature ! Un modèle mathématique très

1. Les exemples et les chiffres de cette section sont repris d'*Une approche fractale des marchés* de Benoît Mandelbrot (*op. cit.*), notamment du chapitre VII.

simple permet de reconstruire sur ordinateur des images d'une complexité équivalente à celle de la nature. La représentation d'un nuage avec les mathématiques euclidiennes, dédiées au lisse et aux formes simples, nécessiterait une batterie d'équations, alors qu'une simple formule fractale et un tirage au hasard créent par itération une image parfaitement crédible.

LA DIMENSION FRACTALE DES COURS DE BOURSE

Puisque l'on peut mesurer la dimension fractale de la côte britannique ou d'une forme géométrique comme le flocon de von Koch, on peut l'appliquer aux cours de Bourse ! En finance, la « rugosité » d'un historique de cours boursier s'exprime par sa volatilité, et l'on peut dire que la finance est rugueuse... Rien ne ressemble plus à un cours de Bourse sur une journée qu'un cours sur une semaine, un mois, une année, et c'est précisément de cette façon que l'on identifie une fractale (une forme identique à des échelles différentes, l'invariance d'échelle).

Outre Mandelbrot, des chercheurs comme Edgar Peters¹ ont réalisé ce calcul de façon plus systématique. Ce dernier a par exemple calculé (sur des données mensuelles de 1950 à 1988) que l'indice des 500 grandes sociétés américaines (S & P 500) avait une dimension fractale de 1,28, l'action IBM 1,39, Coca-Cola 1,43...

Ce qui est très révélateur, c'est qu'aucun indice ou action n'a une dimension fractale égale à 2, c'est-à-dire ne correspond à un mouvement brownien. En effet, un mouvement brownien, nous l'avons vu, a des mouvements indépendants les uns des autres, sa loi statistique ne varie pas au cours du temps, et ces mouvements correspondent à la loi normale.

1. Edgar Peters, *Chaos and Order in Capital Market*, John Wiley, 1990.

Un mouvement brownien ne dessine pas une forme plus ou moins reconnaissable comme une fractale, il se répand de façon uniforme sur un plan, qui est de dimension 2. Nous avons vu que la présence récurrente de valeurs extrêmes empêchait de recourir à la loi normale. Voici une réfutation supplémentaire du modèle classique de la finance qui suppose que les variations des cours des actions sont browniennes. L'hypothèse gaussienne est fautive et il faut conclure, avec Mandelbrot, que « le cœur même de la finance est fractal »¹.

Ces conclusions remettent en cause le concept d'efficience des marchés. Où est donc le problème dans sa formulation ? Nous l'avons vu, toute l'information disponible est intégrée dans les cours, et seule une nouvelle information les fera varier. On « attend » la nouvelle information, et le nouveau cours, comme on « attend » le prochain lancer de pièce de monnaie lorsque l'on joue à pile ou face. Chaque cours est donc indépendant des précédents, comme chaque lancer de pièce est indépendant des tirages antérieurs (on parle de « marche au hasard » ou de « marche aléatoire »).

Mais l'erreur de la théorie de l'efficience tient à sa vision très fruste de l'information : toute l'information connue est intégrée dans les cours, et les événements à venir sont totalement imprévisibles et donc non pris en compte. On ne peut pas faire plus simpliste ! Cette approche fait l'impasse sur la notion d'anticipation, fondamentale sur les marchés. Or on ne prend pas des décisions (sur un marché, dans la vie) uniquement en tenant compte de ce qui s'est déjà produit. On se détermine également et surtout en fonction du futur, de ce que l'on souhaite, de ce que l'on prévoit, de ce qu'on pense qui va se passer. En un mot, des anticipations. Et celles-ci sont multiples, plus ou moins probables, peuvent être chamboulées par la survenance d'événements non prévus et si, parfois, des

1. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, op. cit., p. 186.

consensus se dégagent, les scénarios sont multiples et nullement écrits à l'avance. Si on se déterminait uniquement en fonction du passé sans un instant essayer de se projeter dans l'avenir, on serait effectivement ballotté au gré des circonstances, mais on raisonne tout de même autrement ! On ne conduit pas sa voiture en regardant dans son rétroviseur ! L'information n'est pas binaire (tout ce qui s'est passé est parfaitement connu, l'avenir est totalement inconnu), elle est bien plus complexe, elle permet l'apprentissage, la mémoire, la prévision. L'hypothèse de la marche aléatoire ne tient plus, le futur, le présent et le passé sont reliés l'un à l'autre par la mémoire et l'anticipation, et cela se traduit dans la dimension fractale des cours de bourse.

La théorie de l'efficience suppose également que les agents soient rationnels, et capables d'analyser l'ensemble de l'information disponible. Cela ne tient pas non plus : cette hypothèse provenant de la théorie néoclassique, forgée à la fin du XIX^e siècle, est démentie chaque jour sur les marchés. La crise de 2008 a levé certaines inhibitions et désormais des éditorialistes prestigieux, comme Justin Fox, spécialiste des questions économiques au magazine *Time*, attaquent bille en tête ce sacro-saint principe¹. La notion d'efficience des marchés tient une place fondamentale dans la théorie classique de la finance, « ce socle intellectuel sur lequel repose l'orthodoxie financière actuelle² » selon Mandelbrot. Elle tombe. Une remarque sur le mot « efficience » : les marchés seraient donc, après ce que nous venons de voir, « inefficients » ? En réalité, la théorie classique a accaparé ce terme positif, valorisant, à sa propre vision erronée. L'existence d'une dimension fractale dans les cours de bourse ne veut pas dire que ceux-ci sont inefficients : c'est peut-être cela l'efficience, c'est-à-dire le fonctionnement normal et sain d'un marché !

1. Justin Fox, *The Myth of the Rational Market*, HarperCollins, 2009.

2. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, op. cit., p. 77.

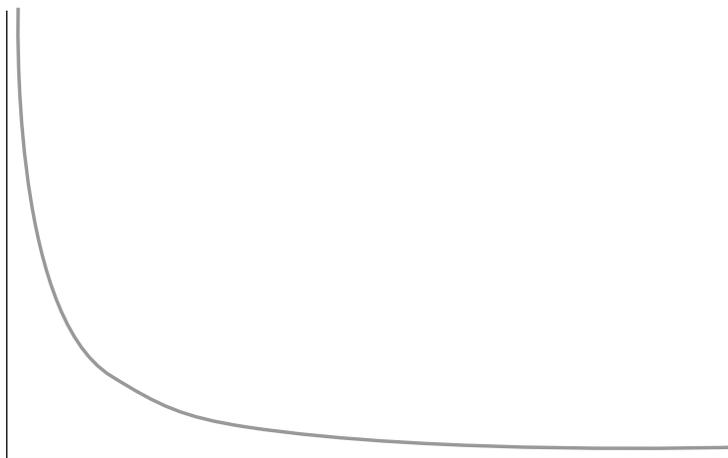
LE DOMAINE DES LOIS DE PUISSANCE

Les cours possèdent donc une dimension fractale, soit, mais comment utiliser cette information de façon à mieux comprendre le fonctionnement des marchés financiers ? Quelle fonction mathématique faut-il utiliser ? Les fractales sont, nous l'avons vu, invariantes d'échelle, c'est-à-dire qu'une même forme se retrouve à des échelles différentes ; on parle aussi d'homothétie interne. Nous sommes dans le cas des lois de puissance, aussi appelées lois d'échelle justement. Pour reprendre notre exemple précédent, le triangle du flocon de von Koch se réduit d'un tiers à chaque itération (ou est multiplié par trois à chaque fois, si on regarde les choses dans l'autre sens). Voici « l'exposant », qui change la taille de la forme de départ sans la modifier.

Une loi de puissance est de la forme, où y est fonction de x :

$$y = ax^k$$

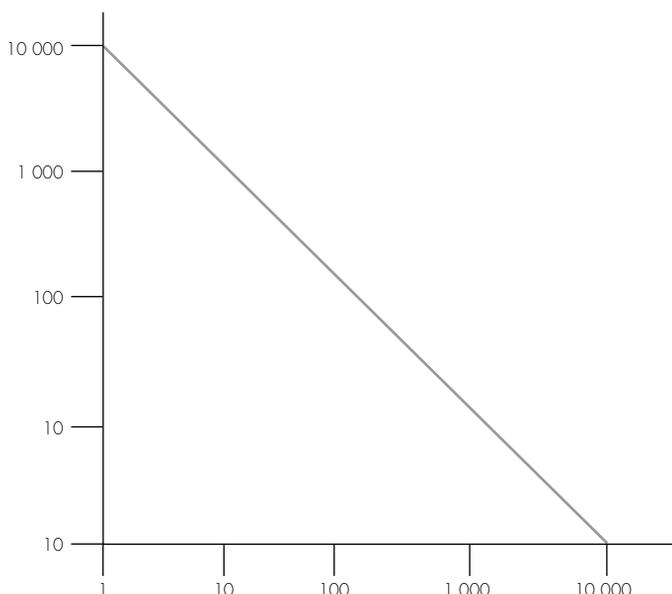
où a est une constante dite constante de proportionnalité et k est une autre constante, un exposant d'échelle ; voici sa représentation :



Cette fonction est, on le voit, extrêmement différenciée : les premières valeurs sont très élevées, mais elles décroissent très vite, pour « s'écraser » ensuite.

Sur un graphique aux échelles logarithmiques (1, 10, 100, 1 000, etc.), le graphe d'une loi de puissance est une droite, dont la fonction est :

$$\log(y) = k \log(x) + \log(a) :$$



La loi de puissance dans un graphique logarithmique

Ce graphique se lit de cette façon : la première valeur « vaut » 10 000 (exemple numérique arbitraire), les dix premières valent plus que 1 000 (c'est la partie effilée vers le haut de la courbe précédente), mais ensuite un grand nombre de valeurs valent peu, entre le rang 100 et le rang 10 000 (soit 9 900 valeurs) on est sous les 100 (c'est la partie écrasée de la courbe précédente).

Ce type de graphique revêt une importance cruciale puisqu'il permet d'identifier une loi de puissance. En effet, la représen-

tation dans un repère normal (1, 2, 3, 4, ...) donne une courbe très écrasée et l'on ne peut pas en déduire grand-chose. En revanche, dans un graphique aux échelles logarithmiques (1, 10, 100, 1 000, ...), on obtient une forme aisément reconnaissable, une droite. Par conséquent, si l'on veut déterminer la loi mathématique d'un ensemble de données expérimentales, il faut les reporter sur un graphique logarithmique : si l'on obtient une droite, cela signifie que nous sommes face à une loi de puissance (et la pente de la droite est l'exposant k).

Les lois de puissance ne sont pas une nouveauté en économie. Le premier à en avoir parlé est l'économiste et sociologue italien Vilfredo Pareto (1848-1923), au début du XX^e siècle, avec la distribution des revenus et des patrimoines. En comparant la répartition des revenus de plusieurs pays sur plusieurs époques, il constata que celle-ci était extrêmement différenciée, bien plus que ne le prévoyait la courbe de Gauss : la société n'est pas vraiment une pyramide sociale avec une grosse classe moyenne où la proportion d'individus décroît doucement au fur et à mesure que l'on s'élève dans l'échelle des revenus, mais plutôt une courbe exponentielle très fine en haut et massive en bas... En reportant les données qu'il avait collectées sur une échelle logarithmique (les revenus en fonction du nombre de personnes), Pareto obtint une droite. Conclusion : la fonction de répartition des revenus est une loi de puissance. Il détermina que 20 % des ménages empochaient 80 % des revenus, et aussi que 80 % des terres appartenaient à 20 % des propriétaires, etc. Cela deviendra, avec lui et à sa suite, un principe général, la « loi de Pareto » des 20/80 : 20 % des ménages possèdent 80 % du patrimoine, 20 % des produits d'une entreprise génèrent 80 % du chiffre d'affaires, 20 % des clients accaparent 80 % du service après-vente, etc. En généralisant, 20 % des causes produisent 80 % des effets.

Même s'il ne faut pas tomber dans le simplisme d'une règle universelle des 20/80, il faut noter que cette loi se retrouve dans de nombreux domaines comme la taille des sociétés dans

un secteur, ou la taille des villes dans un pays. Ou dans le langage avec la « loi de Zipf », de George Kingsley Zipf (1902-1950), remise au goût du jour et améliorée par Mandelbrot. Zipf eut l'idée, pour un texte donné, de compter le nombre de fois où chaque mot apparaissait, puis de les classer du plus courant au plus rare. En les reportant sur un graphique, il constata qu'ils ne décroissaient pas régulièrement mais commençaient par chuter vertigineusement pour décroître plus lentement, puis enfin diminuer en pente douce ; sur un graphique aux échelles logarithmiques, il obtenait une droite. La distribution des mots dans un texte suit une loi de puissance ! Et l'exposant de la fonction permet de mesurer la richesse du vocabulaire.

Dans notre fonction de loi de puissance $y = ax^k$, c'est l'exposant k qui détermine la « physionomie » de la fonction. Si au premier abord, cela peut sembler étonnant, ce résultat est lourd de sens (nous y reviendrons) :

- ▶ si $k < 2$, l'écart-type (ou la variance) *n'existe pas* (la variance est infinie) ;
- ▶ si $k < 1$, la moyenne *n'existe pas*.

La moyenne et la variance, qui sont les deux variables permettant de définir une loi normale (ou courbe de Gauss), et qui sont à la base de la théorie classique de la finance puisqu'elles représentent respectivement la rentabilité et le risque, *n'existent pas* dans le domaine des lois de puissance. Ce sont pourtant ces lois de puissance qui représentent le mieux les variations des cours boursiers. Le paradigme utilisé par Markowitz et consorts n'est tout simplement pas le bon.

Avec une loi de puissance, « le processus stochastique acquiert un comportement extrêmement déroutant : de longues périodes de variations très faibles peuvent être suivies brusquement d'un saut de grande amplitude, qui fixera pour une nouvelle période très longue un nouvel "équilibre" des petites fluctuations. Mais il n'y aura aucune convergence vers un quelconque "équilibre

final" autour duquel s'ordonneraient ces fluctuations : la loi des grands nombres ne s'applique plus ». Conséquence sur les marchés financiers : « Quand k est petit, il apparaît des sauts très importants qui pourront être, à tort, interprétés comme des points "aberrants" ou "non représentatifs" [...]. Plus k est petit, plus la détention de l'actif sera risquée, car plus l'on s'exposera à de fortes variations de son prix, on dira dans un langage gaussien que "la volatilité augmente"¹. »

C'est toute notre façon de penser les marchés financiers qu'il faut changer. Cela a des conséquences en termes de probabilité. Raisononnons, avec Mandelbrot, en termes de « probabilités conditionnelles » (étant donné une condition initiale, quelle est la probabilité pour qu'un événement se réalise) : « les probabilités d'être millionnaires sont très faibles ; mais, d'après la formule de Pareto, la probabilité conditionnelle de gagner un milliard de dollars si vous en possédez un demi-milliard est la même que celle de gagner un million de dollars si vous en possédez un demi-million. L'argent va à l'argent, la puissance à la puissance. Injuste, peut-être, mais vrai, à la fois socialement et mathématiquement² ». Et cela ne ressemble en rien à la loi normale pour qui passer d'un demi-milliard à un milliard de dollars est un événement bien plus improbable que de passer d'un demi-million à un million.

Le phénomène est identique sur les marchés financiers, comme l'indique Mandelbrot : « La distribution des variations de prix dans un marché financier suit une loi d'échelle³. » Ainsi, « Avec les prix financiers, la loi d'échelle signifie que la probabilité d'un mouvement massif des cours parmi les mouvements importants est identique à la probabilité d'un

1. Jacques Lévy Véhel, Christian Walter, *Les Marchés fractals*, PUF, 2002, p. 64.

2. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, *op. cit.*, p. 178.

3. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, *op. cit.*, p. 268.

mouvement important parmi les mouvements relativement larges. Dans les deux cas, les proportions sont contrôlées par un exposant d'échelle k^1 . » Les variations de grande amplitude sont aussi fréquentes que celles de petite amplitude, et ce fait entre en contradiction complète avec la loi normale qui, elle, affirme qu'une variation de grande ampleur est beaucoup plus rare qu'une variation de petite ampleur (la loi normale n'est pas invariante d'échelle, elle est déterminée, « fixée » par la moyenne et la variance). La variation de 25 fois l'écart-type que le dirigeant de Goldman Sachs a constatée sur certains actifs lors de la crise des *subprimes*² est inconcevable avec la loi normale, mais n'a rien d'extraordinaire dans le cadre d'une loi de puissance. Cela signifie que le risque de faillite est beaucoup plus fréquent qu'on ne le pense : dans le cadre d'une loi normale, un écart extrême des cours a une très faible probabilité alors qu'il est bien plus courant avec une loi de puissance. La loi d'échelle, nous dit Mandelbrot, « rend les décisions difficiles, les prévisions périlleuses et les bulles certaines³ ».

LOI DE PUISSANCE VERSUS LOI NORMALE

La loi de puissance et la loi normale recouvrent donc des réalités complètement différentes. Étudions-en les différences mathématiques, et leurs traductions économiques.

1. Première différence : la vitesse de diminution des probabilités
Avec une loi normale, la vitesse de diminution des probabilités augmente considérablement au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la moyenne (autrement dit, la probabilité chute vertigineusement). Après quelques écarts-types, les probabilités d'occurrence sont de 1 sur plusieurs milliards. La loi normale a

1. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, op. cit., p. 269.

2. Voir le chapitre précédent.

3. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, op. cit., p. 269.

beaucoup de difficultés à prendre en compte les événements rares (qui deviennent ainsi faussement de simples « aberrations »). Au contraire, avec une loi de puissance, la vitesse de diminution des probabilités reste constante.

Prenons cet exemple simplifié et ne correspondant pas à des données réelles cité par Nassim Nicholas Taleb dans son livre *Le Cygne noir*¹, concernant la richesse :

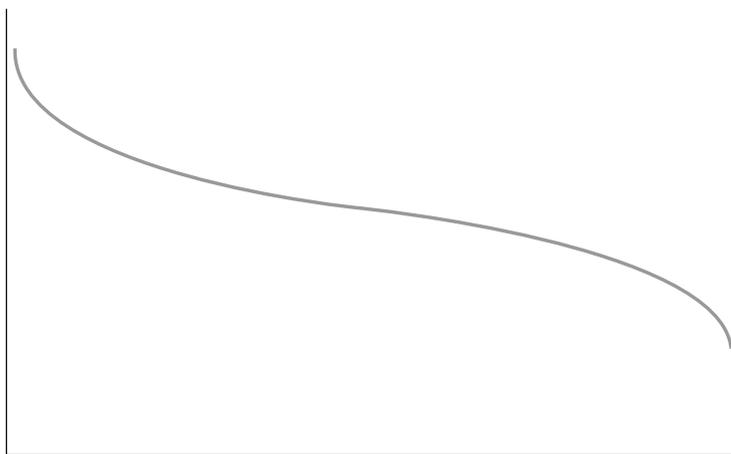
Richesse (en millions de dollars)	Distribution de la richesse* Loi de puissance	Distribution de la richesse* Loi normale
1	1 sur 63	1 sur 63
2	1 sur 125	1 sur 127 000
4	1 sur 250	1 sur 886.10^{20}
8	1 sur 500	n.c.
16	1 sur 1 000	n.c.
* personne dont la richesse à une valeur supérieure à		

Les probabilités de la loi de puissance sont divisées par deux à mesure que la richesse est multipliée par deux (*i.e.* la vitesse de diminution des probabilités reste constante). Les probabilités conditionnelles sont constantes, comme nous l'avons vu : il y a une chance sur deux de passer de 2 à 4 millions de dollars (250/125) et autant de passer de 8 à 16 millions (1 000/500). Avec cette configuration, 20 % des personnes détiennent 80 % de la richesse, ce qui est inenvisageable avec la loi normale. Ses probabilités chutent en effet à très grande vitesse et la probabilité de réunir un patrimoine important est quasi inexistante. Mais la réalité observable se rapproche plutôt de la loi de puissance comme l'a montré Pareto.

1. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, Les Belles Lettres, 2008, p. 304.

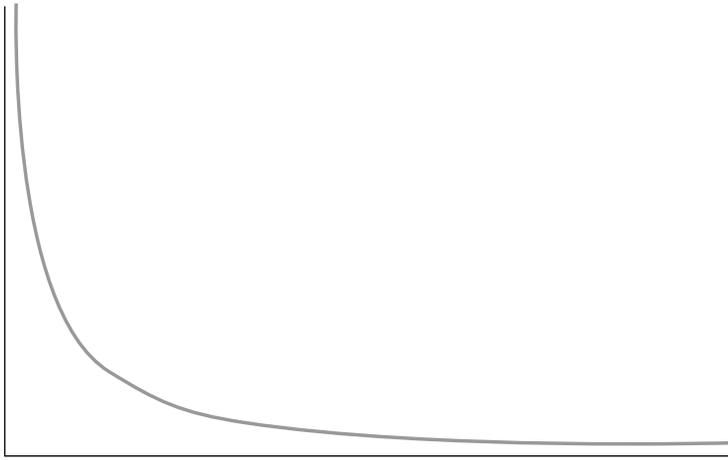
2. Deuxième différence (conséquence de la première) : l'inégalité

Avec la loi normale l'inégalité est faible, la plupart des valeurs sont situées autour de la moyenne et les valeurs extrêmes sont rares. Une répartition « gaussienne » des patrimoines aurait à peu près la forme du graphique suivant, la plupart des personnes se situeraient autour du patrimoine moyen (le trait sur l'axe vertical) tandis que quelques valeurs « extrêmes » (riches à gauche, pauvres à droite) se situeraient sur les bords de la courbe. Si les actions se comportaient de façon gaussienne, la plupart de leurs cours se situeraient autour de la moyenne et les hausses ou les baisses seraient rares et d'une ampleur limitée. Mais dans la réalité, il en va autrement.



*La répartition des patrimoines
d'après la loi normale*

Ce graphique est une pure vue de l'esprit, la réalité correspond à la représentation suivante. Avec une loi de puissance l'inégalité est très grande, et la répartition « parétienne » des patrimoines, nous l'avons vu, ressemble à la courbe proposée en page suivante.



*La répartition des patrimoines
d'après la loi de puissance*

On a parlé de la loi de Pareto des 20/80, qu'il ne faut d'ailleurs pas prendre au pied de la lettre même si elle s'applique dans beaucoup de situations. Pour se rendre compte de la forte inégalité de cette loi, suivons la remarque simple et percutante que fait Taleb dans *Le Cygne noir*. Prenons l'exemple de la richesse détenue par les personnes (domaine dans lequel cette règle fonctionne assez bien) : dire que 20 % des personnes détiennent 80 % de la richesse, cela veut aussi dire que, parmi ces 20 % de « riches », 20 % d'entre eux détiennent 80 % de cette richesse. Soit $0,2 \times 0,2 = 0,04$ et $0,8 \times 0,8 = 0,64$, donc 4 % des personnes détiennent 64 % des richesses. En faisant encore une itération – nous suivons ici un raisonnement « fractal » – (20 % de ces 4 % de personnes, etc.), on obtient $0,2 \times 0,2 \times 0,2 = 0,008$ et $0,8 \times 0,8 \times 0,8 = 0,512$ soit : environ 1 % des personnes détiennent 50 % des richesses... Conclusion : la règle des 20/80 est aussi une règle des 1/50 ! L'inégalité est extrême.

3. Troisième différence : la notion d'équilibre

Avec la loi normale, l'équilibre est « naturel », c'est la situation la plus probable car tout tourne autour de la moyenne. On voit apparaître ici tout l'arrière-plan rassurant de la théorie économique néoclassique (agents rationnels au comportement homogène) qui forme la base de toutes nos conceptions économiques. Le « retour à l'équilibre » (après un choc, une crise) est considéré comme étant la norme, « sauf cas de figure exceptionnels ». Tel est l'officiel et lénifiant discours habituel après une crise.

Avec une loi de puissance, même si sa forme ne change pas fondamentalement et reste très différenciée, une faible variation de l'exposant k provoquera des mouvements très importants. Pour reprendre l'exemple précédent, une variation de l'exposant fera que les 1 % de personnes qui détenaient 50 % de la richesse vont monter à 60 % ou descendre à 40 %. Les mouvements brusques sont la norme, comme on le constate sur les marchés financiers.

4. Conséquence des points précédents : l'instabilité est forte avec une loi de puissance, alors que la loi normale garantit une grande stabilité

Dans le cadre gaussien, le retour à la moyenne est garanti, au contraire du monde des lois de puissance : le cours d'un actif financier peut être relativement stable pendant une longue période puis faire un saut de grande amplitude et retrouver un régime calme, avant un autre saut... La notion d'équilibre est ponctuelle, relative.

5. Cinquième différence : si la moyenne a un sens tout à fait concret et légitime pour une loi normale, elle n'en a pas pour une loi de puissance

Dans une loi normale, la moyenne correspond à la valeur la plus probable, c'est la valeur repère et elle a un sens tout à fait

concret pour le domaine auquel on l'applique. Dans une loi de puissance, les écarts de valeur sont tellement importants que le calcul de la moyenne, même s'il est mathématiquement possible, n'apporte que peu d'information et ne correspond pas à une valeur référence.

Prenons un exemple en dehors de la finance avec les ventes de livres (les nouvelles parutions, et non les rééditions ou le fonds de catalogue). Lorsque l'on reporte l'ensemble de ces ventes sur un graphique, des *best-sellers* se vendant à plusieurs centaines de milliers d'exemplaires à la multitude de titres faisant quelques centaines de ventes, on obtient une courbe parfaitement similaire à celle d'une loi de puissance (sur une échelle logarithmique on obtient une droite, validant ainsi le fait que ce secteur obéit à de telles lois). À partir de là, calculer la vente moyenne d'un livre n'apporte pas grand-chose : c'est un chiffre perdu entre les grands succès et les tirages symboliques ; très peu de livres correspondent effectivement à ce résultat et il ne peut en aucun cas constituer un repère fiable pour un éditeur.

6. Sixième différence : naturellement l'écart-type n'a de sens qu'avec une loi normale mais plus du tout avec une loi de puissance où la dispersion des valeurs est telle que son calcul est impossible. On parle alors de « variance infinie ».

On connaît la célèbre distinction qu'a établie Frank Knight entre risque et incertitude¹ : le risque est connaissable, probabilisable, calculable, par opposition à l'incertitude où tout cela est impossible, l'avenir demeure totalement inconnu. Sous cette définition littéraire et intuitive, on peut reconnaître la différence entre loi normale et loi de puissance, tant pour cette dernière les absences de moyenne et d'écart-type rendent les calculs plus difficiles, même s'ils demeurent possibles.

1. Frank Knight, *Risk, Uncertainty and Profit*, 1921.

7. Septième différence : la corrélation n'a de sens qu'avec la loi normale

La notion de corrélation est pareillement rattachée à l'univers gaussien, mais aucunement à celui des lois de puissance. Les calculs de corrélation entre des séries temporelles sont essentiels dans la théorie classique de la finance. Le modèle de Sharpe (le Medaf) est basé dessus lorsqu'il détermine, pour chaque action, son bêta, c'est-à-dire sa sensibilité par rapport au marché. Ce calcul utilise des variances (de l'action, du marché) qui n'ont de sens que si les données sont exploitées selon la méthode gaussienne (les valeurs extrêmes considérées comme aberrantes). Même si le calcul de corrélation peut donner, sur des périodes limitées, des résultats statistiquement satisfaisants, ce sont des illusions qui seront balayées aux premiers soubresauts des marchés.

Loi normale/loi de puissance : différences mathématiques

	Loi normale	Loi de puissance
Vitesse de diminution des probabilités	Forte augmentation	Constante
Inégalité	Faible	Très forte
Équilibre	Certain	Rare, et ponctuel
Instabilité	Faible	Forte
Moyenne	Légitime	N'a pas de sens
Écart-type	Légitime	N'a pas de sens
Calcul de corrélation	Légitime	N'a pas de sens

LA COURBE DE GAUSS N'EST QU'UN HASARD D'APPROXIMATION

Taleb fait un très opportun rappel historique concernant la courbe de Gauss : « à l'origine, la courbe de Gauss était destinée à mesurer les erreurs en astronomie¹. » Voilà qui nous

1. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, op. cit., p. 316

invite à faire un petit retour historique sur la naissance de cette fameuse courbe avec notamment la très pertinente étude de Bernard Bru¹.

Au XIX^e siècle, le développement de l'astronomie est confronté au problème de l'approximation des mesures due à la qualité moyenne des optiques. On n'obtient pas de position précise pour une étoile, mais plutôt un nuage de points établis par les différents astronomes. La procédure retenue pour déterminer la « meilleure » mesure possible fut la méthode des moindres carrés (permettant de calculer la position qui minimise les erreurs de mesure), dont l'Allemand Gauss et le Français Legendre se disputèrent d'ailleurs la paternité. Mais finalement, « Gauss observe que la courbe qui ne s'appelle pas encore de Gauss rend la méthode des moindres carrés entièrement cohérente et qu'elle est essentiellement la seule² ».

Voici comment est née la « courbe de Gauss » : pour valider une méthode de réduction des erreurs de mesure. C'est un hasard d'approximation : la « vérité » existe et peut être connue (la position de l'étoile), mais les instruments dont on dispose contiennent des imperfections qui empêchent de viser parfaitement juste. Mesurer la position d'une étoile, c'est tenter d'approcher une « vérité » connaissable et réelle, mais les tentatives plus ou moins maladroites se répartissent suivant la loi normale. Avec leurs lunettes imparfaites, la plupart des astronomes se situent autour de la bonne position, tandis que quelques-uns en seront plus éloignés, et en reportant ces écarts sur un graphique on obtient une répartition similaire à une courbe de Gauss.

-
1. Bernard Bru, *La courbe de Gauss ou le théorème de Bernoulli raconté aux enfants*, MSH, 2006.
 2. Bernard Bru, *La courbe de Gauss ou le théorème de Bernoulli raconté aux enfants*, op. cit., p. 14.

Maintenant, comment distinguer ce hasard de celui, beaucoup plus aléatoire, des lois de puissance ? Comment savoir à l'avance, avant de regarder les données collectées, si l'on est dans le cadre de la loi normale ou dans celui des lois de puissance ? Quels sont les phénomènes qui relèvent de l'un ou de l'autre cas ? Taleb soutient que relèvent de la loi normale les phénomènes physiques, tandis que les phénomènes immatériels, virtuels relèvent des lois de puissance. Un chiffre (sur un compte bancaire) peut augmenter sans limite, mais tel n'est pas le cas pour une quantité physique (comme la taille des individus), qui a une inertie ou des limites constitutives. L'explication est intéressante sans être totalement satisfaisante. Des phénomènes purement physiques comme les tremblements de terre obéissent à des lois de puissance (les sismologues ont montré que le nombre de tremblements de terre varie avec leur intensité selon une loi de puissance, sur la fameuse échelle de Richter).

Avant d'apporter une réponse à cette question, il faut faire un détour par la notion de valeur fondamentale.

Le concept de valeur fondamentale (ou intrinsèque) fait partie des fondements de la théorie classique de la finance. Pour chaque action cotée en Bourse il existe, nous dit-elle, une valeur fondamentale ou intrinsèque dépendant des caractéristiques réelles de l'entreprise (rentabilité, part de marché, carnet de commandes, etc.) et de son environnement économique (taux d'intérêt, taux de change, prix des matières premières, taux de croissance du PIB, etc.). Autour de ce repère évolue de façon plus ou moins erratique le prix du marché – la cotation boursière seconde par seconde – résultant de l'arrivée permanente de nouvelles informations ainsi que des comportements des *traders* et des spéculateurs, le plus souvent qualifiés de moutonniers, myopes ou irrationnels par les théoriciens. Mais on ne peut s'empêcher de trouver cette vision très simpliste. Voici une distinction toute platonicienne entre un monde vrai et un autre livré à l'errance et à l'illusion : comme ces hommes

enfermés dans la caverne de Platon, nous ne voyons que l'ombre furtive d'une « vraie valeur » qui nous échappe... Cette conception de la vérité n'a plus cours depuis longtemps dans les sciences, mais elle subsiste encore dans la théorie économique classique.

Le débat sur la valeur fondamentale existe mais reste aux marges de la pensée économique. On ne le tranchera pas ici¹ même si l'on avouera pencher du côté de l'inexistence de cette dichotomie : il n'y a pas, selon nous, d'un côté une vraie valeur et de l'autre une exubérance irrationnelle, mais plutôt une incertitude généralisée sur l'ensemble des variables économiques, au niveau de l'entreprise comme au niveau de l'économie. Les intervenants sur les marchés, qui doivent évaluer et prévoir la valeur des actions, réajustent en permanence leurs anticipations.

La disparition du concept de valeur fondamentale conduirait ainsi à réévaluer la notion d'anticipation, qui deviendrait l'unique mode d'appréhension de l'avenir. L'anticipation peut faire naître la vérité, elle acquiert un rôle structurant et devient désormais la notion centrale sur les marchés financiers. Cette idée a déjà été approchée par rien de moins que John Maynard Keynes. Olivier Favereau² se livre en effet à une analyse minutieuse de ses écrits entre le *Traité de la monnaie* et la *Théorie générale* et démontre que ceux-ci trahissent, selon lui, une hésitation entre d'une part un « projet radical » dans lequel l'incertitude est générale, et d'autre part un « projet pragmatique » dans lequel l'incertitude est limitée au marché financier. Dans le projet radical, toutes les variables importantes

-
1. On pourra lire une analyse plus approfondie de cette question dans Philippe Herlin, *Théorie des marchés financiers : revenir aux concepts fondamentaux*, Club Finance HEC, octobre 2008.
 2. Olivier Favereau, « L'incertain dans la révolution keynésienne : l'hypothèse Wittgenstein », in *Économie et sociétés*, tome XIX, n° 3, mars 1985.

sont des anticipations, la validité de la théorie classique est limitée au cas d'information parfaite (mais ce cas est irréaliste), et il est donc nécessaire d'élaborer une théorie de la formation des anticipations au lieu d'en faire un simple élément exogène. Mais ce projet finalement s'effacera pour disparaître fin 1933 au profit du projet pragmatique qui s'exprimera dans la *Théorie générale* parue en 1936.

Plus tard, une autre critique de la valeur intrinsèque sera formulée par... Benoît Mandelbrot. S'interrogeant sur les différentes façons de calculer la valeur d'une société (par le PER ? par les coûts ? ...), il montre les approximations qui en résultent mais ne va pas jusqu'au bout de son raisonnement : « je ne suis pas en train d'affirmer que la valeur intrinsèque n'existe pas. » Cependant, il reconnaît qu'en économie on vit dans « un monde existentialiste, un monde sans absolu¹ ».

Nous concluons, pour notre part, plus pratiquement, qu'il est vain, inutile et indémontrable de conjecturer une valeur fondamentale vraie absolument (et que personne n'a encore trouvée !) à laquelle se rajouteraient des anticipations erratiques. Le prix d'un actif est un fait qu'il faut prendre comme tel. La valeur d'un actif financier est son prix, et uniquement son prix. Ce sera notre postulat, et nous pouvons revenir à notre question laissée en suspens.

Nous pouvons maintenant formuler ce principe quant à la distinction loi normale/loi de puissance : une loi normale s'applique à un domaine donné quand il existe une « valeur fondamentale », c'est-à-dire une vérité rationnellement connaissable. La position d'une étoile, le poids des individus, le lancer d'une pièce de monnaie : dans chacun de ces cas, une vérité établie existe (la véritable position de l'étoile dans l'espace, le poids moyen « normal » d'un individu de taille

1. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, op. cit., p. 277.

donnée¹, le fait que le côté pile et le côté face ont une chance sur deux de sortir). Les valeurs réellement constatées « tournent autour » de cette « vérité » et se répartissent suivant une loi normale. Pour les ventes de livres au contraire, aucun discours rationnel/scientifique ne permet de dire que tel livre fera telles ventes, il n'y a pas de « valeur fondamentale », de vérité connaissable, mais au contraire une multiplicité d'avis. Conclusion : nous sommes face à une loi de puissance. C'est aussi le cas des marchés financiers bien évidemment (d'ailleurs, en retournant ce raisonnement, nous pourrions dire que le fait que les cours de bourse ne correspondent pas à la loi normale démontre qu'il n'existe pas de valeur fondamentale pour les actions).

On peut comprendre cette différence en faisant intervenir la notion d'apprentissage. Il n'y a aucun processus d'apprentissage dans la loi normale parce que l'on connaît déjà la réponse ! On sait dès le départ qu'il existe une étoile à tel endroit du ciel dont on va essayer de mesurer précisément la position, on sait qu'il existe un poids moyen idéal pour une taille donnée et la variété du poids des individus va tourner autour de cette valeur, on sait que l'on a une chance sur deux de tomber sur pile ou face et que, sur la durée, ils s'équilibreront. Il n'y a pas d'apprentissage, de mémoire, ce qui est une autre façon de dire que les valeurs (ces mesures, ces lancers) sont indépendantes les unes des autres, (sortir trois fois le côté pile à la suite ne va pas augmenter la probabilité de tomber de nouveau sur le côté pile au quatrième lancer, comme nous l'avons vu). Cette « indépendance » étant, pour rappel, le premier *i* de « i.i.d. » (indépendantes et identiquement distribuées), caractéristique des variables gaussiennes.

1. C'est d'ailleurs Adolphe Quételet, dont nous avons parlé à l'occasion de la courbe de Gauss, qui inventa l'indice de masse corporelle, qui permet de mesurer la corpulence d'une personne.

On est ainsi dans un pur processus d'approximation, et l'on pourrait même dénier à la courbe de Gauss le fait de parler du *hasard* tant celui-ci est contrôlé et lié à quelque chose de préexistant...

Au contraire, avec une loi de puissance il n'y a aucune vérité connaissable et incontestable. On se retrouve donc dans un processus d'apprentissage, un système autoréférentiel, fait de tâtonnements, qui aboutira à une « vérité », un résultat à un moment donné (le prix de telle action, le fait que tel auteur ait du succès) mais qui sera remis en cause peu de temps après. La mémoire, Mandelbrot l'a compris, constitue ici une fonction fondamentale, vitale. Dans cette configuration, le hasard et l'incertitude sont extrêmes (ils se déplacent sur toute la longueur de la courbe décrivant une loi de puissance). On peut synthétiser ces différences dans le tableau suivant :

Loi normale/loi de puissance : différences conceptuelles

	Loi normale	Loi de puissance
Valeur fondamentale	Oui	Non
Vérité (ou résultat)	Prédéterminée	Autoréférentielle
Processus	Approximation	Apprentissage
Fonction	Répétition	Mémoire
Valeurs	Indépendantes	Liées
Écarts entre les valeurs	Faibles	Très importants
Équilibre	Stable	Instable
Système	Linéaire	Fractal

Nous constatons donc que l'on a affaire à deux logiques radicalement différentes, à deux conceptions opposées de l'incertitude et que vouloir, comme le fait l'école américaine depuis Markowitz, appliquer les outils (gaussiens) de la première colonne à des phénomènes relevant de la seconde (les lois de puissance) ne peut mener qu'à des catastrophes. Remarque incidente : ce ne sont pas les mathématiques qui ont provoqué la crise, mais leur mauvaise utilisation !

L'entreprise contaminée par la finance gaussienne

Le modèle classique de la finance n'a pas limité son emprise au marché financier. Son succès lui a permis de faire une entrée remarquée dans le monde de l'entreprise.

La gestion financière de l'entreprise s'est longtemps cantonnée à un calcul de flux et de ratios de façon « mécanique », comptable. Les comptables calculaient des excédents bruts d'exploitation, des besoins en fonds de roulement, des capacités d'autofinancement, des rentabilités avant impôts, etc. Ils pouvaient élaborer des scénarios (quelle rentabilité pour tel chiffre d'affaires), mais cela restait dans le cadre de la comptabilité pure. Le risque est pourtant consubstantiel à l'entreprise et la question s'est posée d'en tenir compte. Fallait-il développer des techniques propres ? Quelques esprits informés et quelque peu pressés se sont dit qu'il était inutile de perdre du temps, la théorie de la finance ayant justement créé une gamme d'outils. C'est ainsi que le Medaf et la théorie des options se sont progressivement intégrés à la gestion financière de l'entreprise.

Mais nous savons maintenant que les hypothèses de ces modèles sont erronées, et notamment que la loi normale sous-estime grandement le risque sur les marchés financiers. Le risque concernant les entreprises n'est pas nécessairement aussi important que celui régnant sur la Bourse, mais il suffit d'observer la vie des entreprises pour se rendre compte que ce n'est pas la placide et débonnaire loi normale qui les régit ! Incorporer des outils mathématiques qui minorent le risque aura donc des conséquences plus ou moins graves sur les décisions que prendra

l'entreprise. C'est ce que l'on appelle la « financiarisation de l'entreprise », d'autant plus malsaine qu'elle se fait sur des bases mathématiques erronées...

LES FONDS PROPRES ONT UN COÛT... ET IL EST DÉTERMINÉ PAR LE MEDAF !

Les motivations de la politique d'investissement d'une entreprise peuvent être très variées, mais un critère absolu doit être respecté : la rentabilité. Une entreprise doit générer plus de richesses qu'elle n'en consomme ! Un investissement n'est rentable que s'il procure un surplus monétaire après avoir fait face à toutes ses obligations financières. La mesure de ce surplus est le rôle de la VAN (valeur actuelle nette). La VAN d'un investissement est calculée comme étant la valeur actualisée des flux économiques nets générés par cet investissement :

$$VAN = \sum^n Ft/(1 + a)^t$$

où Ft : flux net généré par l'investissement de l'année t

a : taux d'actualisation

n : nombre d'années durant lesquelles l'investissement génère des flux monétaires (nombre d'annuités)

Le « flux net » (ou *free cash flow*) est la différence entre les flux d'autofinancement (les revenus générés par l'investissement au cours de sa durée de vie) et les flux d'investissement (frais de recherche, acquisitions de machines, salaires des personnels supplémentaires, publicité et marketing)¹. Cette formule permet de mesurer la rentabilité d'un investissement en monnaie actuelle, et ainsi de comparer plusieurs investissements de durées différentes. Elle ressemble évidemment beaucoup à celle de Gordon-Shapiro que nous avons vue. La logique est en effet identique, car

1. Christian Pierrat, *La Gestion financière de l'entreprise*, La Découverte, coll. Repères, 2006, p. 94.

on actualise (avec un taux d'actualisation) l'ensemble des revenus futurs pour pouvoir comparer différents profils d'actifs. La question centrale de la formule étant : comment calculer le taux d'actualisation (a) correspondant à une entreprise donnée ?

« Les fonds propres c'est ce que j'ai dans ma caisse, donc c'est gratuit ! » dirait M. de La Palice, patron de son entreprise. Eh bien non. Une entreprise se finance par l'emprunt et par ses fonds propres. On sait ce que coûte l'emprunt (le rôle du banquier est de le rappeler), mais qu'en est-il des fonds propres ? Les fonds propres (ou capitaux propres) d'une entreprise ont deux sources :

- ▶ les bénéfices accumulés par l'entreprise et qu'elle a mis en réserve (c'est-à-dire qu'elle n'a pas distribués aux actionnaires sous forme de dividendes) ;
- ▶ les apports en capital apportés par les actionnaires lors de la création de la société, ou lors des augmentations de capital.

Pour une entreprise familiale non cotée, les fonds propres sont considérés comme une ressource gratuite (pas d'autorisation à demander, pas d'intérêt à verser comme un emprunt, pas de comptes à rendre). C'est longtemps ce point de vue qui a prédominé. Évidemment l'actionnaire minoritaire qui apporte son argent lors de la constitution de la société ou lors des augmentations de capital ne partage pas ce point de vue ! Il attend, lui, une rémunération des fonds qu'il apporte à l'entreprise. Et c'est cette conception qui s'est progressivement imposée, et qui est désormais validée par les normes comptables : les fonds propres ne sont pas gratuits, ils ont un coût.

Comment le calculer ? « Le taux d'actualisation à appliquer à un investissement déterminé est le taux minimum de rentabilité après impôt exigé pour cet investissement. Ce taux doit permettre une rémunération normale des capitaux qui financent l'investissement¹. » On note le glissement sémantique,

1. Roland Portrait, Patricia Charley, Denis Dubois, Philippe Noubel, *Les Décisions financières de l'entreprise*, PUF, 2004, p. 91.

fonctionnel, structurel : le taux d'actualisation d'un investissement devient la rentabilité attendue par les actionnaires de l'entreprise ! Nous voici en plein dans la financiarisation de l'entreprise. Et comment détermine-t-on ce taux ? Avec le Medaf, que l'on retrouve ici !

On se place, nous l'avons compris, du point de vue de l'actionnaire. Le coût des fonds propres dépend du niveau de risque pris par l'entreprise, et comment mesure-t-on précisément ce risque ? C'est tout simplement avec le bêta (β) du Medaf. Rappelons ce modèle :

$$E_i = r + \beta (E_m - r)$$

E_i : espérance de rentabilité du titre i

r : taux sans risque

E_m : espérance de rentabilité du marché (rendement moyen du marché)

Pour l'entreprise, la formule devient :

$$\text{Coût des fonds propres} = r + \beta (E_m - r)$$

C'est la même formule, le coût des fonds propres pour l'entreprise est égal à la rentabilité attendue par l'actionnaire ; ce sont les deux faces du même problème. En réalité, c'est le bêta qui détermine la « vérité » du marché, la rentabilité espérée pour l'actionnaire (E_i) et le coût des fonds propres imposé à l'entreprise. Bien sûr, le fait que ce modèle simpliste ait été remis en cause, y compris par des défenseurs de la théorie classique (Fama et French avec leur fameux article « *Beta is dead* », voir plus haut) ne change rien. Les actionnaires ont réussi à imposer leur méthode, ils ne vont pas lâcher prise.

LE « WACC » IMPOSÉ À L'ENTREPRISE

Mais une entreprise ne se finance pas uniquement par les capitaux propres, on l'a dit, il y a aussi l'emprunt (capitaux investis = fonds propres + dettes). Il faut donc calculer un coût pondéré

par ces deux sources de financement, c'est le CMPC (coût moyen pondéré du capital) ou WACC (*Weighted average cost of capital*) en anglais. Le WACC est un indicateur essentiel puisqu'il sert à la fois pour la sélection des investissements et pour l'évaluation de l'entreprise. Il est en effet le taux de rentabilité minimum que doivent dégager les investissements de l'entreprise pour que celle-ci puisse satisfaire les exigences de rentabilité attendues par les actionnaires et les créanciers. C'est aussi le taux auquel sont actualisés les flux de trésorerie disponible (*free cash-flow*) pour le calcul de la valeur de l'actif de l'entreprise. Le coût du capital pour l'entreprise est égal à la rentabilité attendue par l'actionnaire, on l'a dit plus haut, c'est le marché « qui donne le *la* », qui fixe le taux de rentabilité, et qui impose sa méthode de calcul (le Medaf).

Plus surprenant, le calcul du WACC ne se fait pas du point de vue de l'entreprise. Si elle a 60 % de fonds propres et 40 % de dettes financières à son bilan, la pondération serait de 60 % et 40 % ? Pas du tout ! La pondération retenue n'est pas celle de l'entreprise mais celle du secteur dans lequel elle évolue. Pour expliquer cela, il faut en passer par le théorème de Modigliani-Miller.

Le théorème de Modigliani-Miller (1958) est l'un des plus célèbres de la finance d'entreprise moderne. Il affirme que, dans un monde sans taxes, exonéré de coûts de transaction et sous l'hypothèse de l'efficience des marchés, la valeur de l'entreprise n'est pas affectée par le choix d'une structure de financement (entre les capitaux propres et la dette). Pour comprendre la démonstration de ce théorème, il est nécessaire ici d'introduire la notion d'effet de levier : si deux ressources (capitaux propres, dettes financières) ont des coûts différents, l'entreprise devrait utiliser la moins coûteuse et abandonner l'autre. Mais ce n'est pas aussi simple. En effet, si une entreprise possède peu de capitaux propres et a massivement recours à l'emprunt pour financer ses investissements, elle augmente son « effet de levier » (ratio dettes financières/capitaux propres) et donc son risque (car l'endettement est risqué, l'entreprise peut être dans l'impossibilité de

rembourser et être mise en faillite). En conséquence, si le risque augmente, la rentabilité attendue par les actionnaires augmente également, et les calculs montrent que cette espérance de gain augmente plus vite que le risque. Un équilibre se forme donc entre les deux sources de financement. Dans un marché efficient, si une entreprise trouvait une meilleure combinaison capitaux propres/dettes financières pour diminuer le coût du capital, il en résulterait des possibilités d'arbitrage et cet avantage disparaîtrait. Conclusion : la structure financière de l'entreprise n'a aucune importance. La valeur d'une entreprise dépend de sa rentabilité, et non de la façon dont elle se finance. On comprend dès lors que, pour le marché, le calcul du WACC des différentes entreprises ne se fasse pas suivant leur structure financière, mais suivant une pondération unique, déterminée par le marché, de façon à pouvoir les comparer ! Pour affiner l'analyse, ce calcul est réalisé par secteur économique (cela est logique, les gérants diversifiant leur portefeuille suivant les secteurs). Voici pourquoi le WACC se calcule en fonction du marché et non de l'entreprise. Le raisonnement est bâti sur l'hypothèse d'efficiency des marchés et sur le fait que la rentabilité de l'entreprise peut être décrite par une loi normale¹. Les hypothèses sont erronées, mais la conclusion, qui sert les intérêts des actionnaires, est conservée !

LES OPTIONS RÉELLES

Le Medaf n'est pas la seule théorie à avoir été intégrée dans le monde de l'entreprise : la théorie des options l'est également. C'est ce qu'on appelle les « options réelles » (parce qu'appliquées à des actifs non financiers). On a vu dans les développements précédents que l'entreprise est passive par rapport au marché. Ce dernier calcule un niveau de risque, qui devient le taux d'actualisation que les entreprises utilisent pour déterminer quels

1. Christian Pierrat, *La Gestion financière de l'entreprise, op. cit.*, p. 73.

investissements elles réaliseront. Les dirigeants possèdent pourtant un pouvoir de décision. Comment en tenir compte ?

On peut considérer qu'une entreprise qui a une opportunité d'investissement détient l'équivalent d'une option d'achat ; elle a le droit, mais non l'obligation, d'acheter un actif à une date future. On retrouve ici les idées de Black et Scholes ! Concrètement on détermine la VAN (valeur actuelle nette) comme précédemment, mais on calcule en plus la volatilité de cet investissement (l'écart-type de sa rentabilité). On peut alors calculer la valeur de l'option.

Ainsi la règle classique :

Investir si : $VAN > \text{coût de l'investissement}$

devient :

Investir si : $VAN - \text{le coût d'investissement}$
 $> \text{valeur de l'option}$

On le sait, la valeur d'une option augmente avec la volatilité. Ce calcul rejoint une intuition de bon sens : quand l'incertitude est forte (prix de l'option élevé), mieux vaut attendre avant d'investir. Les options réelles ne s'opposent pas à la VAN mais complètent ce calcul : l'entreprise doit déterminer le meilleur moment pour investir¹.

LES EFFETS PERVERS DE LA FINANCIARISATION DE L'ENTREPRISE

Bien sûr, toutes les théories que nous venons d'aborder sont erronées. Le Medaf et la théorie des options, tout comme le théorème de Modigliani-Miller, sont construits sur la loi normale et la croyance en l'efficacité des marchés, des hypo-

1. Cabinet Pansard & Associés, *Évolution des méthodes d'analyse des projets d'investissement*.

thèses fausses, nous le savons. Le modèle de Sharpe dans sa version simpliste d'origine n'a plus cours dans les salles de marché, les *traders* ont pris conscience des limites du modèle de Black et Scholes, mais on continue d'utiliser le Medaf, et maintenant les options réelles, en gestion d'entreprise comme si de rien n'était ! Le bêta, qui sert à calculer le taux d'actualisation et le coût du capital pour déterminer les investissements, continue à servir de référence.

Benoît Mandelbrot – encore lui ! – s'en alarme en 2005 dans son ouvrage de référence *Une approche fractale des marchés*¹ : les trois quarts des directeurs financiers aux États-Unis utilisent le Medaf ! En Europe, le pourcentage est identique. Il s'appuie pour cela sur une étude de deux universitaires du NBER (*National Bureau of Economic Research*), Graham et Harvey, réalisée en 2002². Un questionnaire détaillé fut envoyé à des centaines de directeurs financiers : comment décident-ils quelles usines, quelles acquisitions ou quelles entreprises financer, et lesquelles arrêter ? Comment déterminent-ils s'il est plus économique d'émettre des actions, des obligations, ou d'emprunter auprès des banques ?

Sans vouloir effrayer le lecteur, il faut rappeler que toutes ces décisions ont été, et sont prises actuellement, à partir d'un modèle erroné, qui sous-estime grandement le risque. Bien sûr, on pourra nous rétorquer que les directeurs financiers savent prendre du recul par rapport aux modèles, comme les *traders*. Sans doute. Mais les *traders*, au moins, ont étudié en détail la théorie de la finance au cours de leurs études, ce qui leur en donne une meilleure compréhension (ils ont entendu parler de la loi normale, ce qui peut les amener à la critiquer). Ce n'est pas nécessairement le cas des directeurs financiers pour lesquels – il

-
1. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, op. cit., p. 81.
 2. John Graham, Campbell Harvey, « How Do CFOs Make Capital Budgeting and Capital Structure Decisions? », *Journal of Applied Corporate Finance* 2002.

suffit d'ouvrir un ouvrage de gestion financière pour s'en rendre compte – le Medaf est incorporé tel quel, quasiment « tombé du ciel », avec une autorité qu'on ne discute pas, et le plus souvent sans même mentionner l'hypothèse gaussienne. Voyons les effets pervers que cela a générés, concernant la sous-estimation des risques et la course à la rentabilité des capitaux propres.

UNE DANGEREUSE SOUS-ESTIMATION DES RISQUES

Utiliser un modèle qui sous-estime le risque amène... à prendre plus de risques que de raison. L'entreprise est conduite à prendre des décisions dangereuses, on le voit dans plusieurs domaines :

1. Des investissements dont la « VAN » semblait rassurante se révèlent perdants

L'illusion gaussienne amène à minorer les événements extrêmes qui peuvent modifier radicalement la rentabilité d'un investissement, surtout quand l'entreprise sort de son domaine de compétence pour s'aventurer sur des terres hostiles. Les lourds investissements d'EDF au Brésil et en Argentine dans les années 1990 ont été touchés de plein fouet par la récession et la chute des monnaies d'Amérique du Sud au début des années 2000, deux événements non liés à la production d'électricité mais qui auront fait plonger les comptes. Plus près de nous, l'alliance des deux grandes banques de réseau (Banque Populaire et Caisse d'Épargne) pour se lancer dans la banque de marché avec Natixis leur aura causé des pertes de plusieurs milliards d'euros – et ce n'est pas fini.

2. L'apparition de surcapacités de production

Conséquence du point précédent, le développement des capacités de production bénéficie de ce faux excès de confiance, de cette minoration artificielle des risques. Une bulle se crée, bulle que l'industrie paye très cher aujourd'hui avec la crise où les taux d'utilisation des capacités de production sont au plus bas.

3. De nombreux LBO sont dans une situation critique à cause de la crise

Un LBO (*Leveraged buy-out*, ou financement d'acquisition par emprunt) consiste à racheter une société en ayant recours à l'endettement. La dette s'accroît considérablement et l'effet de levier (capitaux propres/dettes) atteint des niveaux extrêmes (on parle dans certains cas de 10 euros de dette pour 1 euro de capital propre). La crise financière de 2008 a mis en lumière la fragilité de ce type de montage en cas de retournement économique. Et ce, d'autant plus que l'abondance de liquidités des années précédentes avait fini par créer une bulle, poussant à la hausse la valorisation des sociétés, en déconnexion avec les réalités économiques. Le Boston Consulting Group estime que plus de la moitié des LBO devraient avoir des « problèmes » avec leur dette dans les trois prochaines années.

4. Les grandes « fusions et acquisitions » – Daimler/Chrysler, BMW/Rover, Alcatel/Lucent... – ne rapportent en définitive souvent rien à l'actionnaire

La débauche des communiqués prometteurs lors de l'acquisition (synergies, bénéfiques, développement international, etc.) n'a d'égal que le silence gêné lorsque l'on évoque le sujet quelques années plus tard. Les conséquences négatives sont toujours négligées, mais elles l'emportent souvent.

5. Des restructurations pas toujours judicieuses

Plaçons-nous au sein de l'entreprise. Une société diversifiée prendra la décision de fermer des usines ou de se séparer d'activités insuffisamment rentables mais dont, finalement, la faible volatilité constituait un atout de poids dans son bilan. Ses autres activités, plus risquées, voient leur risque minoré grâce au Medaf (ce qui donne à l'entreprise une assurance illusoire), et ce même modèle conclut à l'inutilité de conserver les activités peu rentables. Une vraie perception du risque aurait toutefois peut-être conduit la société à conserver ces activités dont la stabilité

aurait compensé la forte volatilité des autres. Une telle restructuration fragilise l'entreprise sans qu'elle s'en rende compte.

Une société pharmaceutique qui fabrique des médicaments génériques (*i.e.* dont le brevet est tombé dans le domaine public) et des médicaments dont elle détient le brevet possède clairement deux *business* différents. Le premier est stable mais offre de faibles marges (à cause de la concurrence des autres laboratoires), le second est très rentable et connaît généralement des volumes en hausse au fur et à mesure que les produits se font connaître et prescrire. Un jugement rapide pourrait amener l'entreprise à abandonner son activité générique pour encaisser des liquidités et les investir dans la recherche de nouvelles molécules. C'est ce que prescrirait le Medaf. Mais les « événements extrêmes » affectant des médicaments très rentables se produisent de temps en temps et, dans ce cas, la sanction est radicale : le retrait du marché. C'est ce qui s'est produit pour le Vioxx de Merck en 2004 dont on a découvert des effets secondaires néfastes. Un tel risque se trouve dans la partie écrasée de la courbe de Gauss et n'arrive normalement jamais, pensent les gestionnaires ; et pourtant ! Mieux vaut alors garder, par sécurité, l'activité générique qui permettra d'amortir le choc.

D'une façon générale, cette sous-estimation du risque amène l'entreprise à sous-évaluer les activités moyennement ou peu rentables mais « stables » dans son portefeuille d'activités, et à surévaluer les activités rentables mais risquées. Elle la conduit à prendre des risques inconsidérés. Nous reviendrons sur cette idée essentielle.

LA COURSE À LA RENTABILITÉ DES FONDS PROPRES

Une conséquence importante de ce que nous venons de voir consiste à déplacer la mesure de la performance de l'entreprise du chiffre d'affaires vers le capital employé. Ce n'est plus la marge sur le chiffre d'affaires qui compte (le point de vue de l'entreprise, les ventes et la rentabilité obtenue), mais le rende-

ment des capitaux employés (le point de vue de l'actionnaire, ce que lui rapporte l'argent qu'il a investi dans l'entreprise). C'est ce qu'on appelle la « gestion par la valeur » (*Value Based Management*). Ce terme est joli, prometteur... il sous-entend qu'auparavant, les chefs d'entreprise étaient frileux et un peu bornés.

Quelle est la meilleure façon d'augmenter la rentabilité des capitaux engagés ? Il y a bien sûr les investissements, dont il faut choisir les plus rentables, mais il y en a aussi une autre : accélérer la vitesse de circulation de ces capitaux. Et comment accélérer la rotation du capital ? Pour répondre à cette question, il faut partir de la distinction entre le « capital fixe » (les immobilisations : bâtiments, machines, infrastructures diverses) qui tourne lentement et le « capital circulant » (qui finance les moyens de production : salaires, recherche et développement, dépenses de marketing) qui tourne rapidement. Conclusion logique : pour accélérer la rotation du capital, l'entreprise devra se délester du capital fixe en le filialisant, en l'externalisant ou en le délocalisant. Deux fonctions sont particulièrement visées, l'immobilier (les « murs » de l'entreprise) et la production.

La filialisation de l'immobilier, de plus en plus répandue dans les entreprises, vient de là. L'immobilier n'est plus une ressource gratuite¹, elle devient payante, comme les fonds propres ! Les « murs », la « caisse », qui constituaient jadis une sécurité, un amortisseur de crise, que le chef d'entreprise cédait en dernière extrémité, deviennent des « actifs » qu'il faut valoriser. C'est là toute l'histoire de la financiarisation de l'immobilier, de sa « rentabilisation », de son financement de plus en plus risqué par le crédit, de la création de bulles... Cet enjeu est crucial dans nombre d'entreprises et peut générer des conflits entre les dirigeants et les actionnaires, comme en témoigne l'affaire Carrefour où un fonds d'investissement

1. Guy Marty, « Financiarisation de l'immobilier : vers un nouvel équilibre », *Constructif*, mai 2002.

récemment entré au capital (Colony Capital) exige que le réseau de supermarchés vende les murs de ses magasins. Ce faisant, l'enseigne perdra un amortisseur utile en cas de difficultés, même si elle aura empoché plusieurs milliards au passage (mais dont une grande partie aura été reversée en dividendes, entre autres à Colony justement).

La délocalisation de la production procède de la même logique, nettoyer le bilan de l'entreprise des machines et des usines, qui nécessite de lourds investissements rentabilisés sur de longues années (du capital qui tourne lentement, cauchemar des fonds d'investissement). La relocalisation dans des pays à faible coût de main-d'œuvre offre au passage un avantage supplémentaire.

LA TYRANNIE DU WACC ?

On vient de voir comment, sous couvert de l'intégration du modèle classique de la finance, le marché impose son point de vue à l'entreprise pour calculer le WACC (ou CMPC). Le prix de l'argent, ce n'est pas ce qu'il vous coûte, c'est ce que les investisseurs (« le marché ») attendent qu'il leur rapporte¹... Beau tour de passe-passe. Du point de vue de l'entreprise, que devraient en effet lui coûter ses capitaux propres ? Cela dépendrait du montant des dividendes versés aux actionnaires. Si l'entreprise verse peu de dividendes, ses capitaux propres lui coûtent peu, et inversement. Au lieu de cela, elle se retrouve avec le taux sans risque et la prime de risque (le coefficient bêta de volatilité sectorielle), merci Sharpe !

Ensuite, pour calculer le WACC on ne prend pas le ratio dettes/fonds propres de l'entreprise, mais le ratio moyen des entreprises du secteur (merci Modigliani-Miller !). Résultat,

1. Daniel Valot, « En finir avec les rendements fous du dieu Marché », *La Tribune*, 2 juillet 2009.

l'entreprise se retrouve avec un WACC de 10-15 % l'an ! Et le WACC représentant le coût du capital, l'entreprise doit donc dégager une rentabilité supérieure à ce chiffre, cette dernière étant calculée par un autre célèbre ratio, le ROCE (*Return On Capital Employed*, rentabilité des capitaux employés). Et voici d'où vient ce chiffre de 15 % de rentabilité sur fonds propres qui devient une sorte « d'impératif catégorique » pour toutes les entreprises !

Une entreprise saine et rentable, peu endettée et versant de faibles dividendes, se voit mise hors-jeu avec ces nouvelles règles ; le marché lui impose un WACC de 10 % avec les conséquences que cela implique : délocalisation de la production, filialisation de l'immobilier, etc. « Une entreprise en bonne santé financière n'est plus une entreprise solvable car dotée d'un bilan respectueux des règles de l'orthodoxie financière imposées par les banquiers prêteurs, mais une entreprise qui crée de la valeur parce que la rentabilité *attendue* sur les capitaux investis est supérieure à la rentabilité *exigée* par les bailleurs de fonds¹. »

Mais quelque chose a été oublié. Lorsqu'un *trader* compare deux actifs, l'un ayant une rentabilité de 10 % et l'autre de 15 %, il sait bien que le niveau de risque n'est pas identique. Même si la mesure qu'il réalise sous-estime ce niveau de risque du fait qu'il utilise la courbe de Gauss, il est parfaitement conscient de la hausse concomitante de la rentabilité et du risque. Or, ici, le ROCE et le WACC sont donnés tels quels, sans aucun risque associé ! On se doute bien pourtant que, toutes choses égales par ailleurs, l'entreprise dont la rentabilité passe de 5 à 10 puis 15 % voit son risque augmenter : son bilan sera plus fragile, son chiffre d'affaires plus volatil, un retournement du marché l'atteindra plus durement. Mais ceux qui ont

1. Bruno Husson, « Analyse financière : les normes IFRS signent-elles l'arrêt de mort du ROCE ? », *Option Finance*, juillet 2005.

introduit le Medaf dans la gestion financière ne se sont pas souciés d'élaborer une méthode de calcul du risque, un « petit voyant rouge » qui aurait pu s'allumer de temps à autre... Comment l'action pourrait-elle avoir un risque si le sous-jacent (l'entreprise) n'en a pas ! Les défenseurs de la théorie classique pourraient répondre à cela que le taux d'actualisation inclut un risque. D'accord. Mais c'est le risque du marché, au mieux du secteur, qui provient des actionnaires, et qui ne tient pas compte de la structure financière propre de l'entreprise. Cela ne constitue donc pas un risque *identifiable* pour l'entreprise lambda. « L'utilisation du Medaf pour calculer la prime de risque implique que seul le risque systématique est pris en compte¹ » (*i.e.* le risque du marché ou du secteur, mais pas celui de l'entreprise, dénommé risque spécifique ou idiosyncratique).

Ce taux de 15 % de « retour sur capitaux propres » devient ainsi l'objectif principal, qu'il faut atteindre et conserver. Mais on comprend vite que dans une économie dont la croissance du PIB navigue autour de 3 %, ce chiffre tourne à la gageure pour beaucoup. Seuls les secteurs en forte croissance peuvent y prétendre, mais les autres ? Une fois que l'entreprise a délocalisé sa production et filialisé son immobilier, comment peut-elle s'y prendre pour maintenir cette performance ? Il existe alors deux solutions :

1. Le rachat d'action

L'entreprise rachète ses propres actions avec ses capitaux propres, ce qui fait mécaniquement monter la rentabilité des capitaux employés, le ROCE (*Return On Capital Employed* : le ratio augmente car le dénominateur – les capitaux propres – diminue alors que le numérateur – le résultat d'exploitation –

1. Roland Portrait, Patricia Charlety, Denis Dubois, Philippe Noubel, *Les Décisions financières de l'entreprise, op. cit.*, p. 444.

reste constant). Bien sûr, on peut difficilement imaginer une action aussi antiéconomique, antientrepreneuriale que celle-ci. Au lieu d'investir, de se développer, l'entreprise dilapide ses liquidités pour rien ! Pour complaire à ses actionnaires, elle adopte un comportement intrinsèquement stupide. Ses défenseurs voient bien sûr les choses d'un autre point de vue, exclusivement celui des actionnaires, influencés par les théories de Markowitz et consorts : « Tout euro secrété par l'entreprise ne doit y être investi qu'à un taux de rentabilité au moins égal à celui exigé par les pourvoyeurs de fonds, le coût moyen pondéré du capital, sinon il y a destruction de valeur et il vaut mieux alors restituer cet euro »¹, c'est la « décapitalisation », le rachat d'actions.

2. L'augmentation de l'endettement

Si l'augmentation de la rentabilité de l'entreprise est financée essentiellement par de l'endettement pendant que la base des capitaux propres reste constante, le calcul du ratio des bénéfices sur les capitaux propres augmentera. C.Q.F.D.

Les deux méthodes sont couramment utilisées, mais c'est la seconde qui offre le plus de potentialités, ne serait-ce que par la peur (de la banqueroute) qu'elle suscite au sein de l'entreprise et de la motivation qui s'ensuit ou – pour employer la formule de Henry Kravis (un des fondateurs de KKR, un fonds habitué aux OPA et aux LBO géants) –, la dette constitue une « discipline créatrice »... L'endettement est aussi préféré parce que la fiscalité l'avantage : aux États-Unis comme en Europe, la rémunération du créancier est déduite de la base de calcul de l'impôt sur les sociétés, alors que la rémunération de l'actionnaire, qu'il s'agisse de la part des bénéfices réinvestis dans l'entreprise ou des dividendes versés, ne l'est pas. Il devient

1. Pascal Quiry, Yann Le Fur, « Rachat d'actions : les raisons du développement », *Les Échos, L'art du management* 2004.

ainsi hautement rentable d'utiliser un effet de levier pour augmenter la rémunération du capital¹.

Mais un fort endettement augmente le risque de faillite de l'entreprise... qu'à cela ne tienne, il suffira de créer un produit d'assurance spécifique : les CDS (*Credit Default Swap*) ! Un CDS est une assurance pour laquelle on verse une prime à intervalle régulier de façon à se couvrir contre le risque de faillite d'une société (ou d'un pays, ou d'un actif financier), et dans ce cas, on reçoit un versement à la hauteur du préjudice. Toutes les sociétés importantes des grandes bourses mondiales ont leur CDS. Le jeu des grands investisseurs (banques, *hedge funds*) est donc simple : ils poussent les entreprises à augmenter leur ROCE, et celles-ci le font en grande partie en s'endettant, si cela fonctionne, ils empochent les dividendes, si elles font faillite, ils touchent les CDS ; dans tous les cas, ils en sortent gagnants, c'est un peu « pile je gagne, face tu perds ».

Le CDS, c'est un peu au « retour du refoulé », le retour du risque que la gestion financière, en incorporant le Medaf, a délibérément oublié, comme nous l'avons dit plus haut. Mais il s'agit bien sûr d'un pis-aller imposé par le marché et que l'entreprise, avec sa logique, sa complexité, n'a pu que subir.

BREF RETOUR HISTORIQUE : DU CAPITALISME ENTREPRENEURIAL AU CAPITALISME ACTIONNARIAL

Les différents mécanismes de gestion que nous avons passés en revue permettent de broser un tableau des dernières décennies, depuis l'introduction du Medaf dans la gestion financière de l'entreprise au cours des années 1970.

1. Vincent Bénard, « Pour une croissance saine et durable : sortir de l'économie de la dette et des privilèges bancaires », *Objectif liberté* (objectifliberte.fr), 14 décembre 2009.

Ce furent d'abord, sur la foi de ce modèle, les « restructurations » des années 1970 et 1980, avec les fusions, acquisitions ou reventes d'usines et d'activités. La sous-estimation des risques inhérente au Medaf a amené les entreprises à sous-évaluer les activités moyennement ou peu rentables mais stables dans leur portefeuille d'activité, et souvent à s'en débarrasser. Dans le même temps, leurs activités rentables voyaient leur risque « raboté », ce qui les incitait à les surpondérer. Les entreprises se fragilisent sans s'en rendre compte, un comportement pourtant à éviter en période de crise. Voici peut-être une clé de lecture pour comprendre le parcours des grandes entreprises depuis les années 1970, car la « crise » n'explique pas tout.

Puis lorsque la rotation du capital est devenue plus importante que la marge sur chiffre d'affaires, et que les seules restructurations ne suffisaient plus, on a assisté, à partir des années 1980 et 1990, aux délocalisations de production et à la financiarisation de l'immobilier. L'ouverture des frontières facilitait cette relocalisation de la production, la Chine était en train de devenir « l'usine du monde »... L'immobilier entrait dans la danse à son tour, celle de la rentabilisation, de son financement de plus en plus important par le crédit, de la création de bulles, en attendant les *subprimes*.

Ces mouvements continuent mais ils ne suffisent plus, les années 1990 furent celles des rachats d'actions et de l'endettement généralisés, que vient encourager l'invention des CDS en 1997. Les années 2000 verront s'accroître l'endettement des entreprises, des particuliers, du système financier. Toutes les conditions étaient alors réunies pour former une bulle d'endettement généralisée, c'est-à-dire un niveau de dettes dont le risque demeurait largement masqué aux divers intervenants. La crise de septembre 2008 lève le voile sur cette illusion collective.

Les CDS ont connu un succès foudroyant, mais au fait, comment font les banques et les *hedge funds* pour les évaluer ?

Elles utilisent principalement le « modèle de Merton » (le Merton de la faillite de LTCM) datant de 1974¹ et dont l'hypothèse fondatrice est que la valeur de l'entreprise est estimée par... la courbe de Gauss, bien sûr. C'en serait comique si les conséquences n'étaient pas si dévastatrices : la faillite d'AIG en septembre 2008, qui faillit à elle seule menacer le système financier américain, relève en grande partie des CDS qu'elle avait pris sur Lehman Brothers. Pensant la disparition de cette grande banque d'affaires inconcevable, elle avait accepté quantité de CDS sur elle, empochant tranquillement les primes et certaine de ne jamais devoir en subir les conséquences.

Bien évidemment, une grande partie de ces évolutions aurait eu lieu sans le Medaf, mais l'incorporation de ce modèle dans le *corpus* de la gestion a faussé la vision que l'entreprise avait d'elle-même et de son environnement, dans le sens d'une fragilisation excessive. Mais tout ce mouvement indique surtout le passage d'un capitalisme entrepreneurial à un capitalisme actionnarial, ou financier, c'est-à-dire un capitalisme où la logique industrielle recule face à la poursuite d'une rentabilité sans rapport avec la réalité économique, au seul bénéfice des détenteurs de capitaux.

Notons également que, pour s'assurer la meilleure collaboration possible des équipes dirigeantes à leur recherche de rentabilité, les milieux actionnariaux ont considérablement développé les *stock-options*, les salaires à sept chiffres, les bonus et autres parachutes dorés ou *Golden Hello* (prime de bienvenue). Une autre façon de comprendre la progression exponentielle des revenus des grands patrons depuis les années 1980. Il fallait notamment vaincre la peur d'un endettement massif, viscérale chez les entrepreneurs ou les groupes familiaux, mais tellement nécessaire à l'amélioration du

1. Robert Merton, « *On the Pricing of Corporate Debt: the Risk Structure of Interest Rates* », *Journal of Finance* 29, 1974.

« ROCE » comme nous l'avons vu. Quelques gratifications le firent supporter.

Nous avons vu que le modèle d'évaluation des options de Black et Scholes avait aussi été intégré à l'entreprise sous le terme d'options réelles. La conclusion opérationnelle en était que lorsque l'incertitude est forte, mieux vaut attendre avant d'investir. En renversant le problème, on en déduit qu'une réduction de l'incertitude favorise les investissements ; voilà un point d'accord idéal entre les entreprises et le gouvernement. Comment s'y prendre ? En augmentant la *flexibilité*, en dérégulant, encore une clé de lecture de ces dernières décennies. La flexibilité, concrètement l'abaissement des frontières et des réglementations, diminue l'irréversibilité associée à chaque investissement, « en effet, si une entreprise sait qu'elle peut se défaire aisément et à moindre coût du projet dans lequel elle compte investir, alors elle sera incitée à investir pour une rentabilité moindre dans ce projet¹ », d'où une augmentation globale du volume des investissements. La création d'un marché intérieur unique et d'une monnaie commune participe de cette logique de réduction des incertitudes pour les entreprises, et constitue un axe essentiel de la construction européenne. La flexibilité représente évidemment un progrès, mais là encore, l'hypothèse gaussienne du modèle de Black et Scholes nous joue des tours ; la volatilité n'étant pas constante mais se concentrant sur certaines périodes, les bénéfices attendus sont donc surévalués et même parfois pris en défaut. La flexibilité ne peut pas devenir une fin en soi car les événements extrêmes existeront toujours et pourront déstabiliser la finance et l'économie. Si le monde était gaussien, la flexibilité constituerait une réponse idéale car elle « absorberait » les petites et rares valeurs extrêmes que prévoit la courbe de Gauss, mais dans la réalité cela ne fonctionne pas ainsi, elle ne peut répondre seule à un choc violent et

1. Marc Chesney, Erwan Morellec, « Théorie des options et investissements », *Les Échos, L'art de la finance* 2009.

inattendu ; un excès de flexibilité peut même fragiliser une structure qui, alors, subira plus de dommages que prévu. Comme pour le Medaf, une fragilisation induite et masquée apparaît et qui peut avoir de graves conséquences. La déréglementation qu'a réclamée bruyamment le secteur financier ne lui a pas permis d'être plus résistant, sans doute même au contraire, lors de la crise de septembre 2008. La régulation financière reste à penser, nous y reviendrons.

FAIR VALUE : LE COUP DE GRÂCE ?

L'histoire n'est pas terminée, et le pire n'est sans doute pas derrière nous. La *Fair Value* marque l'accomplissement de la tendance que nous venons de décrire, à savoir la mainmise du marché sur l'entreprise. La *Fair Value* (« juste valeur » en français), prônée par les normes comptables internationales IFRS, en vigueur depuis 2005, stipule que les actifs doivent être valorisés dans les bilans des grandes entreprises et des banques à leur prix de marché. Cette méthode s'oppose au coût historique, précédemment utilisé, selon lequel l'actif restait valorisé dans les comptes à son prix d'achat. Au premier abord on juge cette évolution positive, les bilans et les comptes de résultat seront plus réalistes, plus transparents ; on oublie au passage que l'ancienne méthode permettait à l'entreprise de « faire du gras », notamment avec son patrimoine immobilier (en ne le réévaluant pas au cours des années), et de se constituer ainsi un matelas de sécurité.

Mais surtout, la crise financière a remis sur le devant de la scène les normes IFRS, car chacun a pu constater que l'obligation de comptabiliser les actifs financiers à leur valeur constatée en temps réel sur les marchés a accéléré la crise, notamment à partir de la faillite de Lehman Brothers le 15 septembre 2008. Ces marchés étant en chute libre, les institutions financières ont dû dévaluer instantanément leurs bilans dans de grandes proportions. Conséquence, face à cette diminution brutale de la valorisation, et qui s'est accentuée au fur et à mesure que les

marchés continuaient à baisser, la confiance mutuelle a disparu. L'ingrédient indispensable de tout marché, la confiance, ayant subitement fait défaut, le marché interbancaire s'est asséché. La crise sur les marchés passe ainsi instantanément au secteur bancaire, avant de toucher l'économie réelle, le crédit aux entreprises et aux particuliers.

Devant cet enchaînement précipité et catastrophique, il convient de bien noter quelle a été la réaction des organismes comptables nationaux et internationaux : ils ont suspendu les normes IFRS pour les produits financiers dont le marché est inactif ou non représentatif (nombre de transactions très faible) en permettant et en recommandant alors aux institutions financières de calculer la valeur de ces actifs en interne, par une estimation des flux de trésorerie futurs, du taux d'actualisation, des risques, etc.

On passe ainsi du *Mark to Market* au *Mark to Model*, de l'évaluation par le marché à celle par des modèles (gaussiens, cela va de soi !). Ainsi la logique même de la comptabilisation en temps réel n'a-t-elle pas été remise en cause : on a simplement permis d'effectuer ce calcul en interne. Et chacun veut se convaincre ici qu'une formule mathématique peut correspondre à la réalité d'un marché... D'autant que « les normes comptables en vigueur continuent d'autoriser les banques à utiliser leurs propres modèles internes pour procéder à cette évaluation, et on peut donc douter de la volonté des établissements à pondérer correctement les risques de baisse » comme l'indique une publication de la Banque de France¹.

Pourtant, après cette intervention des organismes comptables, le marché interbancaire est resté bloqué et la confiance fait toujours défaut. Pourquoi ? Il faudrait pourtant bien comprendre que lever l'obligation de la *Fair Value* et recommander l'évaluation en

1. Barry Eichengreen, « Dix questions à propos de la crise des prêts *subprime* », *Revue de la stabilité financière*, février 2008.

interne constituent le meilleur moyen de prolonger la suspension et l'illiquidité des marchés concernés ! Qui, en effet, voudrait revenir sur ces marchés pour enregistrer de fortes pertes alors que des modèles peaufinés « en interne » permettent de sauver les apparences ? En autorisant les institutions financières à utiliser des modèles mathématiques pour évaluer leurs actifs, les organismes comptables les dissuadent presque explicitement de revenir sur les marchés. Ceux-ci deviendront donc rapidement illiquides, ce qui repoussera d'autant l'envie de ces institutions de revenir sur ces marchés. C'est un cercle vicieux.

Faisons un rapide retour en arrière : pourquoi les normes IFRS et la comptabilisation à la juste valeur ont-elles été mises en place ? Quelles étaient les intentions des auteurs ? En réalité, il s'agissait, à la suite des scandales Enron et WorldCom du début des années 2000, d'améliorer la communication financière et de restaurer la confiance des épargnants et des investisseurs. Ces sociétés ayant gonflé artificiellement leurs bilans avant de s'écrouler du jour au lendemain, on a voulu éviter de nouvelles déconvenues en obligeant les sociétés cotées à donner en temps réel et à la valeur du marché la « vraie » valeur de leur bilan. Soit. Mais est-ce la bonne réponse ? Ceux qui trichent tricheront toujours et c'est la rigueur des contrôles qui importe plutôt qu'une innovation comptable censée rassurer tout le monde. Ces normes auraient-elles empêché le scandale Enron ? Cela n'est pas certain. Depuis, on a connu pire avec Bernard Madoff, qui ne gérait pas un *hedge fund* domicilié dans un paradis fiscal mais un fonds ayant pignon sur rue à New York et plusieurs fois contrôlé par la SEC...

En réalité, la comptabilisation à la juste valeur est une mauvaise réponse apportée à une question mal posée. Poussons sa logique jusqu'à l'absurde : si la *Fair Value* est appliquée à la lettre et calculée en temps réel seconde par seconde... le marché disparaît ! Nul besoin qu'un marché existe si les entreprises communiquent en temps réel leur vraie valeur suivant des normes admises par tous ! Plus profondément, il faut bien comprendre que la notion

de *Fair Value* repose théoriquement, et aussi philosophiquement, sur la croyance en la valeur fondamentale, ou valeur intrinsèque. Nous avons déjà évoqué cette notion et, sans entrer dans ce débat, notons cependant qu'on n'a jamais su la calculer et, sans doute lassés des prévisions erronées des analystes financiers, les investisseurs eurent l'idée de demander aux comptables qui, eux, disposent de l'ensemble des chiffres, de calculer cette valeur fondamentale. C'est ainsi qu'a été inventée la *Fair Value*. Mais, si la valeur fondamentale n'existe pas, la *Fair Value* n'aboutit qu'à incorporer l'incertitude des marchés au cœur des entreprises, ce qui est catastrophique... Car cela favorise la création de bulles. En effet, la *Fair Value* marche dans les deux sens : si les cours des actions montent, cela améliore automatiquement la situation des bilans (des banques de marché spécialement), qui annoncent ainsi des bénéfices, ce qui fait monter les cours, etc., et nous fait croire que la crise est terminée.

Mais, au premier « coup de grisou » sur les marchés, la comptabilisation en temps réel se retourne contre l'entreprise elle-même ; on sort donc des marchés et on actualise sa valeur avec des modèles mathématiques construits en interne, ce qui rend les marchés illiquides puisque plus personne n'y intervient. Et ainsi, la *Fair Value* devient une contradiction dans les termes, une machine qui tourne à vide, un mécanisme circulaire ! On ne s'y prendrait pas autrement si l'on voulait importer une bulle en plein cœur de l'entreprise.

C'est « l'effet Millenium Bridge » mis en évidence par deux économistes anglais¹. Cette passerelle piétonne construite à Londres pour le passage à l'an 2000 a pour particularité de ne pas utiliser les hauts pylônes habituels soutenant le tablier par

1. Jón Danielsson, Hyun Song Shin, « *Endogenous Risk* » in *Modern Risk Management: A History*, Risk Book, 2003 ; voir aussi Guillaume Plantin, Haresh Sapra, Hyun Song Shin, « *Comptabilisation en juste valeur et stabilité financière* », *Revue de stabilité financière*, Banque de France, octobre 2008.

des haubans, mais une suspension latérale. Lors de son inauguration, les milliers de personnes réunies virent le pont se mettre à osciller violemment de droite à gauche au point que plusieurs durent se raccrocher à la rambarde pour ne pas tomber dans la Tamise ; le pont fut immédiatement fermé. Que s'était-il passé ? On sait bien que des soldats doivent cesser de marcher au pas lorsqu'ils traversent un pont, mais les piétons ne sont pas des soldats, ils marchent indépendamment les uns des autres et leurs mouvements s'annulent, normalement. Cependant ce pont étant structurellement moins stable, un coup de vent le fait bouger de façon à peine perceptible, et les piétons se mettent alors à réagir en même temps, puis encore et encore jusqu'à amplifier le léger déplacement d'origine en une oscillation dangereuse. Les mouvements du pont s'autoalimentent jusqu'à mettre sa structure, et ceux qui l'empruntent, en péril. Il en est de même avec la *Fair Value* qui oblige les banques à modifier instantanément leur bilan lors de toute variation de prix, ce qui renforce l'ampleur de ce mouvement, jusqu'à provoquer un krach. On pourrait aussi parler d'« effet Larsen » qui se produit lorsque le haut-parleur et le microphone d'un système audio sont placés à proximité l'un de l'autre : le son émis par l'émetteur est capté par le récepteur qui le retransmet amplifié à l'émetteur, cette boucle produit un signal qui augmente progressivement en fréquence et en intensité jusqu'à atteindre les limites du matériel utilisé, avec le risque de l'endommager ou même de le détruire. Mais tout ceci relève de la physique du chaos qu'un esprit gaussien est incapable de comprendre.

Il faut d'ailleurs faire remarquer – et ce point est assez inquiétant –, que les banques centrales, elles, s'exonèrent complètement de cette obligation ! Après tout, pourquoi ? Elles participent pleinement au système financier, spécialement depuis la crise, et là réside le problème : en échange de liquidités fournies aux banques, elles ont pris en contrepartie tellement de titres à la solvabilité pas toujours certaine que de lourds doutes pèsent désormais sur leurs bilans...

Ces craintes concernent la Fed comme la BCE et l'on s'interroge à haute voix : « La Fed peut-elle faire faillite ¹? ». Nicolas Baverez signale que la Fed, dont le bilan s'est dilaté jusqu'à représenter 40 % du PIB américain « compte désormais trois cinquième d'actifs toxiques² ». Un analyste s'inquiète du fait que la BCE assouplisse « la qualité minimale des titres acceptés : le seuil est abaissé de A à BBB-, autrement dit à des actifs spéculatifs, à l'exception des actifs adossés à des créances. [...] On se rapproche d'un système de prêts en blanc de la part de la BCE³ ». Mais comment peut-on imaginer qu'un système financier fonctionne correctement si les règles ne sont pas les mêmes pour tout le monde, y compris pour les banques centrales ? Ceci dit, vu la gravité de la situation, il vaudrait mieux qu'elles ne révèlent pas la valeur actualisée de leurs bilans parce que la crise risquerait de repartir de plus belle, et de se transmettre directement aux États et à la monnaie elle-même...

C'est en réalité l'idée même d'obliger les sociétés à construire leur comptabilité suivant la méthode de la *Fair Value* qui constitue une erreur majeure. Le comptable doit s'occuper de la comptabilité (la gestion actif/passif adaptée au « temps » de l'entreprise et à sa complexité), l'analyste financier et le *trader* se consacrant à l'évaluation en temps réel. À chacun son métier. Le temps de l'entreprise peut s'étaler sur plusieurs années – que l'on pense à la construction d'une centrale nucléaire ou d'une ligne ferroviaire à grande vitesse – laissons le comptable gérer l'amortissement, les besoins en fonds de roulement, les pertes, etc. dans le cadre de l'activité de son entreprise. Le *trader* surveille la valeur de son portefeuille au jour le jour, c'est sa fonction, son temps. Avec la *Fair Value*, le

1. Nicolas Barré, éditorial, *Les Échos*, 16 décembre 2008.

2. Nicolas Baverez, « L'impasse des stratégies de sortie de crise », *Le Monde*, 29 novembre 2009.

3. *Les Échos*, 16 novembre 2008.

gestionnaire de fonds a voulu enfin accéder à la « vraie valeur » pour limiter son risque. Le marché a cru éliminer le risque en rendant les entreprises transparentes, mais n'a fait qu'y loger en leur cœur sa propre incertitude.

La *Fair Value* devait rendre les comptes des entreprises plus transparents pour la communauté financière, mais au lieu de cela « le fossé se creuse entre comptables et financiers » dénonce Philippe Leroy, P-DG du premier cabinet indépendant d'évaluation financière français, Détroyat¹. « Le but premier de la comptabilité est de fournir des informations sur la solvabilité d'une entreprise : il s'agit de rassurer l'État sur sa perception de l'impôt et les créanciers sur le recouvrement de leur argent. Pour produire les informations comptables, les professionnels ont défini plusieurs principes fondateurs dont la prudence qui conduit à ne pas prendre en compte une recette si elle est compromise et à enregistrer une créance dès la possibilité de sa survenance. » C'est en effet le bon sens. « Or, dans l'application des normes IFRS, les comptables doivent enregistrer des opérations de valorisations ou de dévalorisations d'actifs. Les valeurs sont déterminées par une approche financière qui, par nature, s'intéresse aux flux futurs et dont la matière première est le risque qui leur est associé, le gain ou la perte potentiels que cela représente. Autant de mots, de concepts et de pratiques qui sont à l'opposé de la démarche comptable. » Cela génère de grandes confusions, notamment parce que plusieurs méthodes d'évaluation sont utilisées pour un même actif (les autorités comptables imposent l'établissement des comptes en valeur actuelle tout en autorisant plusieurs méthodes d'évaluation pour y parvenir !). La pratique de la *Fair Value* a conduit, selon Philippe Leroy, les comptables et les financiers à « perdre leur âme », chacun voulant empiéter sur le terrain de l'autre. Tout est mis en place pour de futures crises.

1. Philippe Leroy, « Le fossé se creuse entre comptables et financiers », *La Tribune*, 4 janvier 2010.

La finance fractale

Que faire ? Il faut abandonner la loi normale et utiliser les lois de puissance. Mais il ne faut pas non plus passer d'une idolâtrie à une autre ! D'abord, ces deux lois de probabilité en statistique ne sont pas les seules : il en existe toute une kyrielle (par exemple la courbe de Cauchy et les distributions de Lévy qu'évoque Mandelbrot) dont il ne faut pas négliger l'intérêt dans tel ou tel domaine. Plus fondamentalement, si l'application des lois de puissance au marché boursier est mathématiquement validée (« Le cœur même de la finance est fractal¹ » explique Mandelbrot), elles comportent tant de valeurs extrêmes qu'elles doivent d'abord nous inciter à la prudence et à l'humilité. On ne pourra jamais retrouver un modèle simple « à la Sharpe » censé expliquer l'intégralité du fonctionnement du marché, « le hasard fractal ne donne pas de réponses précises² » explique Taleb. Il importe moins de découvrir un nouveau modèle « clé en main », qui nous donnerait une fausse assurance, que de changer notre façon de *penser* les marchés financiers.

IL FAUT VOIR LES MARCHÉS FINANCIERS AUTREMENT

Synthétisons ce que nous avons dit sur les marchés financiers et, à rebours des certitudes gaussiennes, posons les mises en garde que chaque investisseur doit garder à l'esprit, en quatre points :

-
1. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, *op. cit.*, p. 186.
 2. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, *op. cit.*, p. 350.

1. Les marchés ont de la mémoire

C'est l'élément le plus important, qui détermine les points suivants puisqu'il invalide à lui seul l'utilisation de la loi normale qui ne s'applique qu'à des phénomènes indépendants les uns des autres, et il conduit à utiliser les lois de puissance.

Il existe une dépendance entre les cours d'une action, mais combien de temps dure-t-elle ? À la suite de travaux sur les crues du Nil, complexes et irrégulières (de l'hydrologue anglais Harold E. Hurst), Mandelbrot suggère l'existence d'une « mémoire longue » de plusieurs années, et même de plusieurs décennies, soit une mémoire quasi infinie... Reprenant ces calculs, il construit « l'exposant de Hurst » qui permet de mesurer les effets de dépendance d'une série temporelle. L'appliquant à la Bourse, Mandelbrot met en lumière cette mémoire qui semble ne jamais s'effacer. Il l'explique en prenant l'exemple de la décision d'IBM en 1982 de créer le PC avec Microsoft et Intel pour répondre à Apple : cet événement « survit » encore aujourd'hui puisqu'il a structuré le secteur de l'informatique personnelle, les cours de ces entreprises sont encore « entremêlés » aujourd'hui. Pareillement, le démantèlement du *trust* Standard Oil de Rockefeller en 1911 continue « d'affecter » les sociétés nées alors (Exxon, Chevron). C'est dans ce sens qu'il faut comprendre cette mémoire longue, comme un événement fondateur qui structure un secteur économique, qui lui donne sa configuration : « L'économie mondiale : c'est une véritable chambre à miroirs¹. » Elle existe aussi chez ceux qui travaillent sur les marchés. Mandelbrot reprend les confidences que lui ont faites des anciens de Wall Street : « Quand nous quitterons ce métier, une chose se perdra. C'est la mémoire de 1929². » Espérons que la crise de 2008 marquera durablement les esprits...

1. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, op. cit., p. 253.

2. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, op. cit., p. 208.

2. Les marchés sont très risqués, bien plus que les théories standard ne l'imaginent

Les marchés sont risqués, turbulents, nous l'avons vu, au sens où les variations de cours sont « sauvages » et sortent nettement du cadre rassurant de la loi normale. Mais pourquoi en est-il ainsi ? Mandelbrot avance deux explications, sans prétendre qu'elles suffisent à répondre entièrement à la question.

La première est bien sûr la mémoire qui, en imprimant une dépendance à long terme, complexifie l'évolution des cours. Ceux-ci ne reflètent plus uniquement la dernière information qui vient de tomber (comme dans la théorie de l'efficience), mais aussi un ensemble de faits passés, chacun possédant un écho particulier... À la suite des travaux de Hurst, Mandelbrot tente de démêler cet écheveau en calculant un « effet Joseph » (la mémoire longue des événements passés qui impriment leur tendance) et un « effet Noé » (les sautes de cours violentes dues à des événements parvenant sur le marché)¹.

Deuxièmement, nous l'avons évoqué et nous y reviendrons, la loi de Pareto indique une forte concentration du patrimoine et des revenus et cela ne peut rester sans conséquences : lorsque les 20 % d'individus qui détiennent 80 % des richesses créent ou suivent une mode, cela génère un volume d'activité important. Cette répartition très inégalitaire se retrouve aussi pour les entreprises et quand les 20 % de firmes qui génèrent les 80 % du chiffre d'affaire du secteur se mettent à « bouger » (lancement d'un nouveau produit, baisse des prix, etc.), cela provoque de sérieuses turbulences ! Il est logique qu'elles se retrouvent sur les marchés des actions. Si la loi normale s'appliquait, les mouvements des leaders seraient noyés dans la masse, mais c'est bien le

1. L'exposant de Hurst et les effets Joseph et Noé sont expliqués dans les chapitres 9 et 10 d'*Une approche fractale des marchés (op. cit.)* de Mandelbrot.

contraire qui se produit ici. La dimension fractale des variations boursières reflète la structure fractale de l'économie.

3. Le « timing » des marchés a une grande importance : les gains et les pertes importants se concentrent dans de petits intervalles de temps.

Sur le marché financier la volatilité n'est pas constante, elle se concentre sur des périodes déterminées, quand le marché « chauffe ». Reprenons un exemple que cite Mandelbrot : entre 1986 et 2003, le dollar a continûment perdu de la valeur face au yen, mais pratiquement la moitié de ce déclin a eu lieu en seulement dix jours, autrement dit 46 % de la baisse s'est produite pendant 0,21 % du total des journées (cela ressemble à la répartition 1/50 – issue de la règle des 20/80 – que nous avons vue dans le troisième chapitre).

Cette approche – par les variations subites et ponctuelles plutôt que par la moyenne sur longue période – permet de résoudre un problème sur lequel bute la théorie classique de la finance, l'énigme de la prime de risque sur les actions. Les actions offrent un rendement plus élevé que les obligations d'État du fait qu'elles sont risquées, mais pourquoi autant ? En effet, selon la théorie classique, le risque – quantifié par la volatilité, elle-même mesurée par l'écart-type et la courbe de Gauss – ne devrait pas offrir une prime de risque supérieure à 1 %. Or, pour le XX^e siècle, la prime constatée concrètement s'établit de 4 à 8 % selon les différentes études publiées sur le sujet. Mandelbrot signale que deux auteurs, Mehra et Prescott¹, prirent le problème autrement : d'une part, au lieu de se baser sur le cours moyen, ils prirent les valeurs extrêmes atteintes par les actions (partant du principe qu'un investisseur est plus sensible aux valeurs extrêmes qu'à une moyenne).

1. Rajnish Mehra, Edward Prescott, « *The Equity Premium in Retrospect* », NBER 9525, 2003.

D'autre part, ils abandonnèrent la courbe de Gauss. Leurs résultats correspondirent alors à la prime réellement mesurée sur les marchés !

Le « *timing* » est donc essentiel pour un investisseur, il faut savoir saisir le bon moment plutôt que de se concentrer sur des moyennes mensuelles. On encourage les investisseurs à garder longtemps leurs valeurs en portefeuille, mais l'adage « on ne perd que si l'on vend » est inexact. Si une action gagne 40 % en un mois et que cela correspond au double de sa volatilité habituelle, la probabilité qu'elle monte encore est très faible ; il vaut mieux vendre et empocher la plus-value.

4. Le risque de ruine est important

Les bulles et les krachs sont inévitables. La mémoire longue et la discontinuité des cours donnent une *dynamique interne* aux marchés qui peuvent ainsi s'écarter d'une « valeur fondamentale » (même s'il faut prendre cette notion avec précaution comme nous l'avons vu). L'abandon de la loi normale en faveur des lois de puissance fait passer le risque de ruine, selon Mandelbrot, d'un chiffre infime (de l'ordre de 10^{-20}) à « un pour dix ou un pour trente¹ » !

Mandelbrot avait prévenu : « Il n'y a aucune limite aux dommages que peut subir la banque². » Et pour cause, l'outil utilisé par les banques pour calculer le risque de leur bilan (la « VaR », *Value at Risk*) est construit sur la loi normale ! Combien garder de liquidités pour faire face aux soubresauts des marchés ? Comment calculer le risque de moins-value d'un produit structuré ? Comment mesurer le risque global d'un portefeuille d'actifs ? Ces questions sont au cœur de la finance, et la réponse est apportée par la VaR (« aujourd'hui, l'essentiel des activités de marché de la banque d'investissement est

1. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, op. cit., p. 257.

2. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, op. cit., p. 301.

couvert par un calcul en VaR, y compris les produits les plus complexes¹ »). VaR signifie en français, « Valeur à risque à 99 % », le standard de l'industrie bancaire pour la mesure des risques, qui évalue combien on peut perdre sur tel actif financier pour une période donnée et à un niveau de confiance (ici 99 %) déterminé. *Quid* de ces 1 % qui peuvent bouleverser les marchés ? *Quid* des valeurs extrêmes ignorées par la loi normale (même « élargie » avec un kurtosis supérieur à 3) ? Ce calcul est complété par des « analyses de stress et des scénarios pour des environnements de crise » mais il reste l'outil prédominant, et il a été complètement pris en défaut par la crise de 2008.

Si les chantiers navals construisaient des bateaux avec une VaR à 99 %, ils finiraient leur vie en se brisant en deux lors d'une grosse tempête ! Une tempête exceptionnelle sur l'Atlantique Nord enverrait par le fond des dizaines de cargos ; on parlerait alors de « krach du transport maritime » ; le trafic transatlantique stopperait net, les États renfloueraient les compagnies maritimes pour leur éviter la faillite ; leurs dirigeants accuseraient un événement météo imprévisible ; les ingénieurs se retrancheraient derrière leurs modèles mathématiques et, passé le moment d'effroi, tout recommencerait comme avant puisqu'un tel événement a soi-disant « une chance sur dix millions » de se produire. Voilà la finance aujourd'hui. Heureusement, les chantiers navals se calent sur les événements exceptionnels, et prennent en plus une marge de sécurité.

La crise a, dans ce domaine, provoqué un début de prise de conscience sur les limites de cet instrument comme en témoigne, par exemple, le texte de Michel Crouhy publié dans le rapport du CAE (Conseil d'analyse économique, rattaché au Premier ministre) *La crise des subprimes*². La VaR fonctionne quand tout

1. *Document de référence 2008* de la Société Générale.

2. Michel Crouhy, « Les mesures de risque et leurs limites », in CAE, *La crise des subprimes*, La Documentation française, 2008.

va bien : « De toute évidence les modèles paramétriques de VaR calibrés sur des périodes de fonctionnement "normal" des marchés, sont défaillants lorsque surviennent des événements exceptionnels, non anticipés, comme le défaut du gouvernement russe en 1998 ou la crise des *subprimes* en 2007. » Le pire est que les normes prudentielles imposées aux banques (normes « Bâle II » édictées sous l'égide de la Banque des règlements internationaux) ont adopté cet outil... La VaR, ou comment passer à côté du risque.

MIEUX MESURER LE RISQUE AVEC LES LOIS DE PUISSANCE

Dans son très instructif ouvrage *Économie des extrêmes, krachs catastrophes et inégalités*¹, Daniel Zajdenweber montre que la présence de lois de puissance en économie oblige à abandonner le préjugé, couramment répandu chez les économistes, que les valeurs extrêmes sont rares et peu significatives ; elles sont au contraire « un élément central, au cœur des mécanismes économiques² ». Les physiciens l'ont compris depuis longtemps, « c'est grâce à la théorie des valeurs extrêmes que les constructeurs de gratte-ciel ou de barrages peuvent calculer au plus juste, donc sans risque de sous-évaluation ou de surévaluation, les coefficients de sécurité afin d'affronter les événements naturels extrêmes : ouragans, inondations, séismes, etc.³ ». Les assureurs connaissent les lois de puissance, mais pas les banquiers.

Reprenant les chiffres de la NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), Zajdenweber explique que les dommages de plus d'un milliard de dollars causés par les catastrophes climatiques entre 1980 et 2008 aux États-Unis

1. Daniel Zajdenweber, *Économie des extrêmes*, Champs Flammarion, 2001, édition revue et augmentée en 2009.

2. Daniel Zajdenweber, *Économie des extrêmes*, *op. cit.*, p. 11.

3. Daniel Zajdenweber, *Économie des extrêmes*, *op. cit.*, p. 24.

suivent une loi de puissance ; reportés sur un graphique logarithmique, il obtient une droite de pente -1. « La pente -1 signifie que le premier événement, le plus coûteux, coûte le double du deuxième, qui coûte le double du quatrième, qui coûte le double du huitième, qui coûte le double du seizième, etc.¹ », soit une progression extrêmement forte. La dernière erreur à faire pour les sociétés d'assurance serait de calculer un dommage moyen sur ces 28 années et de « calibrer » les primes et leurs bilans (réserves disponibles) en fonction de ce chiffre. La moyenne, ainsi que la variance (l'écart des sinistres par rapport à la moyenne) n'ont ici – avec une loi de puissance – aucun sens, comme nous l'avons vu. Mais on peut estimer la probabilité qu'un événement climatique extrême dépasse le plus important connu (133,8 milliards de dollars pour l'ouragan Katrina en 2005) dans l'année à venir : elle est de 5 %, ce qui veut dire que les États-Unis doivent s'attendre à une catastrophe du niveau de Katrina ou pire dans les vingt prochaines années².

Il faut bien comprendre cette notion de calcul de la moyenne et du sens qu'on lui accorde. Reprenons un exemple éclairant cité par Taleb dans *Le Cygne noir* : on prend 100 personnes au hasard dans la rue et on leur demande leur poids, puis on calcule le poids moyen. On enlève la centième personne et on la remplace par la personne la plus lourde vivant sur terre (300 ou 400 kilos), puis on recalcule la moyenne : le chiffre bouge à peine. On refait cette expérience, mais cette fois en demandant aux gens leur revenu annuel, puis on calcule le revenu moyen. On remplace la centième personne par celle qui a le revenu le plus élevé au monde (Bill Gates) et on recalcule la moyenne : le chiffre explose ! Bien sûr, le revenu du fondateur de Microsoft représente à lui tout seul 99 % des revenus totaux de ces 100 personnes. Et ce nouveau chiffre n'a pas une meilleure

1. Daniel Zajdenweber, *Économie des extrêmes*, op. cit., p. 42.

2. Daniel Zajdenweber, *Économie des extrêmes*, op. cit., p. 43.

validité, car dans un certain temps, une personne gagnant encore plus que Bill Gates le fera encore augmenter. La « moyenne » ici n'a tout simplement pas de sens puisqu'elle varie énormément à chaque nouvel événement. Voici la différence entre le monde gaussien (le poids des individus) et celui des lois de puissance (les revenus).

Bien sûr, avec les chiffres de la NOAA, on peut calculer un dommage moyen entre 1980 et 2008 (le total des dommages divisés par le nombre de sinistres), mais le chiffre obtenu n'est d'aucune utilité. Pire, il induira en erreur et amènera à sous-estimer le risque puisqu'on raisonnera alors dans le modèle gaussien où un sinistre équivalent ou supérieur à Katrina se situera aux extrémités de la courbe de Gauss et sera donc affecté d'une probabilité proche de zéro, alors que le risque calculé avec la loi de puissance s'élève tout de même à 5 %. Les assureurs en sont conscients et Katrina n'a pas provoqué de « krach de l'assurance », alors qu'un choc équivalent chez les banquiers avec leur VaR gaussienne aurait des conséquences beaucoup plus graves.

Mais ce qui vaut pour les revenus ou les catastrophes naturelles vaut aussi pour les actions, qui répondent, elles aussi, à des lois de puissance. Une entreprise dont les bénéfices sont en forte croissance (une *start-up* qui réussit, ou qui l'annonce) pose des problèmes d'évaluation aux méthodes classiques. En reprenant la formule de Gordon-Shapiro¹, cela ne fonctionne pas : « lorsque le taux de croissance des dividendes est égal ou supérieur au taux d'actualisation, P est infini ou n'a plus de signification »² (division par zéro ou valeur négative). L'impossibilité de calculer la moyenne ou – ce qui revient au même – sa

1. $P = D/(r - g)$

P : valeur théorique de l'action ; D : le dividende annuel ; r : le taux de rendement attendu par les actionnaires ; g : taux de croissance annuel des dividendes.

2. Daniel Zajdenweber, *Économie des extrêmes*, op. cit., p. 155 et 205.

réévaluation permanente en fonction de nouvelles prévisions de chiffres d'affaires en hausse, favorise ainsi la création de bulles sur l'action concernée, ou sur une industrie particulière (Internet en 1999-2000), ou un secteur (l'immobilier aux États-Unis jusqu'en 2007). Cette surréaction est « normale » parce que nous sommes face à une loi de puissance, les investisseurs oubliant qu'une tendance ne se prolonge jamais jusqu'à l'infini, ou pensant sortir du marché avant les autres... Plus loin, Zajdenweber explique que « l'existence des extrêmes modifie de façon radicale le jugement qu'on peut porter sur le résultat moyen d'un investissement. Il est toujours possible de le calculer *ex post*, mais cette moyenne est souvent sans signification tangible *ex ante*¹ ». Cette analyse confirme l'avertissement que formule Mandelbrot : « Telle est la confusion qu'engendre la loi d'échelle. Elle rend les décisions difficiles, les prévisions périlleuses et les bulles certaines². »

AJUSTEMENT DES LOIS DE PUISSANCE ET INTERPRÉTATION

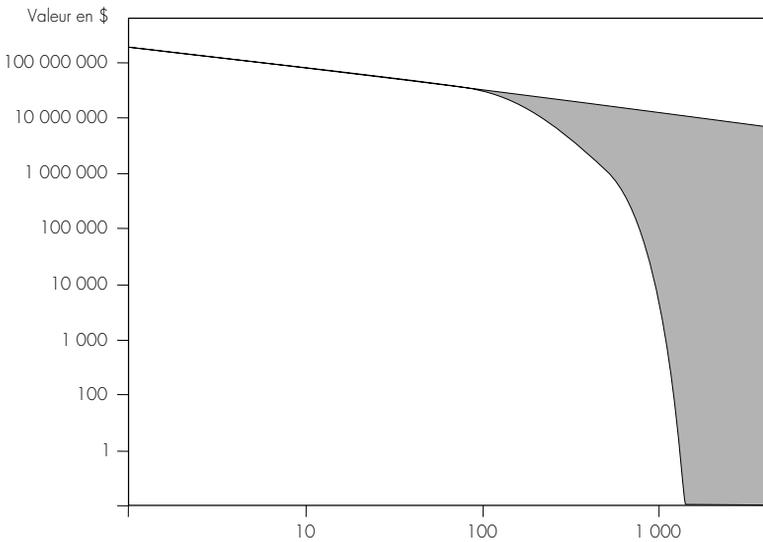
Les données empiriques correspondent rarement au monde idéal des mathématiques, y compris dans les lois de puissance, et des écarts apparaissent, parfois négligeables, parfois importants, qu'il faut se garder de mal interpréter.

Le graphique ci-après a été réalisé d'après une étude publiée dans *La Longue Traîne* de Chris Anderson³, un ouvrage essentiel sur lequel nous reviendrons dans le prochain chapitre. Il représente, sur une échelle logarithmique, le *box-office* des films de cinéma aux États-Unis en 2008, avec les recettes et le nombre de films. La courbe des recettes suit parfaitement la droite caractéristique des lois de puissance jusqu'au 100^e film, puis elle chute.

1. Daniel Zajdenweber, *Économie des extrêmes*, *op. cit.*, p. 205.

2. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, *op. cit.*, p. 269.

3. Chris Anderson, *La Longue Traîne*, Village Mondial, 2007, p. 148.



D'après Chris Anderson, *La Longue Traîne*, Village Mondial, 2007, p. 148.

Box-office des films de cinéma aux États-Unis en 2008 dans un graphique logarithmique

Un statisticien qui analyserait ce graphique dirait que les films de cinéma suivent une loi de puissance jusqu'au centième rang, mais qu'ensuite il faut faire intervenir une autre loi de probabilité, que la loi de puissance ne fonctionne plus. Et il aurait raison.

Mais Chris Anderson tourne le problème autrement : en réalité, les films situés après le 100^e rang sont à peine distribués ; la capacité des réseaux de cinéma aux États-Unis se limite à une centaine de films par an. Après, les autres longs-métrages (dont plusieurs milliers sont produits tous les ans) sont peu ou pas du tout diffusés en salle. C'est un goulot d'étranglement et, de ce fait, la partie grisée (la différence entre les ventes réelles et celles prévues par la loi de puissance) représente une *demande latente*, une demande non satisfaite. Cela ouvre la voie à de nouveaux modes de distribution (Internet, vidéo à la demande, chaînes spécialisées, DVD, etc.). Cela ne veut pas dire que cette partie grisée disparaîtra complètement à terme,

mais au moins faut-il avoir, par rapport à cet écart, une attitude constructive. Avant de se précipiter dans des conclusions purement statistiques, il faut toujours replacer les chiffres que l'on étudie dans leur contexte économique. De tels écarts peuvent même nous en apprendre sur le fonctionnement concret des marchés.

LES ERREURS D'ANALYSE À ÉVITER

Les lois d'échelle « rendent les décisions difficiles », engendrent de la confusion dans notre façon d'appréhender les marchés. Il faut donc se pencher sur la façon dont *mentalement* nous gérons le risque. Aucun modèle mathématique n'apportera jamais toutes les réponses à nos questions sur la bourse et l'économie ; le jugement humain restera toujours déterminant, et heureusement. Dans *Le Cygne noir*, Nassim Nicholas Taleb consacre de nombreuses pages à cette dimension du problème.

Le message principal de son livre, paru en 2008 en France et en 2007 aux États-Unis, consiste à bien faire comprendre la différence entre ce qui relève de la loi normale et ce qui relève des lois de puissance, pour lesquelles il prend les termes imagés de « Médiocristan » et d'« Extrémistan ». Un « Cygne noir » est un événement hautement improbable mais ayant un impact énorme (positif ou négatif). Il ne se produit quasiment jamais dans le Médiocristan, mais il est fréquent dans l'Extrémistan, et notre monde ressemble plutôt à ce dernier !

Taleb développe l'idée fondamentale que se conformer à la loi normale nous rend aveugles aux événements importants mais très peu probables. Considérer que le hasard peut être « mis en boîte » avec la courbe de Gauss conduit à limiter notre champ de vision et ainsi à accroître la probabilité d'événements graves et de crises. C'est un effet de *feedback*, nous subissons ainsi une « cécité face au hasard ». Si l'on se promène dans la rue avec des œillères, on va se cogner aux passants ; très peu si l'on se

déplace dans une rue quasi déserte, beaucoup si l'on est proche d'une sortie de métro. Les œillères sont à peine gênantes dans une rue calme, mais deviennent très handicapantes dans une rue passante, et elles génèrent des chocs. On retrouve le même principe sur les marchés financiers où les œillères représentent la loi normale (et en plus les financiers n'ont même pas conscience de les avoir !). « L'omniprésence du système gaussien n'est pas une propriété du monde, c'est un problème qui se trouve dans notre esprit, et qui est dû à la façon dont nous regardons le monde¹. »

Proposons des outils « opérationnels », à savoir quatre types d'erreurs à éviter, quatre erreurs de généralisation que Taleb décrit dans quatre chapitres de son livre.

1. L'erreur d'induction

Taleb prend l'exemple d'une dinde avant et après *Thanksgiving*... Un processus de mille jours, pendant lesquels elle est grassement nourrie, ne la renseigne en rien sur l'issue fatale qui l'attend ! Comment déduire du passé ce qui va advenir ?

Dans la finance, pour tester un modèle ou contrôler les risques, on travaille sur des bases de données historiques. Celles-ci peuvent certes remonter très loin, mais en quoi cela constitue-t-il une garantie ? Ce n'est jamais une assurance absolue, il faut bien en être conscient. Une façon de contourner ce problème, nous disent les défenseurs de la théorie classique, consiste à faire des « simulations de Monte-Carlo » (introduire des valeurs numériques tirées au hasard pour voir ce que donnent les modèles). Mais cela soulève un autre problème : comment déterminer les valeurs extrêmes ? « Les simulations de Monte-Carlo sont souvent fondées sur des tirages effectués à partir de lois normales² » ! On tourne en rond.

1. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, *op. cit.*, p. 326.

2. Roland Portrait, Patrice Poncet, *Finance de marché*, *op. cit.*, p. 874.

Dans une interview à *BBC News* le 8 septembre 2009, l'ancien président de la Fed (entre 1987 et 2006), Alan Greenspan, annonce qu'il y aura d'autres crises financières quoi que l'on fasse, car elles ont une « origine fondamentale » : « il s'agit de la capacité inextinguible des êtres humains, quand ils sont dans de longues périodes de prospérité, à considérer qu'elles ne vont jamais s'arrêter ». « C'est la nature humaine, nous n'y pouvons rien » conclut-il. On peut souscrire à ce constat fataliste. Mais il signifie surtout qu'Alan Greenspan n'a pas lu... *Le Cygne noir* de Taleb qui met en garde contre la propension à prolonger les évolutions antérieures. Car extrapoler les tendances passées et considérer qu'elles vont se maintenir procède d'une arithmétique qui n'est pas neutre : on calcule une moyenne (ou un taux de progression) parce que l'on considère que cette moyenne a un sens, une légitimité, une force, qu'elle représente bien l'ensemble des données prises en compte, c'est-à-dire que les valeurs sont globalement regroupées autour de cette moyenne, qu'il existe un écart-type... Mais tout cela, qui semble naturel, repose en réalité sur l'hypothèse fondamentale que ces valeurs sont distribuées « au hasard » suivant la loi normale, nous l'avons vu. Cela n'est pas le cas sur les marchés financiers, qui répondent à des lois de puissance pour lesquelles la notion de moyenne n'a pas de signification. Ce n'est donc pas la nature humaine qui est responsable des crises financières, mais une mauvaise compréhension du hasard régnant sur les marchés financiers. Comprendre Mandelbrot, Taleb et tous ceux qui pensent autrement la finance ne supprimera bien évidemment pas les crises, mais permettra d'être un peu moins dans l'obscurité, moins fatalistes, et moins dupes également.

Que faire ? Il ne faut pas se limiter au passé, à l'historique des événements, mais être sceptique, garder l'esprit ouvert, pour ne pas être le « dindon de la farce ». La « moyenne » n'a rien de naturel ni d'évident, elle n'a de sens que dans un domaine gaussien.

2. L'erreur de confirmation

Des psychologues ont mis en évidence chez l'être humain ce qu'ils appellent un « biais de confirmation », c'est-à-dire une tendance naturelle, pour démontrer une assertion, à chercher uniquement des éléments qui la corroborent, qui la confirment, au lieu de chercher un contre-exemple qui l'invaliderait.

Quand on est habitué à une certaine « vision du monde », on a tendance à voir uniquement les informations qui la confirment. Ainsi, paradoxalement, plus on a d'informations, plus on a l'impression que nos opinions sont confirmées. La « masse » d'informations de notre monde interconnecté n'est pas nécessairement synonyme d'ouverture d'esprit. Concernant la hausse des cours de Bourse sur l'année 2009, initiée en mars précisément, les rares indicateurs positifs sont tous pris en compte et mis en avant, tout le monde étant convaincu que la reprise économique est bien présente, alors que les signaux négatifs sont tout aussi nombreux sinon plus !

Que faire ? Il faut au contraire suivre le philosophe sceptique Karl Popper : après avoir formulé une conjecture, rechercher immédiatement les faits qui la réfutent ! Il faut ainsi développer ce que Taleb appelle un « empirisme négatif », « ce sont les exemples négatifs, non la vérification, qui permettent de s'approcher de la vérité¹ ». Quand on a une théorie, il faut persister à rechercher des exemples qui la réfutent. « C'est peut-être cela la véritable confiance en soi : la capacité à regarder le monde sans avoir besoin d'y trouver des signes susceptibles de flatter son propre ego². »

3. L'erreur de narration

Nous aimons les histoires. « L'erreur de narration concerne notre quasi-incapacité à observer des suites d'événements sans

1. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, op. cit., p. 91.

2. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, op. cit., p. 95.

leur attribuer coûte que coûte un lien logique, une flèche de relation. Les explications permettent de lier les faits ; elles les rendent d'autant plus mémorables. Elles permettent de leur donner du sens¹ » explique Taleb. « Cette erreur est liée à notre propension à la surinterprétation et au fait que nous préférons les histoires compactes aux vérités brutes². »

Taleb part de la notion de la « complexité de Kolmogorov » : l'identification d'une règle permet de diminuer le volume de stockage de l'information. Car l'information demande à être réduite, notre cerveau ne pouvant pas tout enregistrer comme un ordinateur. Ainsi :

- ▶ un livre de 500 pages contenant une suite purement aléatoire de mots est impossible à réduire ; pour garder l'information il faut garder ce livre ;
- ▶ un livre de 500 pages contenant la même phrase répétée sur 500 pages peut être réduit à cette phrase (un gain de place considérable !)
- ▶ on n'apprend pas par cœur un roman de 500 pages, mais on retient son histoire, ses personnages, son style et on le « réduit » ainsi, certes imparfaitement, et d'autant plus que l'on résume, mais on agit comme cela, par nécessité.

Et ce procédé tout à fait naturel, inné, nécessaire, induit, par effet de *feedback*, une certaine approche faussée de la réalité : « la condition qui nous fait simplifier les choses est aussi celle qui nous incite à penser que le monde est moins aléatoire qu'il ne l'est³ » fait très justement remarquer Taleb. Notre tendance à la réduction va souvent trop loin, et ce qui peut fonctionner plus ou moins bien pour un *corpus* cohérent (un roman, un tableau, une démonstration mathématique, etc.) provoque des erreurs

1. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, *op. cit.*, p. 101.

2. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, *op. cit.*, p. 101.

3. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, *op. cit.*, p. 107.

(des surinterprétations surtout) lorsqu'on l'applique à la « foisonnante » réalité des marchés financiers et de l'économie.

Taleb cite cet exemple réel de dépêches Bloomberg parues suite à l'arrestation de Saddam Hussein en décembre 2003¹ :

13 h 01 : « Augmentation des bons du Trésor américain, l'arrestation de Saddam Hussein pourrait ne pas enrayer le terrorisme. »

Mais les bons du Trésor se mettent à chuter... Nouvelle dépêche :

13 h 31 : « Chute des bons du Trésor américain, l'arrestation de Saddam Hussein accélère la perception du risque. »

Le même événement explique un événement et son contraire ! Et s'il n'y avait *aucun* rapport ? Comme le dit Taleb, on préfère avoir tort avec une précision infinie plutôt qu'approximativement raison !

La narration peut d'ailleurs être utilisée en tant qu'arme, comme l'a très bien expliqué Christian Salmon dans *Storytelling*², sous-titré « La machine à fabriquer des histoires et à formater les esprits » qui, dans le champ de la communication, montre comment on exploite chez les gens ce goût pour le récit... Les histoires rassurantes et optimistes sont devenues un outil aux mains des « gourous » du marketing, du management, et de la communication financière bien sûr.

Que faire ? « Pour éviter les maux de l'erreur de narration, il faut privilégier l'expérimentation par rapport au récit, l'expérience par rapport à l'histoire et la connaissance clinique par rapport aux théories³ » comme le dit Taleb, qui oppose la « discipline expérimentale » à la « discipline narrative », à éviter.

1. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, *op. cit.*, p. 113.

2. Christian Salmon, *Storytelling*, La Découverte, 2007.

3. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, *op. cit.*, p. 125

4. L'illusion rétrospective

Il y a plus de deux mille ans, Cicéron raconta l'histoire suivante : on montra à Diagoras, un athée notoire, des tablettes peintes représentant des dévots qui, lors d'un naufrage, avait prié et survécu. Sous-entendu, prier protège des naufrages. Diagoras demanda alors : « où sont les portraits de ceux qui ont prié et qui sont morts ensuite de noyade ? » C'est ce que Taleb appelle « le problème de Diagoras », l'illusion rétrospective ou l'effet d'optique de l'histoire. Ce type de biais est infiniment répandu.

On trouve de nombreux ouvrages expliquant comment devenir millionnaire et listant les qualités nécessaires (courage, ténacité, optimisme, etc.), selon leurs auteurs. Maintenant, pensons à ceux qui ont aussi essayé de faire fortune mais qui ont échoué, ils n'écrivent pas de livres mais possèdent certainement les mêmes qualités que ceux qui ont réussi... Et si la seule différence, c'était la chance ? Taleb assène cruellement : « La notion de biographie est entièrement fondée sur l'assignation arbitraire d'une relation de causalité entre des caractéristiques spécifiques et des événements subséquents¹. » *Ce qu'on voit et ce qu'on ne voit pas* est le titre d'un ouvrage de Frédéric Bastiat, un économiste français du XIX^e siècle, et il développe cette idée concernant l'État qui est le spécialiste pour dire ce qu'il fait tandis que l'on ne voit pas le revers de la médaille. On peut chiffrer le bénéfice des aides à l'emploi, mais que sait-on de ce qu'elles font perdre comme opportunités à l'économie ?

Quand on dit « le crime ne paie pas » en faisant état des criminels mis en prison, que sait-on de ceux qui ont su passer à travers les mailles du filet ? Rien, par définition, donc cet adage n'est qu'une illusion rétrospective (90 % des vols à domicile en France ne sont pas élucidés, voilà un crime qui paie !).

1. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, op. cit., p. 151

De même pour « la chance du débutant » au jeu, car ceux qui ont échoué ont disparu du circuit et ne sont plus là pour en parler. Ce biais conduit à amenuiser la perception des risques que l'on a encouru dans le passé et donne l'illusion de la stabilité (*i.e.* la loi normale). Taleb prend l'exemple de Casanova qui, dans ses mémoires, raconte qu'il a toujours su se relever de situations compromises. Soit. Mais les aventuriers sont nombreux et personne ne va lire les mémoires de ceux qui ont échoué, qui d'ailleurs ne les écrivent même pas !

Que faire ? Utiliser ce que Taleb nomme le « point de référence ». « Ne calculez pas les probabilités depuis le point de vue avantageux du joueur gagnant, mais de tous ceux qui faisaient partie de la cohorte initiale¹. » Face aux succès fièrement annoncés, il faut savoir prendre du recul.

LA FINANCE COMPORTEMENTALE

Tout ce que l'on vient de voir relève de ce que l'on appelle la « finance comportementale », c'est-à-dire les interactions entre la psychologie et l'économie. Taleb cite d'ailleurs à plusieurs reprises Daniel Kahneman, l'un des représentants majeurs de cette discipline et prix Nobel 2002 pour ses travaux.

Si l'on n'aborde le sujet de la finance comportementale que maintenant, c'est que le point de vue de Taleb nous semble plus juste. La finance comportementale reste en effet dans la dichotomie rationnel/irrationnel, partie intégrante du socle de la théorie économique classique. L'hypothèse de base de la finance comportementale est que les investisseurs ne sont pas, au moins pour partie, rationnels, ce qui génère des biais, des travers, des anomalies sur les marchés. Sous-entendu, si nous étions parfaitement rationnels, les marchés fonctionneraient idéalement. Nous avons donc le choix entre devenir des robots

1. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, *op. cit.*, p. 167.

ou être gouvernés par nos instincts animaux et accumuler les bulles et les krachs, une alternative pas très encourageante ! C'est ce qui rend cette approche intrinsèquement insatisfaisante, même si elle a obtenu des résultats.

Taleb part d'un autre point de vue : avec lui, on reste « humain » quoi qu'il arrive, mais on s'attache à produire un effort intellectuel et critique pour se détacher de croyances, de façons de penser qui se sont accumulées et sédimentées au cours du temps, comme nous venons de le voir. Ce sont plutôt les « rationalistes bornés » (statisticiens adeptes de la courbe de Gauss, théoriciens de la finance, banquiers conformistes) qui en « prennent pour leur grade » ! Mais au moins avec cette approche peut-on espérer progresser.

Taleb énonce également un principe qui pourrait synthétiser les quatre erreurs d'analyse que nous venons de parcourir : « Notre système émotionnel est fait pour la causalité linéaire. » Citons-le *in extenso* : « Ainsi, si vous étudiez tous les jours, vous vous attendez à ce que les choses que vous apprenez soient proportionnelles au temps que vous passez à apprendre. Si vous avez l'impression que tout cela ne sert à rien, votre moral sera au plus bas. Cependant la réalité moderne nous donne rarement le privilège de progresser de manière satisfaisante, linéaire et positive ; vous pouvez réfléchir à un problème pendant un an et ne rien apprendre du tout ; puis, à moins d'être découragé par l'absence de résultat et de laisser tomber, vous allez avoir tout d'un coup un éclair de compréhension¹. » Mentalement et émotionnellement, nous sommes un peu trop « gaussiens » (la moyenne est psychologiquement rassurante) par rapport au monde, et aux réactions des autres, qui sont plus extrêmes, incompréhensibles, « fractales » qu'on ne le pense.

Pimco, l'un des plus gros fonds de gestion du monde (il gère l'argent de 8 millions d'Américains) a su se tenir à l'écart des

1. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, *op. cit.*, p. 130.

subprimes et des produits toxiques en général. Son coprésident, Mohamed El-Erian, explique cette prudence¹ : « L'ADN de Pimco, c'est que ses managers préfèrent laisser de l'argent sur la table plutôt que de perdre le capital de leurs clients. D'où notre obsession paranoïaque : à quoi ressemblera le prochain bilan ? Qu'est-ce qui peut dérailler ? ». Voici l'attitude permettant de se protéger de l'erreur de confirmation vue plus haut ; au lieu de se laisser convaincre par des éléments corroborant l'idée de départ, il faut adopter un empirisme négatif et se mettre à la recherche de faits qui la réfutent, de ce qui peut « dérailler ». Il dénonce également ce que nous avons appelé l'erreur d'induction : « La plupart des prévisions et des *business plans* s'appuient sur l'idée d'un "retour à la moyenne". Nous étions sur tel rythme moyen de croissance, survient le choc et la chute brutale. La plupart des modèles vous disent que le choc est l'aberration et le rythme moyen, la normale. Ces modèles, de même que le marché, anticipent donc un retour à la moyenne. » Ce besoin est profond et rejoint ce que nous avons expliqué dans le paragraphe précédent : « Les marchés veulent "le retour à la moyenne" parce qu'ils cherchent la gratification instantanée. » Le fait de ne pas avoir un esprit gaussien confère un indéniable avantage en termes de rentabilité et de protection contre la ruine.

PEUT-ON ENCORE FAIRE DES PRÉVISIONS ?

Les prévisions émises par les économistes (ou les analystes financiers) sont, depuis toujours, l'objet de moqueries dont l'intensité se compare à celles visant les météorologues. Après ce que nous venons de voir, peut-on décemment persévérer ? « Les prévisions sont tout bonnement impossibles » affirme Taleb, en titre de la deuxième partie de son livre *Le Cygne noir...* Il fustige notre « arrogance épistémique » (le manque

1. Interview dans *Enjeux-Les Échos*, septembre 2009.

de conscience des limites de nos connaissances), signale justement que « nous attribuons nos réussites à nos compétences et nos échecs aux événements extérieurs que nous ne contrôlons pas, c'est-à-dire au hasard¹ ». Il fait remarquer que les prévisions des gouvernements et des entreprises (les sondages également), présentent une faille grossière : elles ne contiennent aucun taux d'erreur ; même en l'absence de Cygnes noirs, cela constitue une erreur flagrante. À la suite de Kahneman, il évoque le phénomène « d'ancrage » : on atténue son inquiétude vis-à-vis de l'incertitude en produisant un chiffre auquel on « s'ancré » comme on se raccrocherait à un objet si l'on était suspendu dans le vide. Et si les prévisions ne servaient qu'à cela, à nous rassurer sur nos angoisses présentes ?

Taleb conseille aux prévisionnistes de changer de métier... Il conclut à l'impossibilité intrinsèque de faire des prévisions. Fondamentalement, le libre arbitre empêche les prévisions : « Si on croit au libre arbitre, on ne peut pas vraiment croire aux prévisions en économie et en sciences sociales. [...] Si je suis capable de prévoir toutes vos actions, dans des circonstances données, vous n'êtes sans doute pas aussi libre que vous le croyez. [...] Dans l'économie orthodoxe, la rationalité devient une camisole de force². » On adopte volontiers ce point de vue qui garantit notre libre arbitre ! Le message n'est finalement pas si décourageant.

Alors, pourquoi faisons-nous des prévisions ? Pour tromper le destin.

Taleb reprend la très convaincante explication du philosophe américain Daniel Dennett (né en 1942). Quelle est la faculté la plus puissante de notre cerveau ? Précisément celle qui nous permet d'envisager des scénarios futurs alternatifs. Au lieu de réactions viscérales, instinctives, cette capacité à faire des

1. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, *op. cit.*, p. 208.

2. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, *op. cit.*, p. 245.

pronostics nous libère de la sélection naturelle immédiate commune aux organismes vivants moins évolués que nous. « D'une certaine manière, faire des pronostics nous permet de tromper l'évolution : elle a lieu dans notre tête, sous la forme d'une série de prévisions et de scénarios alternatifs¹. »

Prenons un exemple de la vie courante. Si, lors d'une soirée quelconque, un convive fait à mon encontre une remarque dure et méprisante, mon réflexe sera de piquer une colère. Mais je me dis immédiatement que je vais passer, aux yeux des autres, pour une brute et que cela entachera ma réputation et mes relations, je m'en tiens donc à une simple réplique ou au dédain. Le « scénario » que j'ai élaboré prestement m'a évité d'être l'esclave de mes instincts, de mes réactions primaires. Maintenant cette prévision était peut-être erronée, vu la teneur de l'attaque dont j'ai fait l'objet, les personnes rassemblées auraient pu trouver parfaitement justifiée ma colère et je passe à leurs yeux pour un lâche... On ne sait pas, on ne peut pas savoir, plusieurs personnes auraient des avis différents, on ne peut pas savoir si la prévision était « juste », mais le temps a passé, l'événement (la remarque et sa réponse) a eu lieu, on ne peut pas « rembobiner le film », le contexte s'est modifié, le « monde » n'est plus tout à fait le même, la vie continue, et on fera d'autres scénarios.

Ainsi, il faut changer notre façon de penser la notion de prévision : ce n'est plus un élément qui doit figer l'avenir (restreindre notre liberté) mais au contraire permettre d'y tracer notre chemin (garantir notre libre arbitre). Le problème est moins de savoir si telle prévision est vraie ou fausse que de renforcer notre capacité à élaborer des prévisions et à construire des scénarios, à les étayer et à s'assurer qu'ils couvrent au mieux le champ du possible, pour atteindre nos objectifs dans un univers toujours changeant. Les scénarios

1. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, op. cit., p. 251.

permettent de clarifier l'avenir, et cela est déjà remarquable. Il faut d'ailleurs passer de LA prévision, caractéristique d'un univers gaussien où la moyenne détermine tout, à DES scénarios, plus conformes à un monde rempli de lois de puissances et où abondent les valeurs extrêmes.

Dans le même esprit, au niveau macroéconomique, Taleb, se référant à Hayek, explique qu'« une véritable prévision n'est pas réalisée par décret mais de façon organique par le système. Une seule institution – le planificateur central par exemple – ne peut regrouper toutes les connaissances. Mais l'ensemble de la société sera en mesure de les intégrer dans son fonctionnement¹ ». Concluons provisoirement avec Warren Buffet : « Les prévisions vous en disent beaucoup sur ceux qui les font, elles ne vous disent rien sur l'avenir. »

LES PISTES DE MANDELBROT POUR L'AVENIR

Si l'on cherche à synthétiser ce que nous avons vu concernant le sujet crucial de l'allocation d'actifs et de la théorie du portefeuille, Mandelbrot lance plusieurs pistes à explorer :

1. La notion de performance moyenne ne veut pas dire grand-chose

L'allocation d'actifs d'après Markowitz/Sharpe devrait amener l'investisseur à mettre presque la moitié de son portefeuille en actions, alors que dans la réalité leur part évolue plutôt entre 10 et 30 %. En effet, les investisseurs ne prennent pas en compte la rentabilité moyenne des actions mais plutôt les valeurs extrêmes et spécialement le risque de ruine. Le passage de l'univers gaussien à celui des lois de puissance pour caractériser les variations des cours des actions conduit, nous l'avons vu, entre autres, à abandonner la notion de moyenne.

1. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, *op. cit.*, p. 241.

2. Tenir compte de plusieurs distributions de probabilité

Les modèles classiques sont bâtis sur la prémisse qu'une seule distribution de probabilité (la loi normale) peut décrire tous les types d'actifs financiers. Il faut au contraire considérer que chaque actif peut avoir sa distribution de probabilité.

3. Privilégier la logique interne contre les variables explicatives

À rebours du modèle GARCH qui cherche à expliquer les changements de volatilité en rajoutant des variables dites explicatives (le modèle APT fait de même), il faut se concentrer sur la logique interne du marché et y rechercher des invariances.

4. Chercher à prévoir la volatilité plutôt que les cours

L'abandon de la loi normale rend extrêmement difficile toute prévision des cours. En revanche, on sait que la volatilité se concentre sur certaines périodes et cela permettrait de mieux appréhender le risque ; mais dans ce domaine, les travaux commencent à peine...

5. Le « temps » n'est pas le même pour tout le monde

Le Medaf suppose que tous les investisseurs ont le même horizon temporel. En réalité, il existe toute une gamme de comportements entre le *trader* au jour le jour et le fonds de pension qui garde ses actions durant plusieurs années. Mais un modèle classique deviendrait vite compliqué s'il essayait de tenir compte de plusieurs types d'investisseurs. Ce n'est pas un problème avec l'analyse fractale qui s'applique, par définition, de la même façon à un jour, une semaine, une année. « Les risques sur une journée sont identiques à ceux sur une semaine, un mois, une année. En revanche, les variations de prix suivent une loi d'échelle avec le temps¹. »

1. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, op. cit., p. 264.

6. Le modèle de Black et Scholes est erroné

Ce modèle est « purement et simplement faux » selon Mandelbrot, le principal problème résidant dans l'hypothèse de volatilité constante (pour cause, on a vu au contraire qu'elle se concentrait). Les calculs de « volatilité implicite » (étant donné les prix constatés sur le marché, quelle volatilité donne le modèle, qu'on utilise ici à rebours) donnent plusieurs résultats ! Leur forme est incurvée, on parle du *smile* de volatilité... Nombre de développements mathématiques ont été réalisés (y compris étudier ce *smile* pour en tirer quelque information), mais rien de convaincant jusqu'ici...

Avec les fractales, nous sommes dans un *Work in progress*, où l'on ne cherche pas nécessairement un modèle « clé en main » mais, plutôt, à affiner un cadre d'analyse, à progresser dans la compréhension des marchés. En passant de la tranquille loi normale au monde impétueux des lois de puissance, il ne faut pas espérer découvrir une formule simple et rassurante « à la Sharpe » : le paradigme n'est pas le même.

Situant leur démarche dans la lignée de celle de Mandelbrot, Jacques Lévy Véhel et Christian Walter font une remarque très pertinente concernant la gestion de portefeuille : « L'instabilité des paramètres [due aux lois de puissance] a également un autre effet : une allocation stratégique d'actif établie avec des estimations non fiables produira, sur moyen terme, des résultats significativement différents de ce qui était attendu. Ce qui conduit à réviser périodiquement les allocations stratégiques des portefeuilles, allocations qui, de fait, perdent alors leur caractère "stratégique".¹ » La « myopie » gaussienne génère en réalité des perturbations permanentes concernant la composition des portefeuilles ! On peut, selon cette perspective, reconsidérer les deux grands types d'approches des gestionnaires de

1. Jacques Lévy Véhel, Christian Walter, *Les Marchés fractals*, PUF, 2002, p. 34.

portefeuille (« *top-down* » : on part d'en haut, des données macroéconomiques et sectorielles, et d'un choix stratégique d'allocation des actifs, pour choisir ses actions ; « *bottom-up* » : on part d'en bas, des entreprises, vues individuellement, pour remonter et constituer son portefeuille) : « Alors que les processus d'investissement issus d'une conception gaussienne des aléas sont plutôt de type "top-down", la non-normalité des variations boursières conduit à revaloriser la contribution à la performance des choix des titres, et mettre en place des processus de type inverse, c'est-à-dire "bottom-up"¹ ». L'approche « *top-down* » est plus institutionnelle, académique, « industrie lourde » (grosses banques), l'approche « *bottom-up* » plutôt artisanale, analytique, spécifique (c'est celle qu'utilise Warren Buffet).

Par ailleurs, l'analyse technique aurait tout à gagner à se rapprocher des travaux de Mandelbrot. En effet, les « formes » qu'elle identifie dans les cours (comme les « vagues d'Elliott ») se retrouvent à des échelles de temps différentes, ce qui est la définition même d'une fractale. Des connexions sont tout à fait plausibles.

Synthétisant ses découvertes, Mandelbrot a construit un modèle dit « multifractal »². Une multifractale possède plus d'un rapport d'échelle dans le même objet (certaines parties de l'objet rétrécissent rapidement, d'autres lentement, alors que dans une fractale le processus est uniforme). À l'évolution du prix proprement dite, on peut ainsi rajouter un « temps boursier » qui va déterminer des moments « chauds » et d'autres « tièdes ». Le modèle tient aussi compte de l'effet Noé et de

-
1. Jacques Lévy Véhel, Christian Walter, *Les marchés fractals*, *op. cit.*, p. 34.
 2. Cf. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, *op. cit.*, chapitre XI, et Benoît Mandelbrot, Adlai Fisher, Laurent Calvet, « A Multifractal Model of Asset Returns », *Cowles Discussion Paper* 1164, 1997.

l'effet Joseph (les sautes de cours violentes et la mémoire longue). Le modèle multifractal part d'un « temps d'horloge » et d'une série de prix et débouche sur un « temps boursier », « le prix est fonction du temps boursier, qui à son tour est fonction du temps d'horloge¹ ». Mandelbrot construit ainsi le « MMAR » (*Multifractal Model of Asset Returns*), dont la corrélation avec les séries réelles de prix est, selon lui, très bonne (notamment la mise en évidence dans ces cours de lois d'échelle). Ce travail reste bien sûr à développer, mais le mépris dans lequel la recherche académique tient Mandelbrot ne l'y aide pas. C'est ce dont on dispose aujourd'hui...

TALEB : « MAXIMISEZ VOTRE SERENDIPITÉ ! »

Il ne faut pas chercher simplement un « modèle », une petite boîte noire censée nous donner « la » solution, mais changer, pour l'améliorer, notre conception du hasard et de l'incertitude.

Revenons à Taleb. En prenant en quelque sorte le problème de l'autre côté, il fait remarquer que la plupart des grandes découvertes sont faites par hasard. On cherche quelque chose que l'on connaît (une nouvelle route vers l'Inde) et on découvre quelque chose dont on ignorait l'existence (l'Amérique). C'est que l'on appelle la serendipité. Il s'agit d'un néologisme dérivé de l'anglais *serendipity*, un terme introduit en 1754 par l'écrivain Horace Walpole pour désigner des découvertes inattendues. Walpole s'était inspiré du titre d'un conte persan intitulé *Les Trois Princes de Serendip*, où les héros deviennent riches, célèbres et adulés, alors qu'ils étaient simplement partis chercher l'aventure.

« Maximisez la serendipité autour de vous » affirme Taleb, c'est-à-dire faites en sorte de favoriser la survenance d'événements positifs. Il oppose ainsi la culture américaine où l'échec est vu

1. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, op. cit., p. 240.

comme une étape parmi d'autres dans un parcours et témoigne d'un sens de l'initiative, et les cultures européennes et asiatiques, où il est stigmatisé. Quand l'échec est synonyme de honte, on privilégie des stratégies à faible volatilité (à risque limité), mais en cas d'échec tout s'écroule (Taleb cite l'exemple du Japon avec ses nombreux suicides pour raison professionnelle). On peut citer cet exemple emblématique : l'invention de la souris permettant de déplacer une flèche sur un écran d'ordinateur et d'activer des icônes a été faite par... Rank Xerox. La société, fabriquant des photocopieurs, n'a pas su comment l'utiliser, mais son patron l'a montré à Steve Jobs qui en a tout de suite perçu l'intérêt et qui donnera naissance, en 1984, au *Macintosh*, qui révolutionnera l'informatique personnelle.

Il y a donc un préalable absolu : faire la différence entre les contingences positives et les contingences négatives. Les « Cygnes noirs » sont négatifs ou positifs ; il faut donc réfléchir à quels types de risques on est exposé, dans son entreprise et dans sa vie. Dans certains secteurs par exemple, les pertes peuvent être potentiellement illimitées (assurance, banque). Dans la banque de crédit, si un emprunteur fait défaut, on perd tout, mais s'il réussit brillamment il ne va pas revenir verser un chèque en bonus ! Au contraire, dans le capital-risque ou l'édition de livres on sait ce que l'on peut perdre (sa mise au capital, le tirage d'un livre), mais en cas de succès éblouissant, c'est le « jackpot ».

« Il faut s'exposer au maximum à l'éventualité de Cygnes noirs positifs tout en restant paranoïaques vis-à-vis de ceux qui sont négatifs¹. » C'est la notion d'asymétrie : il faut se mettre dans des situations qui comprennent beaucoup plus de conséquences favorables que de conséquences négatives. Taleb poursuit : « De fait, la notion de résultats asymétriques est l'idée centrale de ce livre : je ne parviendrai jamais à connaître l'inconnu

1. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, op. cit., p. 272.

puisque, par définition, il est inconnu. Cependant, je peux toujours deviner la façon dont il pourrait m'affecter, et fonder mes décisions sur cette prescience¹. » Il est impossible de calculer la probabilité de certains événements rares, mais on peut en imaginer les conséquences et agir pour s'en protéger (exemple : le tremblement de terre « *The Big One* » à Los Angeles). « Cette idée que, pour prendre une décision, on a besoin de se concentrer sur les conséquences (que l'on peut connaître) plutôt que sur sa probabilité (que l'on ne peut pas connaître) est *l'idée centrale de l'incertitude* sur laquelle est fondée la majeure partie de ma vie². » On peut, selon lui, bâtir « une théorie générale de la prise de décision » sur cette idée.

LE « PORTEFEUILLE DE TALEB »

Essayons d'appliquer ce que nous avons vu à la technique d'élaboration des portefeuilles, en suivant le raisonnement de Taleb³ qui décrit une technique très simple, pleine de bon sens. Vous voulez construire un portefeuille d'actifs avec un risque « moyen », propose-t-il. Selon les théories de Markowitz et consorts, vous allez alors mettre dans votre portefeuille plusieurs actifs au risque « moyen », quelques-uns « sûrs » et quelques autres « risqués », la large majorité étant donc d'un risque moyen. Mais, en réalité, que sait-on de ces actifs au risque « moyen » ? Ce risque est calculé d'après le bêta, la loi normale, le modèle classique de la finance, c'est-à-dire des outils en lesquels nous n'avons pas confiance. Peut-être ces actifs sont-ils en réalité extrêmement risqués ! Les premiers acheteurs de *subprimes* pensaient acheter du risque moyen ou faible. Suivant le principe de Taleb (« s'exposer au maximum à l'éventualité de Cygnes noirs positifs tout en

1. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, op. cit., p. 275.

2. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, op. cit., p. 276.

3. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, op. cit., p. 270.

restant paranoïaques vis-à-vis de ceux qui sont négatifs¹ ») vous allez au contraire, explique-t-il, placer, par exemple 85 % de votre portefeuille en bons du Trésor (au risque quasiment nul) et le reste en produits spéculatifs (produits dérivés, actions très volatiles, investissements dans des *start-ups*, etc.). Vous bénéficiez ainsi d'un « plancher » à 85 % de votre portefeuille (dans le pire des cas il vous reste 85 % de votre mise) et, sur les 15 % de part spéculative, vous vous donnez les moyens de faire de gros profits en attrapant un « Cygne noir » positif. Un tel portefeuille comporte un risque quasiment nul d'un côté et très élevé de l'autre, mais globalement il est modéré, réellement modéré, beaucoup plus sûr qu'un portefeuille « à la Markowitz ».

On se rend compte que l'on mêle ici du « gaussien » (les bons d'État) et de la loi de puissance (la part spéculative du portefeuille). Les bons d'État offrent en effet des rendements stables avec un risque nul ; leur volatilité est faible, la moyenne et l'écart-type ont ici tout à fait leur sens, c'est « l'actif sans risque » de la théorie classique qui, ici, a raison (même si avec la crise financière actuelle des États peuvent faire faillite, il faut se méfier !). Taleb ne le signale pas, étant légèrement obnubilé par sa dénonciation de la courbe de Gauss (« cette grande escroquerie intellectuelle » affirme-t-il, or elle a un domaine de validité, limité mais réel). Il redonne cependant une légitimité au domaine gaussien, en l'articulant avec le domaine spéculatif des lois de puissance. Le « portefeuille de Taleb », c'est nous qui le nommons, offre une voie extrêmement intéressante et opérationnelle pour gérer un portefeuille en abandonnant l'illusion gaussienne.

1. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, *op. cit.*, p. 272.

L'entreprise fractale

L'abandon du modèle gaussien appliqué à la gestion de l'entreprise, dont nous avons décrit les effets pervers dans le quatrième chapitre, s'impose. Mais par quoi le remplacer ? Ici également, les lois de puissance offrent un cadre d'analyse pertinent et nous suivrons surtout l'approche de Taleb qui apporte des outils opérationnels et didactiques pour mieux appréhender la réalité de l'entreprise.

LE CRITÈRE D'ANALYSE DÉTERMINANT : SCALABLE/NON SCALABLE

La distinction loi normale/loi de puissance est fondamentale pour comprendre la nature du hasard auquel nous sommes confrontés. Comment, concrètement, déterminer, dans l'entreprise et en finance, ce qui ressort de l'une ou de l'autre ? C'est la question préalable la plus importante à se poser lorsqu'il s'agit de prendre des décisions, car elle permet de savoir dans quel « cadre » on agit. Ensuite, on pourra aborder des questions plus spécifiques, mais sauter cette étape ne peut conduire qu'à des évaluations erronées.

Taleb donne un outil très simple pour reconnaître dans quel cadre on agit, même s'il ne développe pas suffisamment cette idée¹ : il faut se poser la question de savoir si l'activité économique dont on parle est « scalable » ou « non scalable ». Partant de cette idée, nous allons considérer deux exemples très simples.

1. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, *op. cit.*, p. 58.

1. La vente de pizzas à emporter

M. X. décide d'ouvrir une boutique de vente de pizzas à emporter à Paris, dans une rue passante. Cette activité est « non scalable » : pour produire plus de pizzas, il est obligé d'acheter plus d'ingrédients (farine, légumes, sauce tomate, etc.), il doit travailler plus, embaucher, acheter un réfrigérateur plus grand, etc. *L'output* et *l'input* augmentent en même temps. On névoque pas ici les économies d'échelle, qui sont réelles bien sûr – un grand réfrigérateur coûte moins cher que deux réfrigérateurs normaux, donc en doublant de taille la boutique réalise quelques économies – mais qui demeurent totalement négligeables par rapport à ce dont on parle ici.

La règle est simple : ce qui est non scalable correspond à la loi normale. Ce *business* ressort de la courbe de Gauss.

Un spécialiste de la vente à emporter pourra dire, compte tenu de l'emplacement et du produit vendu, quel chiffre d'affaires moyen M. X. fera avec quelle marge d'erreur, et il aura raison. La moyenne et l'écart-type ont un sens tout à fait légitime et concret ici (ce sont, on le rappelle, les deux variables constituant la loi normale). M. X. est obligé de tenir compte du prix moyen de la part de pizza à emporter à Paris lorsqu'il s'installe, il peut être un peu plus cher s'il propose un service supplémentaire (ingrédients bio, choix large, etc.), un peu moins s'il veut prendre rapidement une part de marché conséquente ; cela ressort des décisions de « l'entrepreneur », mais il doit en tenir compte. En même temps, c'est un *business* rassurant, le risque est faible, l'écart-type « garantit » un certain volume de vente. En travaillant consciencieusement, M. X est certain de faire du chiffre d'affaires et de se verser un salaire à la fin du mois. Il ne fera pas fortune, mais aura des revenus réguliers (c'est le côté rassurant de la courbe de Gauss).

2. La galerie d'art

M. Y. décide d'ouvrir dans Paris une galerie d'art consacrée à de jeunes artistes. Ce type d'activité est « scalable » : il peut augmenter le chiffre d'affaires de sa galerie sans être obligé d'augmenter sa surface ou d'embaucher, il suffit de vendre des tableaux plus chers et en plus grand nombre, en repérant les artistes prometteurs et en convainquant ceux dont on parle d'exposer chez lui.

La règle est : ce qui est scalable correspond à une loi de puissance.

On a vu ce qu'impliquent les lois de puissance : risque très élevé, répartition extrêmement différenciée du chiffre d'affaires des sociétés (« le gagnant rafle tout »). Les notions de moyenne et d'écart-type ne veulent plus rien dire ici. Le prix moyen d'un tableau d'un jeune artiste à Paris ne signifie rien, il mêle des noms reconnus vendant très cher à une multitude d'inconnus proposant leurs toiles à quelques centaines ou milliers d'euros ; et l'écart-type est infini. Ouvrir sa galerie en se disant qu'on va exposer dix toiles et qu'on espère les vendre au prix moyen constaté à Paris, c'est ne rien comprendre et courir à la catastrophe ! Cela fonctionne pour les pizzas, pas pour les tableaux. La loi de puissance fonctionne dans les deux sens : gagner beaucoup d'argent avec des moyens limités, mais aussi travailler énormément et ne pas avoir vendu une seule toile à la fin du mois !

Il ne faut pas appliquer les outils conceptuels du premier cas sur le second, sinon on court à l'échec. Il ne faut pas dire « j'ai ouvert une galerie d'art, j'ai travaillé 60 heures par semaine et j'ai échoué, c'est injuste ». Non, c'est une erreur d'appréciation. À ce moment-là, il fallait ouvrir une pizzeria. Mais il faut savoir que dans une activité gouvernée par les lois de puissance, il faut plus que du travail consciencieux, il faut une *idée*, un *concept*, une *vision*, sinon ce n'est pas la peine d'y aller. Il

faut une compréhension du marché qui soit réellement étayée, construite, différente ou à contre-courant des conceptions usuelles, et avoir la conviction d'apporter quelque chose d'original et ensuite, éventuellement, la réussite sera au rendez-vous (la chance compte beaucoup) ; mais se contenter de « bien faire son travail » ne peut suffire.

Loi d'échelle, loi de puissance et loi scalable sont ici, on l'aura compris, parfaitement synonymes et désignent la même réalité mathématique, le terme « scalable » renvoyant de façon plus concrète à une réalité économique que chacun peut évaluer autour de lui.

Un élément essentiel pour comprendre économiquement la différence entre ces deux paradigmes est l'*effet réseau*, nul ou presque dans le premier cas et déterminant dans le second.

On parle de la pizzeria du quartier uniquement à ses collègues de bureau ; en effet, on ne va pas inciter ses amis travaillant à l'autre bout de la ville à y passer le midi. La clientèle de la pizzeria n'est réunie par aucun lien, les gens y viennent parce qu'ils travaillent dans sa zone de chalandise et qu'ils ont envie d'une pizza ce jour-là. Ces personnes sont indépendantes entre elles, comme les valeurs d'une loi normale sont également indépendantes entre elles, on parle de la même chose, du même phénomène.

En revanche, on parlera à ses amis d'une galerie de jeunes artistes que l'on trouve particulièrement intéressante, la presse et les médias en feront la promotion, comme les réseaux sociaux, et les personnes qui s'y rendront seront presque toutes « reliées » entre elles par le bouche-à-oreille et le *buzz*. On conçoit d'effectuer un déplacement pour visiter une galerie d'art alors qu'évidemment on ne le ferait pas pour s'acheter un sandwich ; dans le même temps, la zone de chalandise d'une galerie est une notion ténue et de toute façon insuffisante pour vivre. C'est tout l'enjeu de cette activité. Les gens qui visitent cette galerie sont reliés entre eux, autrement dit, ils ne sont pas

indépendants, on a donc affaire à une loi de puissance. L'effet réseau implique une activité répondant à une loi de puissance.

Pour les activités scalables, l'effet réseau s'avère donc crucial, il possède même un effet accélérateur comme l'indique la « loi de Metcalfe » : l'utilité d'un réseau est proportionnelle au carré du nombre de ses utilisateurs (le nombre de liens potentiels entre n personnes est : $n(n-1)/2$ soit $n^2/2$ quand n tend vers l'infini, soit 1 relation pour 2 personnes, 10 pour 5, 66 pour 12, etc.).

L'effet réseau s'oppose à l'indépendance des événements propre à la loi normale. Dès que les gens se parlent, ils génèrent une différenciation, une hiérarchisation, un ordre (mais très instable) qui déterminent leur comportement. Une autre différence essentielle, qui découle directement de l'effet réseau, est la marque : inexistante dans le premier cas, elle constitue un élément déterminant (un actif) dans le second. La marque permet de « cristalliser » l'effet réseau, de le renforcer, de le rendre plus pérenne, d'agir comme signe de reconnaissance.

Pour revenir à notre tableau présenté à la fin du troisième chapitre comparant la loi normale et la loi de puissance, notamment sous l'angle de la « valeur fondamentale », on peut dire que c'est son absence, pour une loi de puissance, sa dimension autoréférentielle, qui lui permet d'être scalable. La valeur fondamentale, pour une loi normale, apparaît comme un centre de gravité qui l'empêche de changer d'échelle.

Cette distinction scalable/non scalable n'est pas un « point de vue », elle est déduite d'une réalité mathématique (loi normale/loi de puissance). C'est une règle, mais elle n'est pas magique, elle sert à déterminer dans quel cadre on agit mais sans donner de réponses toutes faites ; il faut ensuite analyser spécifiquement le secteur, l'entreprise, auquel on s'intéresse. Cette distinction permet au moins d'éviter l'erreur grossière de vouloir appliquer un raisonnement gaussien à un domaine relevant de lois de puissance.

LA VOIE DE LA RICHESSE

On comprend dès lors que la voie de la croissance et de l'enrichissement consiste à passer du non scalable au scalable, les profits et les perspectives de croissance étant bien sûr incomparablement plus élevés lorsque l'on sait exploiter les forces de la scalabilité. L'enjeu consiste donc à savoir créer un effet réseau et une marque. Pour reprendre notre exemple précédent, on développe le concept de la « pizza bio et allégée », on suscite l'intérêt de journalistes, on fait le *buzz*, puis la marque et le concept se font connaître, s'installent et se développent...

Dans tous les secteurs, lorsque l'on classe les entreprises par chiffres d'affaires décroissants, on obtient la courbe caractéristique des lois de puissance (ou une droite dans un graphique logarithmique), avec les leaders qui dominent et accaparent une grande partie des ventes totales (ceux-là ont su créer une « marque »), puis quelques entreprises moyennes, et ensuite de nombreux indépendants. Mandelbrot a également repéré ce phénomène (« la taille des firmes dans un secteur industriel, de la puissante Microsoft à la légion de petites compagnies de logiciels, suit un schéma fractal »¹). Tous les secteurs sont concernés sans exception, la vente de pizzas à emporter, les chaussures de sport, les aspirateurs, et le secteur financier bien sûr.

Pour revenir à notre échoppe qui lance l'idée de la « pizza bio et allégée », comment va-t-elle se développer concrètement ? Grâce à la franchise. Et qu'est-ce que la franchise sinon séparer le scalable (la marque, la communication, la création, les nouveaux produits, et les profits) du non scalable (les boutiques, les salaires, les stocks, une rotation lente du capital).

Car évidemment, la distinction scalable/non scalable traverse l'intérieur même de l'entreprise :

1. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, op. cit., p. 252.

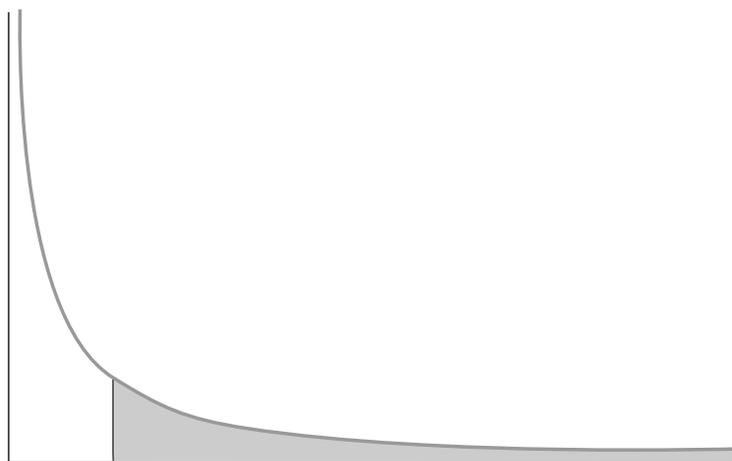
- ▶ Par exemple, le service comptabilité augmente de taille au fur et à mesure que l'entreprise et le nombre de ses filiales croît (du fait du côté très normatif et précautionneux de cette fonction), ou, d'un autre point de vue, si une entreprise veut des états comptables plus détaillés, elle doit embaucher des comptables. Ce service est non scalable et, de fait, de nombreuses multinationales l'ont délocalisé dans des pays à faible coût de main-d'œuvre.
- ▶ À l'inverse, ce n'est pas en augmentant les effectifs du service marketing que les idées géniales vont automatiquement affluer ! Dans ce domaine, il faut savoir trouver la bonne personne, la perle rare qui apporte plus que son CV, c'est-à-dire une vision, une idée. Lorsqu'il reprend la tête d'Apple en 1996, Steve Jobs recrute le designer Jonathan Ive qui saura renouveler la ligne graphique de la marque à la pomme (un coup de génie parmi d'autres...). Le choix de l'équipe marketing est complexe et sa participation permanente à la stratégie de la firme interdit sa délocalisation. Cette fonction scalable restera bien sûr au siège, au cœur des décisions.

Il ne faut pas non plus raisonner en termes de catégories étanches (typiques d'un monde gaussien) : la structure fractale est partout, y compris à l'intérieur même des fonctions : pour reprendre l'exemple de la comptabilité, les tâches répétitives (enregistrement des factures, établissement des comptes) sont délocalisées, mais la constitution finale du bilan et du compte de résultat (« l'optimisation fiscale », comment payer le moins d'impôts possible) sera réalisée par une équipe de professionnels de haut niveau se trouvant évidemment au siège.

Nous avons vu dans le quatrième chapitre comment les entreprises filialisaient ou revendaient leur patrimoine immobilier, externalisaient ou délocalisaient leur production, et gardaient leurs fonctions stratégiques (marketing, communication, création de nouveaux produits). Cette distinction recouvre assez largement la différence scalable/non scalable, même si cela

n'est pas forcément explicite pour elles bien sûr. Mais cette différence apparaît dans la vitesse de rotation du capital, rapide dans le scalable, lente dans le non scalable, un critère de choix essentiel comme nous l'avons vu.

La distinction scalable/non scalable recouvre non seulement les fonctions de l'entreprise, mais aussi ses produits. Le chiffre d'affaires « récurrent » (les produits ayant un volume de vente relativement stable, une clientèle fidèle, le « fonds de catalogue ») ressort du modèle gaussien, tandis que le lancement de nouveaux produits répond clairement à celui des lois de puissance. Les responsables marketing ne comprennent pas toujours cette dimension du problème et c'est d'ailleurs dans ce cadre que se situe tout le travail de réflexion de Chris Anderson dans *La Longue Traîne*, un ouvrage fondamental, paru aux États-Unis en 2006 (*The Long Tail*) et en France l'année suivante¹. Cet ouvrage de marketing, dédié à Internet mais pas seulement, base son raisonnement sur la partie droite de la courbe de puissance, la partie étalée (ici en gris), la « longue traîne » (voir figure ci-dessous).



La longue traîne de Chris Anderson

1. Chris Anderson, *La Longue Traîne*, op. cit.

Prenons un exemple : des milliers de livres sont publiés tous les ans, mais une grande surface ou une librairie de quartier n'en proposera que quelques centaines ou milliers dans ses rayons (la partie gauche de la courbe, les approximativement 20 % de références qui font 80 % des ventes). C'est ici qu'intervient Amazon ou d'autres sites de ventes de livres sur Internet qui, eux, peuvent proposer à la vente l'ensemble des ouvrages disponibles. Les volumes unitaires sont faibles, mais multipliés par le nombre de références, cela commence à représenter un chiffre d'affaires important ! C'est le principe de la longue traîne : multiplier le nombre de références offertes aux clients car il y aura toujours des acheteurs, et finalement des revenus. Cette idée est venue à Anderson lorsque le responsable de l'un des premiers sites de vente de musique en ligne lui a demandé, en 2004, quel pourcentage de ses 10 000 albums était téléchargé au moins une fois par trimestre ? Il répondit 50 % en pensant calculer largement, c'était 98 % !

Cette longue traîne existe parce nous sommes dans des lois de puissance (auxquelles Anderson consacre d'ailleurs un chapitre spécifique), et les probabilités décroissent très lentement. Dans un monde gaussien, la longue traîne n'existe pas car cette loi « écrase » trop les probabilités (elle néglige les événements extrêmes, comme nous l'avons vu). Dans le domaine du marketing et des ventes, un « événement extrême » est un produit en décalage complet par rapport à son « marché » (les 20 % de produits qui font 80 % des ventes), mais qui a son public (on parle de « niches »), et dont l'objectif consiste à « remonter » la courbe de puissance pour figurer dans les meilleures ventes. Beaucoup échouent, certains y arrivent, mais c'est dans cette longue traîne que naissent les tendances, les nouveaux comportements, les produits innovants.

Tirons-en un enseignement important : le principe « le gagnant rafle tout », caractéristique des lois de puissance, ne doit pas décourager les entrepreneurs. Un marché est constitué d'une multitude de petits marchés (la « musique »

regroupe la pop, le jazz, le classique, qui eux-mêmes regroupent quantité de genres, sous-genres, etc.), autrement dit, les lois de puissance sont fractales (une loi de puissance peut se décomposer en plusieurs lois de puissance, et ainsi de suite). La musique en téléchargement a sa loi de puissance, le genre « classique » également, la musique baroque pareillement, comme les ventes des œuvres de Lully, puis les ventes de Lully dirigé par William Christie... Il faut donc, au début, avoir une stratégie de niche, puis « remonter » la courbe. Dans les années 1980, la musique baroque avait un public étroit et passionné, elle faisait l'objet de moqueries et du dédain du « milieu » classique mais ses défenseurs savaient parfaitement ce qu'ils voulaient ; désormais, elle représente des volumes de ventes conséquents et s'est institutionnalisée.

Le critère scalable/non scalable peut servir de grille de lecture pour analyser une entreprise et en tirer des enseignements. Par exemple, un restaurant gastronomique ressort de la loi de puissance (importance cruciale de la renommée du chef, de la couverture médiatique), ce qui rend son activité très volatile, très risquée. Mais il pourra modérer ce risque en s'installant dans un quartier de sièges sociaux de façon à bénéficier des repas d'affaires du midi, plus stables (plus « gaussiens »). Nous développerons ce point dans la section suivante.

Si les possibilités de gains sont bien sûr plus élevées dans le domaine scalable, les exigences à satisfaire le sont également. Taleb formule cet avertissement : « il n'y a pas de place pour la *moyenne* dans la production intellectuelle ». Si vous voulez manger une pizza le midi et qu'un collègue de travail vous conseille une pizzeria en vous disant qu'elle est « correcte », vous vous y rendrez, vous voulez seulement être rassuré. Mais si vous souhaitez lire un roman pour les vacances et qu'un ami vous en indique un en vous disant qu'il est « correct », vous n'allez pas le lire ! Dans ce domaine vous êtes exigeant, vous voulez l'excellence, l'originalité, la découverte. C'est cette exigence qui produit une telle inégalité et que traduisent les lois de puissance.

Nous pouvons synthétiser ce que nous venons de dire à propos de l'entreprise et du critère scalable/non scalable dans le tableau suivant.

Le critère scalable/non scalable

Activité	Non scalable	Scalable
Loi de probabilité	Loi normale	Loi de puissance
Fonctions	Immobilier, production, comptabilité	Marketing, communication, R & D
Produits	Fonds de catalogue	Nouveautés
Longue traîne	Non	Oui
Clients	Réguliers	Occasionnels
Vitesse de rotation du capital	Lente	Rapide
Risque	Faible (gaussien)	Élevé (Cygnes noirs)
Croissance et rentabilité potentielles	Faibles	Élevées

Bien sûr, tout ce qui est scalable est « fractal ». Les fractales, nous l'avons vu dans le troisième chapitre, sont invariantes d'échelle, nous sommes dans le cas des lois de puissance, aussi appelées lois d'échelle ou lois scalables. Voici « l'économie fractale » proprement dite, même si nous utilisons le terme de façon plus englobante, par la mise en évidence du critère scalable/non scalable qui permet d'appréhender l'ensemble de la réalité économique.

QUELLE STRUCTURE OPTIMALE POUR L'ENTREPRISE ?

Nous avons décrit dans le quatrième chapitre cette tendance générale des entreprises à se séparer de tout le non scalable par revente, filialisation, externalisation, délocalisation. Faut-il l'ériger en principe ? La réponse est non.

C'est pourtant devenu le principal critère de bonne gestion : l'entreprise doit se délester de toutes ses fonctions générant de l'« inertie » : production, immobilier, comptabilité, en somme

des salaires et de la rotation lente du capital avec une faible rentabilité (la hantise de tout fonds d'investissement !). En se concentrant sur la marque, le marketing, la conception de nouveaux produits, l'entreprise deviendra plus « mobile », plus réactive, plus apte à saisir les nouvelles opportunités. C'est vrai bien sûr, mais en partie seulement car, ce faisant, elle deviendra une entité purement soumise aux lois de puissance et son risque s'accroîtra dans des proportions considérables. Et pire, ce risque sera largement sous-estimé, car passé au filtre du Medaf et de sa courbe de Gauss. Les bénéfiques pourront progresser pendant plusieurs années, mais quelques mauvaises décisions conduiront rapidement à la faillite cette entreprise devenue une structure spéculative : tout le monde n'a pas le génie de Steve Jobs.

À moins de considérer l'entreprise comme une « prise de guerre » que l'on dépèce et restructure en peu de temps pour dégager du *cash* et partir (ce que pratiquent les fonds « vautours », une espèce particulière de fonds d'investissement), on peut inscrire l'entreprise dans un projet économique et industriel, en visant la rentabilité et la pérennité. Pour cela, le risque doit être « moyen » au plus, mais certainement pas spéculatif.

Comment faire ? Il nous faut revenir au « portefeuille de Taleb » du chapitre précédent dans lequel, on le rappelle, on s'écartait des actifs au risque soi-disant « moyen » mais concrètement difficile à mesurer pour se consacrer, d'une part, à ceux ayant un risque très faible (les obligations d'État, du « gaussien ») et, d'autre part, à ceux possédant un risque élevé mais potentiellement très rentable (les positions spéculatives, répondant aux lois de puissance). Transcrit dans le domaine de l'entreprise, cela veut dire allier une activité stable et peu risquée (le fonds de catalogue) avec une activité risquée mais pouvant s'avérer très bénéficiaire (le lancement de nouveaux produits, le positionnement sur un secteur en forte croissance).

Nous avons déjà parlé de livres ; prenons l'exemple d'une société qui réalise parfaitement cette combinaison : Gallimard. La maison d'édition fondée en 1911 possède en effet un magnifique catalogue d'écrivains classiques, dont beaucoup sont encore sa propriété en attendant qu'ils tombent dans le domaine public (Camus, Sartre, Saint-Exupéry, Ionesco, Prévert, etc.). Tous ces auteurs connaissent des niveaux de vente conséquents, très stables d'une année sur l'autre et sans risque qu'ils disparaissent du jour au lendemain. Voici l'activité stable, récurrente, « gaussienne » de l'éditeur, son « actif sans risque » ou presque. Par ailleurs, Gallimard est toujours à la recherche de nouveaux talents et publie de nombreux jeunes auteurs, mais dans ce domaine les réussites sont extrêmement rares et les ventes ressemblent à une loi de puissance, voici son activité « spéculative ». L'objectif consistant à passer de l'une à l'autre, du jeune auteur inconnu à la valeur sûre comme, par exemple, J.-M. G. Le Clézio qui publie son premier roman en 1963 et fait maintenant partie des auteurs phares de la maison, couronné par un prix Nobel de littérature en 2008. Selon un article du *Monde* du 14 janvier 2010¹, Gallimard réalise 60 % de son chiffre d'affaires grâce à son fonds. Restent alors 40 % pour les auteurs « moyens » (aux ventes convenables mais irrégulières, dont le « risque » s'évalue mal) et pour les auteurs inconnus ou presque (risque très élevé, beaucoup d'échecs, et parfois un Cygne noir parfait comme *L'Élégance du hérisson* de Muriel Barbery, plus d'un million d'exemplaires pour un deuxième roman).

Si un fonds d'investissement rachetait Gallimard, il filialiserait ou revendrait le fonds de catalogue pour récupérer de l'argent frais et, après avoir rémunéré les actionnaires auxquels il appartient, l'investirait dans l'activité « spéculative » dans laquelle la maison est leader (notamment grâce à sa capacité à

1. Alain Beuve-Méry, « Cinquante ans après sa mort, Camus fait toujours tourner le fonds Gallimard », *Le Monde*, 14 janvier 2010.

remporter les prix littéraires importants). La rentabilité s'améliorerait sans aucun doute pour quelques années, mais l'entreprise deviendrait plus fragile, la moindre baisse de notoriété, le départ de quelques auteurs vedettes, l'échec répété à plusieurs prix littéraires se traduiraient par une chute brutale du chiffre d'affaires et les pertes la mettraient rapidement en danger. Le capitalisme familial, souvent décrié, montre ici sa supériorité par une compréhension intuitive du risque nettement supérieure à celles des consultants et autres *raiders* adeptes des théories de Markowitz et consorts.

Prenons un autre exemple, nous avons déjà parlé du cas de Carrefour où l'un de ses actionnaires, le fonds d'investissement Colony Capital, exige que l'enseigne vende les murs de ses magasins, lui faisant ainsi perdre un amortisseur utile en cas de graves difficultés. Le même fonds vient d'obtenir satisfaction dans le dossier Accor puisque l'entreprise se scindera en deux entités distinctes, l'hôtellerie et les services. La direction s'y était longtemps opposée, souhaitant conserver les deux activités « pour amortir les aléas conjoncturels¹ ». Également actionnaire, la Caisse des dépôts juge l'opération « risquée » et défend « un modèle industriel face à une logique d'investisseurs ». Un représentant du personnel s'inquiète de la « montée en puissance de la stratégie de développement des hôtels en franchise et sans être propriétaire des murs »...

Mais bien sûr « la scission est un gage de transparence pour l'actionnaire », pour reprendre la formule usuelle. Mais de quelle transparence parle-t-on ? De celle de l'allocation d'actifs issue du modèle classique de la finance et de ses lunettes gaussiennes ? À moins qu'il s'agisse de simplifier le travail des analystes financiers. Curieusement les banques, qui sont souvent les promoteurs de ces opérations, défendent, en ce qui les concerne, le modèle de la « banque universelle » et dénoncent comme la

1. Dépêche AFP du 15 décembre 2009.

dernière infamie le retour du *Glass-Steagall Act* (qui a instauré, aux États-Unis après la crise de 1929, une incompatibilité entre la banque de dépôt et la banque d'investissement, il a totalement disparu en 1999). Les actes sont en décalage par rapport aux discours...

On peut voir comment la théorie, assimilée et oubliée, influence les comportements. Nous avons signalé, dans le quatrième chapitre, que l'introduction du Medaf dans la gestion financière conduisait à faire l'impasse sur le risque spécifique de l'entreprise. Reprenons la citation du manuel de gestion financière¹, en la prolongeant : « L'utilisation du Medaf pour calculer la prime de risque implique que seul le risque systématique [du marché ou du secteur] est pris en compte. Le risque spécifique ou idiosyncratique [de l'entreprise elle-même] est présumé diversifié par les bailleurs sur leur compte personnel, au sein de leur portefeuille de valeurs mobilières. Par voie de conséquence la théorie financière classique considère comme non pertinente la "diversification industrielle" opérée au sein de l'entreprise. » C'est écrit. Le modèle classique est incapable de *penser* la diversification au sein de l'entreprise, donc il l'interdit (ou lui impose la scission) au lieu d'essayer de comprendre !

À rebours de ces théories erronées et mal assimilées, nous soutenons ici, en nous appuyant sur une approche plus ouverte au risque, que les deux types d'activités (gaussienne, spéculative) vont de pair, du moment qu'il existe des synergies entre elles bien entendu. Sans la première, l'entreprise est soumise à un risque excessif, sans la seconde elle s'étiole peu à peu.

1. Roland Portrait, Patricia Charlety, Denis Dubois, Philippe Noubel, *Les Décisions financières de l'entreprise, op. cit.*, p. 444.

Notre avenir : « économie zombie » ou croissance durable ?

Passons au niveau global, macroéconomique, pour tenter d'appréhender les grandes évolutions économiques, les scénarios envisageables, et les pistes pour mettre en place une meilleure régulation financière et une croissance durable. Les menaces ne manquent pas, les moyens de s'en délivrer non plus.

MONDIALISATION ET SCALABILITÉ

Dans *Le Cygne noir*, Taleb fait cette remarque judicieuse : la mondialisation accroît la scalabilité de l'économie. L'abaissement des frontières et la libre circulation des capitaux permettent les délocalisations et les investissements dans les pays émergents, le terrain de jeu devient la planète. Nous avons vu, pour une entreprise, que l'augmentation de la scalabilité va de pair avec celle du risque. Il en est de même au niveau de nos économies : la mondialisation accroît leur instabilité, mais aussi leurs opportunités.

Cette mondialisation s'exprime différemment suivant les secteurs et ce sont encore les lois de puissance qui permettent de comprendre, autant que faire se peut, ces évolutions. Selon Daniel Zajdenweber, dans *Économie des extrêmes*¹, la nature

1. Daniel Zajdenweber, *Économie des extrêmes*, op. cit., p. 113-122.

des secteurs économiques détermine leur niveau d'incertitude. Il en distingue deux particulièrement soumis au risque, l'industrie pharmaceutique et l'industrie pétrolière. Dans ces deux secteurs, les découvertes sont rares mais, en cas de succès, les bénéfices s'avèrent considérables.

Dans la recherche-développement des nouveaux médicaments, très peu de brevets sont rentables, et parmi ceux-là, on constate que les profits générés suivent une loi de puissance. La pente de la droite de Pareto (sur un graphique logarithmique) est, selon les différentes études, de l'ordre de $-0,5$ à $-0,6$, soit très pentue. Un très petit nombre de brevets, possiblement un seul, assurent les bénéfices de l'entreprise ! La rentabilité dépend d'un petit nombre de valeurs extrêmes. Il s'agit bien sûr d'une distribution sans espérance, la notion de profit moyen disparaît et, comme le signale Zajdenweber : « dans un portefeuille sans espérance, la division des risques perd toute signification¹ », le couple rentabilité/risque (mesurés par la moyenne et l'écart-type d'une loi normale) n'a ici plus de sens, le modèle de Markowitz ne s'applique plus ! En conséquence, il est nécessaire d'investir des capitaux considérables et ceci explique la très forte concentration de ce secteur au niveau mondial, car seul un marché planétaire possède un sens pour cette industrie.

Dans le secteur pétrolier, la distribution géographique des gisements, comme leur taille, suit une loi de puissance, la pente de la droite de Pareto étant, selon diverses études, de $-0,99$. Dans ce métier très aléatoire, de nombreux forages (très coûteux à réaliser) ne donnent rien et quelques découvertes compensent tous ces efforts. Encore faut-il avoir les moyens de les réaliser, d'où la très forte concentration de cette industrie. Cela explique aussi pourquoi les estimations des réserves mondiales sont si fluctuantes, une seule découverte géante pouvant changer la donne ;

1. Daniel Zajdenweber, *Économie des extrêmes*, op. cit., p. 116.

le calcul de la moyenne étant impossible, une estimation globale ne peut être que fortement aléatoire.

Une fois parvenus à un degré de concentration élevé, les leaders disposent alors d'un portefeuille de brevets ou de champs pétroliers générant des revenus à peu près stables (la composante gaussienne de leur activité) et ils continuent bien sûr d'investir des sommes importantes dans la recherche de nouveaux médicaments ou de gisements (la composante spéculative). Le processus de « mondialisation » se fait jusqu'à ce que les leaders aient une structure comparable au « portefeuille de Taleb » que nous avons vu plus haut.

DU « MODÈLE WALL MART » À « L'ÉCONOMIE ZOMBIE » ?

Quels scénarios peut-on envisager pour l'avenir ? Lorsque l'on additionne un monde plus instable (avec la mondialisation), une finance équipée de lunettes gaussiennes, une financiarisation de l'entreprise établie sur des bases erronées¹, et la crise financière de 2008, le résultat ne peut pas être très encourageant...

Dans une étude sur la crise², la société Xerfi propose une interprétation intéressante des « modes de régulation » successifs des économies avancées depuis la seconde guerre mondiale :

- ▶ Le modèle fordiste : des années 1950 aux années 1970, la demande (les salaires) accompagne la croissance de l'offre, on assiste à l'émergence de la société de consommation de masse et à une classe moyenne homogène et prédominante. Les chocs pétroliers de 1973 et 1979 et la spirale inflationniste cassent ce régime ;
- ▶ Le modèle Wall Street : à partir des années 1980, la désinflation et la libéralisation des marchés financiers font pencher

1. Voir chapitre 4.

2. Xerfi, *La récession est finie, pas la crise !*, décembre 2009.

- la balance du côté des investisseurs et des épargnants, la finance prend son envol et on assiste à une financiarisation des entreprises et de l'économie. Pour maintenir leur niveau de consommation, les ménages s'endettent et réduisent leur épargne (spécialement aux États-Unis). L'endettement et l'effet de levier augmentent dangereusement, les bulles et les krachs également, jusqu'à la déflagration de septembre 2008 ;
- ▶ Le modèle Wall Mart : ce qui nous menace si on ne redresse pas la barre, et qui signifie – pour suivre la stratégie de la première marque de supermarchés aux États-Unis – des délocalisations massives de la production, une baisse continue des prix et des salaires, le remplacement des emplois qualifiés par des emplois non qualifiés. Soit une déflation permanente des prix et des salaires, une évaporation de la valeur ajoutée et une croissance atone...

Bill Bonner, célèbre éditorialiste boursier américain (et en France sur le site *La Chronique Agora*), explique¹ les dégâts de ce « modèle Wall Street », dans son style imagé : « Qu'est-ce qui a mal tourné ? Selon l'article du *Washington Post* (« Une décennie perdue pour l'économie et les travailleurs US² »), les économistes se grattent le crâne en se posant la question. Quelle bande de crétins ! Les chiffres du PIB étaient positifs durant quasiment toute la période, mais ils étaient bidons... une fraude. Ils ne mesuraient que le rythme auquel les Américains se ruinaient, en achetant des choses dont ils n'avaient pas besoin avec de l'argent qu'ils n'avaient pas. Il nous semblait évident – à nous et à quiconque se donnait la peine d'y réfléchir pendant deux secondes – qu'on ne peut pas vraiment s'enrichir en dépensant de l'argent. Ce ne sont PAS les dépenses qui vous rendent riche. C'est l'épargne. Il faut épargner et

-
1. Bill Bonner, « Croissance, emploi et revenus : une décennie perdue pour les États-Unis », *La Chronique Agora*, 5 janvier 2010.
 2. « Aughts Were a Lost Decade for U.S. Economy, Workers », *Washington Post*, 2 janvier 2010.

investir... pour pouvoir produire plus. Tout le monde sait ça. Mais les économistes ne travaillent pas pour "tout le monde", ils travaillent pour le gouvernement. Ou pour l'industrie financière. Les deux secteurs ont grand intérêt à faire croire le contraire du principe ci-dessus. "Nous avons la meilleure économie, la plus flexible et la plus dynamique que le monde ait jamais vu", ont déclaré les politiciens américains. "Ouais... et ça ne fera qu'aller de mieux en mieux", a ajouté l'industrie financière. Mais c'était une fraude. Les choses ne sont pas allées mieux. Elles ont empiré. À présent, les Américains en paient le prix. Dix années de travail... et ils sont plus pauvres que lorsqu'ils ont commencé. »

On voit comment tout le discours sur la « création de valeur », sur l'EVA (*Economic Value Added*) se retourne contre lui-même pour aboutir à une perte irrémédiable de substance économique, à la destruction de la valeur ajoutée et de la croissance. L'introduction dans l'entreprise du Medaf avec ses œillères gaussiennes¹ a agi comme une sorte de krach « mou » et diffus, a généré quantité d'erreurs que les dirigeants ont faites de bonne foi. Désormais, ce sont les bases mêmes de l'économie qui se fissurent. Bien sûr, dans le même temps, on assiste au rétrécissement de la classe moyenne, à son atrophie. La classe *moyenne* c'était « gaussien », c'était le modèle fordiste des années 1950, avec ses frontières, ses usines à demeure, et ses capitaines d'industrie qui ne se doutaient pas qu'un jour leurs fonds propres leur coûteraient au moins 10 % l'an. Ce n'est pas la mondialisation qui est en cause – elle est inéluctable et offre quantité d'opportunités – mais la mauvaise gestion dans la finance et l'entreprise ; la myopie gaussienne, encore et toujours. Cependant Wall Mart, malgré tout, est une entreprise qui marche, qui est bénéficiaire. Mais il peut y avoir pire : « l'économie

1. Voir chapitre 4.

zombie ». Ce concept a été créé par Mark Thomas¹, et décrit un mal qui touche l'ensemble des acteurs économiques :

- ▶ les banques zombies : les actifs toxiques et les pertes latentes demeurent très importants et les empêchent d'exercer leur métier dans des conditions normales, c'est-à-dire de prêter aux entreprises et aux ménages ;
- ▶ les gouvernements zombies : l'explosion des déficits et de l'endettement restreint leurs marges de manœuvre, et un krach obligataire est même envisageable ;
- ▶ les consommateurs zombies : le surendettement, la fin du crédit facile, le chômage, les baisses de salaires créent des millions de « consommateurs zombies » aux dépenses anémiques ;
- ▶ les entreprises zombies : les sociétés endettées (spécialement les LBO) sont dans une situation extrêmement difficile et soumises à la bonne volonté des banques (ces dernières doivent-elles exiger le remboursement des prêts au risque de provoquer la faillite de l'entreprise, ou convertir les dettes en actions et enregistrer une moins-value dans leurs comptes, déjà dégradés ?).

Tous ne sont pas touchés au même degré, certains même en réchappent, mais l'économie zombie risque d'emporter tout le monde par le fond car un cercle vicieux se met en place :

- ▶ la baisse de la demande des consommateurs dégrade la situation des entreprises, qui licencient et baissent les salaires, ce qui accélère la baisse de la demande ;
- ▶ la dégradation de la situation des entreprises provoque une baisse du prix des actifs financiers (actions, obligations d'entreprises) et une hausse des défauts de paiement, ce qui dégrade d'autant le bilan des banques, et qui limite leur capacité à prêter ;

1. Mark Thomas, *The Zombie Economy*, PA Consulting Group, octobre 2009.

- ▶ l'État, entravé par sa dette, diminue ses interventions et son rôle d'amortisseur social, ce qui déprime encore la demande. La « vitesse de rotation » de ce cercle vicieux étant assurée, et possiblement même amplifiée, par la *Fair Value* (effet « Millenium Bridge »), cette invention décidément dangereuse.

Les réponses proposées par Mark Thomas rejoignent nos conclusions. Il en propose trois :

- ▶ « Garantissez votre liquidité » : c'est une condition fondamentale pour survivre et, conséquemment, diminuez votre endettement, qui représente un risque en soi (le modèle de Modigliani-Miller qui établit que la façon dont se finance une entreprise – dettes ou capitaux propres – n'a aucune importance, est définitivement à abandonner) ;
- ▶ « Remodelez chaque activité afin de s'assurer qu'elle sera solide et performante dans le monde nouveau » : pensez sur le long terme, apportez une vraie valeur que le client accepte de payer et qui garantit une rentabilité attractive pour les investisseurs (dans cet ordre). On retrouve ici notre dimension gaussienne, un *business* récurrent et solide formant la base de l'entreprise ;
- ▶ « Créez un portefeuille d'activités gagnantes » : sélectionnez les activités dans lesquelles vous pouvez être le leader et donnez-vous les moyens d'y parvenir. C'est la dimension spéculative de l'entreprise, soumise aux lois de puissance, où le gagnant « rafle » tout (difficile mais très rentable).

Pour se projeter dans l'avenir, Mark Thomas ne parle pas de probabilité ou de modèle stochastique, mais recommande de tester un large éventail de scénarios, ce qui rejoint la conception de la notion de prévision que nous défendons avec Taleb.

LES MENACES LATENTES

La crise de septembre 2008 n'a pas remis les compteurs à zéro, loin de là ; il reste de nombreux problèmes en suspens, des « bombes à retardement » susceptibles de provoquer d'autres krachs.

Nous avons parlé des LBO (*Leveraged buy-out*, ou financement d'acquisition par emprunt) dont beaucoup sont dans une situation difficile depuis septembre 2008. Vu la diversité des situations, on ne peut pas envisager un « krach » des LBO, mais ces structures surendettées continueront longtemps de peser sur les comptes des banques, et d'handicaper des entreprises souvent parfaitement saines avant cette opération.

L'immobilier résidentiel américain suscite des inquiétudes à deux niveaux :

- ▶ Une deuxième vague de défauts est prévisible, selon Paul Jorion (qui avait prévu la première vague, les *subprimes*), cette fois avec les prêts « *Option ARM* » (*Adjustable-rate mortgage*). Ce crédit hypothécaire permet à l'emprunteur de choisir le montant de ses mensualités, mais si celles-ci s'écartent trop des remboursements attendus, il est converti en un prêt avec amortissement mensuel, ce qui représente un doublement, voire un triplement, de ses mensualités. Selon Jorion¹, 27,9 % de ces prêts connaissent des « difficultés »...
- ▶ À quoi bon continuer à payer, se disent de plus en plus d'Américains, si la valeur du logement est devenue inférieure à ce qu'il reste à rembourser ? Selon l'expert immobilier *First American CoreLogic*², environ un quart des prêts immobiliers américains porte sur des logements dont la valeur est inférieure aux traites restant à rembourser. De plus en plus d'emprunteurs choisissent alors d'arrêter de

1. Cf. son site pauljorion.com.

2. Cité dans *Le Monde* du 3 janvier 2010.

rembourser (il s'agit de prêts *hypothécaires*, la saisie se limite au bien immobilier et ne concerne pas la totalité du patrimoine de l'emprunteur).

Aux États-Unis toujours, l'immobilier commercial est également durement touché ; le taux de défaut est passé de 1 % avant la crise à 3 et s'inscrit en forte hausse. De nombreux prêts hypothécaires sur les surfaces commerciales ont été titrisés par les banques en produits complexes, les CMBS (*Commercial mortgage-backed securities*), l'encours s'élève à 700 milliards de dollars, et à 200 milliards en Europe. Le crédit à la consommation des ménages souffre également, selon une étude du cabinet *Innovest* datant de début 2009, le taux de défaut atteint 10 % et 700 milliards de ces crédits ont été titrisés, c'est-à-dire disséminés parmi les investisseurs dans le monde (Moody's avance des chiffres de respectivement 6,5 % et 435 milliards).

Les banques, bien sûr, conservent encore beaucoup d'actifs toxiques dans leurs bilans. Combien ? Leurs dirigeants sont très pudiques sur le sujet mais, selon le directeur général du FMI (Fonds monétaire international), Dominique Strauss-Kahn, la moitié demeure encore cachée dans les comptes. L'agence de notation Fitch évalue à 31 milliards d'euros ces actifs toxiques (des produits « illiquides » *i.e.* dont personne ne veut) chez Natixis. La Société Générale annonce, début 2010, vouloir rapatrier dans une structure unique ses 45 milliards d'actifs toxiques, « sans compter les produits dérivés » (les CDS par exemple)...

Les CDS représentent également un risque majeur. Un CDS (*Credit default swap*), on l'a vu, est une assurance pour laquelle on verse une prime à intervalle régulier de façon à se couvrir contre le risque de faillite d'une société (ou d'un pays, ou d'un actif financier), et dans ce cas on reçoit un versement à la hauteur du préjudice. Mais ce produit est devenu largement spéculatif. En effet, à la différence d'une police d'assurance

classique, on peut acheter des CDS sur un actif donné (une action, une obligation d'État, etc) même si on ne le possède pas, simplement « pour jouer », pour parier sur son risque ou sur sa faillite (c'est comme si on pouvait acheter une police d'assurance incendie sur la maison de son voisin...). Son encours a explosé (on l'évalue à 40 000 milliards de dollars) et le risque systémique s'est accru pour deux raisons :

- ▶ La concentration des principaux vendeurs de protection (les *dealers*) : aux États-Unis, 97 % des volumes sont le fait de cinq grandes banques commerciales, JP Morgan représente 30 % de l'activité mondiale, la disparition de Lehman Brothers et le retrait d'AIG ayant bien sûr renforcé cette tendance. Le risque n'est de fait plus transféré mais incroyablement concentré.
- ▶ Les risques restent dans la sphère financière, 40 % des volumes concernent des entités du secteur financier. Mais une banque qui vend un CDS sur une autre banque a une forte probabilité d'être aussi en grande difficulté si celle qu'elle assure fait faillite, car cela signifiera que le secteur entier est en crise ; le risque de défaut sur le CDS expose alors, ce qui renforce la crise...

« Loin d'avoir redistribué les risques de crédit, les CDS ont ainsi contribué à l'intensification du risque systémique *via* la concentration des risques sur un nombre réduit d'acteurs extrêmement interconnectés, peu nombreux et à la fois acheteurs, vendeurs et sous-jacents¹. » Cette hyperconcentration est extrêmement dangereuse, il ne reste plus que l'étincelle.

Un autre élément n'a pas, pour l'instant – et on le regrette – été évoqué depuis le début de la crise : ce sont les *goodwills*. On parle de *goodwill* pour une entreprise qui fait de la croissance externe, qui acquiert d'autres sociétés. Ce terme anglais désigne un écart

1. Anne Duquerroy Mathieu Gex, Nicolas Gauthier, « Credit default swap et stabilité financière : quels risques ? », *Revue de stabilité financière*, Banque de France, septembre 2009.

d'acquisition (aussi nommé survaleur) inscrit à l'actif du bilan de cette entreprise : il mesure la différence entre le prix d'acquisition et la « juste valeur » de la société acquise (d'un montant supérieur donc) et intégrant les synergies futures, son capital humain, sa position concurrentielle et d'autres éléments immatériels. On achète une société à un prix donné (par une OPA amicale ou pas), mais comme on doit justifier cette acquisition devant ses actionnaires, on leur explique qu'en réalité elle vaut beaucoup plus, et on inscrit cette différence à l'actif de son bilan. Le fait que la plupart des mégafusions se terminent piteusement (Mercedes/Chrysler, BMW/Rover, AOL/Time Warner, Alcatel/Lucent, etc.), sauf dans les secteurs très mondialisés comme les industries pharmaceutique et pétrolière, ne change rien à l'affaire, une acquisition se traduit toujours par un *goodwill* ! On est ici très proche de la « pensée magique » décrite par l'ethnologue Lucien Lévy-Bruhl dans son ouvrage *La Mentalité primitive* (1922).

Dans le passé, les *goodwills* pouvaient concerner de l'immobilier demeuré dans le bilan de l'entreprise achetée à sa valeur d'acquisition, la survaleur était alors parfaitement justifiée, mais désormais, avec les nouvelles normes comptables internationales imposant la *Fair Value*, ce genre de bonne surprise n'a plus cours. Ne restent alors que des éléments immatériels que le marché n'aurait pas correctement évalués (marque, part de marché, synergies). Ces survaleurs étant calculées d'après des modèles d'actualisation des flux futurs parfaitement gaussiens, cela va sans dire, alors que les éléments immatériels comme la marque relèvent exclusivement de lois de puissance... Une remarque : si les marchés étaient efficients, les *goodwills* n'existeraient pas (la parfaite prise en compte de l'ensemble des informations disponibles par les intervenants empêcherait toute sous-évaluation des actions), mais ceux qui croient à l'efficacité des marchés sont les mêmes que ceux qui croient aux *goodwills* ! Évidemment en période de croissance soutenue et régulière, ces survaleurs logées dans les bilans ne posent pas de problèmes. Il en va tout autrement lors d'une récession où les acquisitions –

souvent surpayées et en partie avec de l'endettement – doivent faire l'objet de révisions douloureuses. La dépréciation des *good-wills* n'a pas eu lieu depuis la crise de septembre 2008 et l'enjeu est de taille puisque, selon une étude de la Banque de France¹, leur montant représente (en 2002) 82 % des capitaux propres des groupes du CAC 40 ! Voici des « actifs pourris » dans le bilan des entreprises qui n'ont rien à envier à ceux des banques. Le *goodwill* c'est « vendre la peau de l'ours avant de l'avoir tué » et sa disparition (sa non-inscription à l'actif du bilan, l'entreprise achetée est simplement inscrite à l'actif à son coût d'acquisition) constituerait une saine décision.

Si l'on rajoute à tout cela le déluge de liquidités déversées par les banques centrales, les perspectives ne sont pas encourageantes. « Tout est en place pour une nouvelle catastrophe économique mondiale », a estimé Simon Johnson, ancien économiste en chef du Fonds monétaire international (le 7 janvier 2010 sur la chaîne de télévision américaine *CNBC*). « Aux États-Unis, nous avons désormais un système financier qui repose entièrement sur la croyance que l'État lui sauvera indéfiniment la mise, comme il l'a fait en septembre 2008 et dans les mois qui ont suivi » poursuit-il, déplorant le fait que « les banques n'ont tiré aucune leçon ». « Une idée reçue veut que deux crises financières majeures ne peuvent pas se suivre de près, mais je pense que nous allons avoir la preuve du contraire », a-t-il prédit (une idée reçue typiquement gaussienne bien sûr, incapable de concevoir la succession rapide de deux événements extrêmes).

Pour Michel Cicurel, président du directoire de la Compagnie Financière Edmond de Rothschild : « les principaux facteurs qui ont déclenché la crise se sont aggravés depuis. Les grandes banques, jugées incontrôlables avant la crise, ont encore pris

1. Sylvie Marchal, Annie Sauvé, « *Goodwill*, structures de bilan et normes comptables », *Revue de la stabilité financière*, Banque de France, juin 2004.

de l'embonpoint. Même chose pour les États, déjà surendettés, qui sont devenus exsangues, le laxisme budgétaire étant désormais une vertu de circonstance. Enfin, la liquidité, excessive depuis dix ans, est maintenant surabondante. Cela signifie que de nouvelles bulles se préparent¹. »

RÉGULATION ET CROISSANCE DURABLE

Nous sommes menacés par d'autres crises financières et, plus profondément, par « l'économie zombie », le tableau n'est guère réjouissant. Comment concevoir une meilleure régulation financière et une croissance économique durable ?

1. Abandonner la référence gaussienne

Il faut, on l'aura compris, abandonner la référence gaussienne (et non pas simplement l'adapter avec le kurtosis) car, non contente de nous rendre myopes face aux risques extrêmes, elle contribue à provoquer des crises. « En minimisant les risques, l'idée d'une finance normale maximise les effets de chocs » comme le signale l'éditorialiste des *Échos* Jean-Marc Vittori (le 5 mars 2008). Jean-Philippe Bouchaud, physicien, directeur du fonds CFM (*Capital Fund Management*) et adepte des approches non gaussiennes, ne dit pas autre chose. Lorsqu'on lui pose la question « Mais ce n'est pas parce que ces modèles mathématiques négligent le risque qu'ils sont en eux-mêmes risqué ? »², il répond : « Si justement. Non seulement ils évacuent le risque, mais ils contribuent à le créer parce que personne ne se pose la question de leur impact sur le marché [...]. Autrement dit, en mettant en œuvre une théorie qui néglige l'hypothèse de l'existence de krachs, on

1. Michel Cicurel, « De nouvelles bulles se préparent », *Les Échos*, 4 janvier 2010.

2. Interview dans *Enjeux-Les Échos*, juin 2009.

les engendre ! » Les *subprimes* en sont un exemple parfait, élaborées et notées « AAA » (sans risque) avec des modèles gaussiens, elles ont provoqué la crise que l'on sait dès que le marché immobilier s'est retourné.

L'existence des lois de puissance signifie que les événements extrêmes comme les krachs sont loin d'être exceptionnels. Selon Didier Sornette, l'un des plus actifs chercheurs « non gaussiens », il peut même exister des événements qui dépassent encore ce qu'anticipe une loi de puissance¹ ! Il prend l'exemple du sultan de Brunei dont la fortune est tellement gigantesque que la droite de Pareto (dans un graphique logarithmique) représentant les patrimoines de ses sujets ne permettrait pas de « l'attraper », elle serait encore au-dessus. Des mécanismes d'amplification peuvent expliquer ce phénomène auquel il donne le nom de *Dragon-King* (Roi-dragon), par référence à ces créatures des mythologies chinoise et japonaise censées régir les climats. Les lois de puissance s'appliquent également à la taille des villes dans un pays et Sornette montre que Paris « excède » la loi de puissance représentative des villes françaises ; il attribue ce fait à la tradition centralisatrice de l'État depuis des siècles. Pour revenir à la finance, selon nous un krach sur les CDS (40 000 milliards de dollars d'encours) serait un *Dragon-King*, c'est-à-dire un événement dépassant tout ce que l'on peut imaginer comme crise... Des mécanismes d'amplification sont en effet à l'œuvre (extrême concentration du nombre d'acteurs, eux-mêmes interconnectés) et, par voie de conséquence, détecter et empêcher de tels engrenages doit constituer un objectif d'une saine régulation. La VaR (l'outil des banques pour calculer leur risque), on l'a vu, est gaussienne, et il serait utile de trouver un autre outil. Les

1. Didier Sornette, « Dragon-King, Black Swans and the Prediction of Crises », *International Journal of Terraspace Science and Engineering*, juillet 2009.

compagnies d'assurances utilisent plus couramment les lois de puissance pour évaluer les sinistres tels les ouragans, et il se produit également de tels phénomènes sur les marchés financiers ! Le 10 septembre 2009, Taleb est intervenu devant une commission du Congrès américain pour dénoncer la VaR, un signe que les choses commencent un peu à évoluer...

Le régulateur a son rôle à jouer, mais il doit se départir du modèle classique de la finance et de l'économie, comme le rappelle George Soros : « L'idée que le marché tend vers l'équilibre est directement responsable des turbulences actuelles ; elle encourage les régulateurs à fuir leur responsabilité et à se reposer sur les mécanismes du marché pour en corriger les excès »¹. Il dénonce justement les visions trop unilatérales : « Le fondamentalisme de marché attribue les échecs du marché à la faillibilité des régulateurs, et il n'a qu'à moitié raison, car les marchés sont tout aussi faillibles que les régulateurs. Il a entièrement tort, en revanche, lorsqu'il prétend que toute régulation, du fait de sa faillibilité, devrait être supprimée. Cette position est symétrique de celle des communistes, pour qui le marché lui-même devrait être aboli en raison de sa faillibilité. »²

Les normes bancaires internationales édictées sous l'égide de la Banque des règlements internationaux, dont le siège se trouve à Bâle (d'où « Bâle II », deuxième du nom, pour les désigner) s'appuient également, c'est tout le problème, sur la VaR ! Dans un article très pertinent, Jón Danielsson (qui, avec Hyun Song Shin, a découvert « l'effet Millenium Bridge » dont nous avons parlé à l'occasion de la *Fair Value*) met en garde contre une réglementation excessive³. Le problème est moins un manque de régulation qu'un « manque de compréhension quant à la

1. George Soros, *Mes solutions à la crise*, op. cit., p. 144.

2. George Soros, *Mes solutions à la crise*, op. cit., p. 118.

3. Jón Danielsson, « Réflexions sur l'efficacité de la régulation financière », *Revue de la stabilité financière*, Banque de France, septembre 2009.

façon de bien réguler les établissements financiers ». Les outils dont on dispose ne sont en effet pas satisfaisants : « La spécificité de la crise actuelle tient au rôle des modèles dans la valorisation, la prise de décision et l'analyse du risque. » Danielsson dénonce la « non-fiabilité générale de la VaR », le principal instrument de mesure du risque et les effets pervers qu'elle génère : « Supposons que la valeur des actifs augmente. Les modèles intègrent ce mouvement pour prévoir une appréciation des actifs à l'avenir. Le fait que les établissements financiers prennent en compte ces modèles provoquera, de manière endogène, une hausse de la valeur de ces actifs. De la même façon, le risque mesuré diminuera. Ces processus s'autorenforcent progressivement et finissent par produire des valeurs nettement déconnectées par rapport aux fondamentaux économiques sous-jacents. » C'est le caractère gaussien des modèles et leur croyance en la validité de la moyenne qui expliquent ce comportement endogène. Jusqu'au retournement où, suite à quelques turbulences, la bulle éclate : « on monte par l'escalator mais on descend par l'ascenseur » ! Les modèles incitent les banques à trop prêter en période de croissance (et à créer une bulle du crédit), puis à restreindre excessivement les prêts aux entreprises et aux ménages après une crise. Les banques deviennent ainsi procycliques, exagérant les tendances et augmentant le risque systémique. Le fait de pondérer les risques par des fonds propres, comme le recommandent les accords de Bâle II, renforce le caractère procyclique des banques (confiance excessive en période de croissance, aggravation de la crise lors d'un krach). Les nouvelles normes comptables de la *Fair Value* (obligation de tenir compte immédiatement dans son bilan de la dépréciation des actifs) renforcent bien sûr cette tendance. Dès 2001, Jón Danielsson et plusieurs de ses collègues¹ avaient dénoncé les erreurs de Bâle II (impropriété de la VaR, absence de régulation

1. *An Academic Response to Basel II*, ESRC, 2001.

des agences de notation, effet procyclique et accroissement du risque systémique). On ne les a pas écoutés.

Il faut aussi abandonner la référence gaussienne dans l'entreprise, entrée en contrebande avec le Medaf dans les années 1970. L'entreprise doit s'attacher à comprendre le critère scalable/non scalable, les composantes gaussiennes et spéculatives de son activité de façon à mieux appréhender le risque qu'actuellement. Pour plus de prudence, il serait utile de supprimer le *goodwill* et de réformer en profondeur la comptabilité en *Fair Value*, pour faire en sorte que la transparence, légitime, ne génère pas d'effets pervers (effet Millenium Bridge). Il est également crucial d'établir un ou plusieurs indicateurs mesurant le risque intrinsèque de l'endettement. Le modèle de Modigliani-Miller a déjà causé suffisamment de dégâts, ses hypothèses (efficience des marchés et évolution gaussienne des rentabilités) le condamnent : il faut l'abandonner ! Il ne faut pas se contenter des CDS (qui mesurent le risque des grandes sociétés cotées), mais construire un indicateur « de l'intérieur », tenant compte de la logique de l'entreprise, de son temps et de sa complexité, et qui puisse être mis en regard de sa rentabilité.

Tout reste à faire dans ce domaine, comme la mesure du risque d'endettement des États, ou de l'endettement des ménages et des entreprises au niveau macroéconomique. Aux États-Unis, la dette de l'État atteint 85 % du PIB, celle des ménages 135 %, celle des entreprises non financières 50 %, celle du secteur financier 120 %, soit un total de 390 %, quatre fois le PIB ! Si les bulles boursières peuvent se résorber très rapidement et sans nécessairement engendrer beaucoup d'avaries économiques (le krach de 1987 ou la bulle Internet de 2000), une bulle de dettes « plombe » l'économie durant de longues années comme le montre l'exemple du Japon, en stagnation depuis l'éclatement de sa bulle immobilière et boursière en 1990. La résorption du surendettement s'avère longue et douloureuse, et très coûteuse économiquement et socialement, raison de plus pour en détecter l'emballement le plus tôt possible.

2. Limiter la concentration bancaire

« L'industrie financière n'a pas de longue traîne significative¹ » fait remarquer Taleb, en faisant référence au concept développé par Chris Anderson. « L'écologie financière » est en train d'enfler pour former des « banques bureaucratiques gigantesques, incestueuses. [...] La concentration accrue des banques semble avoir pour effet de rendre les crises financières moins probables, mais quand elles se produisent, c'est à une échelle plus globale et elles nous frappent plus cruellement » écrit Taleb dans *Le Cygne noir*. On sait que 80 % des opérations réalisées sur les marchés de produits dérivés de Chicago, le premier au monde, sont réalisées par les cinq grandes banques d'affaires américaines... La finance se protège de la longue traîne pour éviter la concurrence. Voici une voie à creuser pour améliorer la régulation du système financier : favoriser l'accès de nouveaux entrants. On entend souvent dire qu'il faut limiter la taille des banques, mais tout indicateur serait arbitraire et la concentration est un phénomène normal qui concerne l'ensemble de l'économie. Il importe surtout d'empêcher les mécanismes d'amplification (ententes) et de veiller à ce qu'une « longue traîne » existe dans tous les compartiments du marché, signe d'une concurrence saine.

L'économiste Patrick Artus dénonce un effet de rente : « Les banques d'investissement ont terminé 2009 avec des profits colossaux. Ces résultats sont *a priori* incompréhensibles. La récession, la concurrence accrue entre banques, la faible intensité capitalistique de cette industrie, l'absence de brevets pour des produits financiers, devraient conduire à un pincement des marges². ». Au-delà des revenus générés sur les marchés, on peut trouver une explication plus profonde : actuellement

1. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, *op. cit.*, p. 295.

2. Patrick Artus, « Les tarifs des banques sont exorbitants », *Slate.fr*, 7 janvier 2010.

pour les entreprises le WACC reste très élevé, leurs capitaux propres leur « coûtent » autour de 10 %¹, un chiffre considérable quand l'économie est en récession ou en stagnation. Dans le même temps, les banques se financent quasi gratuitement auprès des banques centrales qui déversent des liquidités à profusion et pour rien ou presque (1 % pour la BCE, 0 % pour la Fed) ! C'est une immense injustice, une déformation de l'espace économique au profit des banques, un déplacement massif de valeur économique vers le secteur financier. Et une confirmation supplémentaire que ce coût des fonds propres déterminé par le Medaf n'est qu'une supercherie.

On peut être fataliste et dire que le modèle classique de la finance, avec son hypothèse gaussienne, s'applique à 95 % des cas et qu'un krach comme celui de 2008 sera couvert par l'État, mais cette affirmation est un peu sommaire ! Cela fonctionne pourtant ainsi pour l'instant : c'est le chantage du « *too big to fail* » (trop gros pour faire faillite). Cependant, « un système économique dans lequel il y a socialisation des pertes et privatisation des gains n'est pas acceptable », assène justement Taleb.

Nous avons vu, dans le prologue, que le président américain Barack Obama souhaite faire passer une législation s'inspirant du *Glass-Steagall Act*. Né à la suite de la crise de 1929, ce dispositif a instauré une incompatibilité absolue entre les métiers de banque de dépôt et ceux de banque d'investissement (ou de marché). Il s'agissait de lutter contre la concentration bancaire, de limiter l'ampleur des krachs en compartimentant les métiers bancaires, et de rassurer les déposants sur le fait que leur argent ne serait pas utilisé par les banques pour spéculer sur les marchés. Cette division perdurera durant tout l'après-guerre, puis sera remise en cause à partir des années 1980 pour disparaître totalement en 1999

1. Voir chapitre 4.

aux États-Unis, et dans le reste du monde. Cette distinction ne manque pas de sens pour plusieurs raisons :

- ▶ Dans le premier cas, les liquidités sont apportées par les déposants, il faut donc pouvoir les rembourser quoi qu'il arrive, tandis que dans le second elles sont apportées par les actionnaires, qui sont donc conscients du risque ;
- ▶ Si cette loi avait perduré, les *subprimes* n'auraient tout simplement pas existé car il s'agit de prêts immobiliers (activité de banque de dépôt) qui ont été titrisés (activité de banque d'investissement) ! Cela n'aurait pas forcément évité la crise, mais certainement son ampleur ;
- ▶ En séparant la banque de dépôt de la banque d'investissement, on sépare le non scalable du scalable : la banque de dépôt est en effet relativement stable (le taux de défaut des prêts aux particuliers est faible), tandis que la banque d'investissement, en intervenant sur les marchés financiers, s'expose à un risque répondant à une loi de puissance.

La crise, avec les faillites et les absorptions, a même accéléré la concentration des banques. Cette course au gigantisme effraie Thomas Cooley, recteur de la New York University Stern School of Business, et défenseur de la restauration du *Glass-Steagall Act* : « Les rémunérations sont un faux problème. Les incessants conflits d'intérêt créés par le modèle de banque universelle (banque de détail et banque d'investissement) sont une vraie bombe à retardement¹. » Il devient urgent d'agir.

Un autre risque se fait jour : tout simplement l'effacement progressif des marchés réglementés sous l'effet des « *Dark pools* ». Se multipliant depuis 2008, ces marchés parallèles sont spécialisés dans l'échange de blocs d'actions dans la plus grande confidentialité (les ordres et les intervenants sont anonymes). Pour les grandes valeurs boursières, on estime que 40 % de

1. Thomas Cooley, in « À Manhattan, entre la 34^e et la 59^e rue, la finance se fait discrète », *Le Monde*, 29 décembre 2009.

leurs titres changent de mains de cette façon. Les transactions hors marché ont toujours existé, mais ces *Dark pools* en font désormais une activité organisée et en pleine croissance. Le principal d'entre eux, Turquoise, a été créé par neuf grandes banques internationales le 22 septembre 2008, exactement une semaine après la faillite de Lehman Brothers (cela semblait bien urgent, et pour cause, ces marchés opaques et réservés aux gros opérateurs sont peu volatils quand, au même moment sur les Bourses, avec la crise, la volatilité explosait¹). Que pèse la réglementation, que signifie le « prix de marché » si une part de plus en plus importante des transactions des grandes Bourses mondiales s'évanouit dans ces structures opaques ? On assiste ainsi à une véritable privatisation des Bourses par les grandes banques, ce qui ne peut que susciter des craintes en termes de transparence et de régulation.

Autre forme de « privatisation du marché » avec l'apparition du « *High Frequency Trading* » (*trading* à haute fréquence, aussi nommé *trading* algorithmique) qui consiste à effectuer, à l'aide de logiciels informatiques, des transactions en quelques millisecondes. Offert par les grandes banques à leurs meilleurs clients (les *hedge funds*), ce nouveau type de *trading* confère un avantage évident et récurrent sur les intervenants normaux ; on appelle cela du délit d'initié. Réticentes au départ, les grandes bourses mondiales et les autorités de marché ont finalement cédé. Selon une étude d'IBM, 40 % des transactions sur la bourse de Londres proviennent de ces algorithmes.

Une dernière remarque : il ne faut pas oublier les banques centrales. Surtout depuis la crise de septembre 2008 où elles

1. Les ordres n'étant pas rendus publics, contrairement aux Bourses réglementées où le « carnet d'ordres » est accessible à tous, un ordre important perturbera très peu le marché. On pourrait même imaginer une manipulation où une banque achèterait une valeur sur une Bourse officielle pour en faire monter le cours, et en vendrait dix fois plus sur un *Dark Pool* de façon à se débarrasser de ses actions au meilleur prix...

ont fait exploser leur bilan pour fournir de la liquidité aux banques en échange d'actifs plus ou moins toxiques. Garantées de la monnaie, elles se doivent d'être exemplaires en termes d'information, mais on est encore loin du compte.

3. Considérer la finance comme un écosystème fragile

Selon Taleb, il serait préférable d'avoir une « écologie dans laquelle les institutions financières feraient faillite de temps à autre et étant rapidement remplacées par d'autres¹ ». Voyons ce que recouvre le terme « écologie », assurément à la mode, dans le contexte de la finance.

Didier Sornette donne sa vision de la régulation : « Il y a maintenant une opportunité pour construire un monde plus résilient. Les recettes sont connues, elles impliquent le besoin de variété, de redondance [*i.e.* une longue traîne, c'est nous qui précisons], de compartimentage [par exemple le *Glass-Steagall Act*], la faible densité des réseaux [éviter les points de concentration comme les CDS] et des délais inévitables lors de la synchronisation des actions [éviter l'effet *Millenium Bridge*]. Cette conception "robuste" est bien illustrée par une approche d'investissement prudente basée sur (i) la compréhension des véhicules et des entreprises dans lesquelles on investit (ce qui contraste avec l'opacité des investissements dans les *subprimes*) et (ii) garder des capitaux propres, même dans des conditions extrêmement défavorables². » Il adopte ici une vision « écologique » du système financier, vu comme un écosystème fragile, dans lequel il faut préserver la variété et la diversité des acteurs et des canaux de financement, éviter les points de concentration extrêmes porteurs de risque systémique, et redonner une

1. Nassim Nicholas Taleb, *Le Cygne noir*, *op. cit.*, p. 295.

2. Didier Sornette, Ryan Woodard, « *Financial Bubbles, Real Estate Bubbles, Derivative Bubbles, and the Financial and Economic Crisis* », *Working Paper*, mai 2009.

certaine « souplesse » au temps (à l'encontre de la *Fair Value* qui accélère le cycle comptable jusqu'à créer des effets destructeurs).

Nous avons parlé de Daniel Zajdenweber à propos des catastrophes climatiques aux États-Unis entre 1980 et 2008¹. Il formule trois propositions pour limiter l'impact des ouragans, qui peuvent être tout à fait transposées dans le domaine de la finance :

1. Prévention : limiter la concentration urbaine dans les zones à risque, soit, en finance, limiter la taille des banques.
2. Précaution : renforcer les digues et améliorer les systèmes d'alerte, soit garantir un rapport capitaux propres/dettes beaucoup plus favorable qu'aujourd'hui, et construire de nouveaux indicateurs (*i.e.* provenant d'analyses non gaussiennes, pour sortir des « moyennes » que l'on prolonge naïvement jusqu'au krach).
3. Le recours à l'assurance : obliger les personnes exposées à s'assurer ; dans la crise financière de 2008, c'est l'État (le contribuable) qui a joué ce rôle. On pourrait mettre en place un système d'assurance propre au secteur financier (autre que les CDS !).

Dans une approche plus tournée vers le management, et dans laquelle il fait référence à Mandelbrot, Michael Mauboussin a fait paraître aux États-Unis en 2009 *Think Twice*² (« Pensez-y à deux fois », sous-titré « Exploitez la puissance de la contre-intuition ») dans lequel il nous fait découvrir le « syndrome de Yellowstone » : dans le parc national de Yellowstone aux États-Unis, à la fin des années 1800, le gibier – élans, bisons, antilopes et daims – commença à disparaître. En 1886, la cavalerie américaine reprit la gestion du parc et sa première mission fut de contribuer à restaurer le gibier local. Après quelques années de protection et d'alimentation spéciale, le gibier recommença à se multiplier. Mais le gouvernement ne comprenait pas qu'il influait sur un

1. Voir chapitre 5.
2. Harvard Business Press.

écosystème complexe ; or on ne peut pas simplement modifier un élément et penser que cela ne mènera pas à une cascade de changements ailleurs. Les élans et les daims mangeaient beaucoup plus et cela causa une réduction de la flore. Les trembles, par exemple, commencèrent à disparaître, broutés par les nombreux élans. Cela porta préjudice à la population de castors, pour qui les trembles étaient essentiels ; ils construisirent donc moins de barrages. Lesdits barrages étaient importants pour empêcher l'érosion du sol, parce qu'ils ralentissaient les flots provenant de la fonte des neiges. Les truites furent ensuite atteintes, parce qu'elles ne frayaient plus dans l'eau devenue de plus en plus boueuse. Et ainsi de suite. L'écosystème tout entier commença à se disloquer à cause de la volonté humaine d'augmenter la population des élans. Les choses empirèrent. À l'été 1919-1920, plus de la moitié des élans disparurent, la plupart moururent de faim. Mais les services des parcs nationaux attribuèrent cela aux prédateurs. Il fut donc décidé de tuer des loups, des pumas et des coyotes, ce qui ne fit qu'aggraver la situation.

Faisant une recension de ce livre, Chris Mayer¹ explique que « ce qui s'est produit à Yellowstone est assez similaire à ce qui est en train de se produire dans notre économie aujourd'hui. Le Congrès américain et la Réserve fédérale sont si occupés à "secourir" des secteurs spécifiques de l'économie qu'ils ne parviennent pas à réaliser que ces efforts menacent d'autres secteurs. En réalité, une bonne partie des efforts du gouvernement contribue aux difficultés de l'économie. Parce que la Fed fournit aux grandes compagnies financières une telle quantité de crédit, et à des taux d'intérêt si bas, qu'elles peuvent gagner beaucoup d'argent simplement en achetant des bons du Trésor US, plutôt que de les prêter à des entreprises. Résultat, la plupart des PME américaines ne peuvent obtenir de prêts. Si la Fed ne fournissait pas du crédit à si bas prix, les banques

1. Chris Mayer, « *The Yellowstone Syndrome* », dailyreckoning.com, 14 décembre 2009.

seraient forcées de prêter aux entreprises. [...] L'économie ressemble à un écosystème complexe. On ne peut en altérer une partie sans causer des effets ailleurs dans le système ».

Quelle conclusion en tirer ? Chris Mayer poursuit : « Si un investisseur souhaite minimiser ou éviter les pertes de grande ampleur, il doit comprendre que l'économie est un système complexe et adaptatif, plein de boucles de rétroaction, de Cygnes noirs et de lois de puissance. Les investisseurs doivent aborder l'avenir avec humilité. Et cela signifie craindre davantage les risques que désirer les récompenses. Un investisseur humble insistera aussi sur une marge de sécurité dans chaque investissement. » Cela vaut pour les investisseurs comme pour les dirigeants politiques et les directeurs de banque centrale.

Il est intéressant, et rassurant, de noter que les chercheurs « non gaussiens » que nous avons cités (Taleb, Bouchaud, Danielsson, Zajdenweber, Sornette, Mauboussin) aboutissent à des conclusions comparables. Et elles sont en opposition complète par rapport aux normes actuelles (*Fair Value*, Bâle II). Il leur reste à se faire entendre...

On ne sera pas étonné de constater que Mandelbrot développe une pareille appréhension de la réalité économique et financière dans sa dimension écologique, approchant aussi une perspective humaine, morale : « Personne n'est seul dans ce monde. Aucun acte n'est sans conséquence pour les autres. C'est un principe de la théorie du chaos que, dans les systèmes dynamiques, l'issue de tout processus présente une grande sensibilité envers son point de départ – ou que, pour reprendre le fameux cliché, le battement des ailes d'un papillon en Amazonie peut engendrer une tornade au Texas. [...] L'économie globale est d'une complexité incommensurable. À toute la complication du monde physique, le climat, les récoltes, les mines et les usines, il faut ajouter la complexité psychologique des hommes qui agissent selon leurs attentes éphémères de possibles événements à venir – autrement dit, de purs fantasmes. Les compagnies et les cours des actions, les flux boursiers et les taux de change, les rendements des récoltes et

les futurs des denrées alimentaires – tous sont corrélés à un degré ou à un autre, dans des voies que nous avons à peine commencé à comprendre¹. »

1. Benoît Mandelbrot, *Une approche fractale des marchés*, op. cit., p. 208.

La fin du capitalisme ?

Le 18 décembre 2009, la compagnie aérienne à bas coûts Ryanair annonce qu'elle annule sa commande de 200 avions de ligne Boeing B737 et ne souhaite pas se tourner vers un autre constructeur. Dans le même temps, elle affirme qu'une grande part de ses 2,5 milliards d'euros de liquidités sera redistribuée aux actionnaires, sous forme d'un dividende exceptionnel ou d'un rachat d'actions¹. Voilà, c'est la fin du capitalisme, tout simplement. L'entreprise rend leur argent aux actionnaires ! Débrouillez-vous ! Comment interpréter autrement cette décision incroyable ? L'entreprise dit « stop ». Le cycle de la création de valeur s'arrête net. Par ce geste bravache, sans doute Michael O'Leary, le dirigeant de Ryanair, veut-il envoyer le WACC à la figure des actionnaires, « vous voulez plus de 10 % de rentabilité sur capitaux propres alors que l'économie entre en récession ? Les gars, vous savez bien que c'est impossible ! Reprenez votre argent ». Une autre version de « prend l'oseille et tire toi ». Ces 2,5 milliards d'euros auraient pu être investis pour consolider la part de marché de l'entreprise, pour se diversifier dans des services annexes de façon à la rendre plus résiliente. Mais le retour sur capitaux propres aurait fléchi à 3-4 %. « Insuffisant décrète le marché, inconcevable soutiennent les manuels de gestion, rendez l'argent ! » Mais ces actionnaires, où trouveront-ils une rentabilité de 10 % l'an maintenant ? Nulle part. Pire, en s'appauvrissant de la sorte, la compagnie devient plus

1. « Ryanair renonce à sa méga-commande de Boeing 737 », *La Tribune*, 18 décembre 2009.

fragile et, en cas de graves difficultés, elle risque la faillite, et ses actionnaires auront tout perdu.

« Cette crise est une occasion de retourner aux fondamentaux de la création de richesse à long terme et soutenable¹ » recommande très justement Didier Sornette. La finance gaussienne a fait suffisamment de dégâts sur les marchés financiers et dans les entreprises, il est temps d'abandonner ce modèle, d'autant plus que désormais semble se dessiner une spirale de destruction de la valeur nous menant droit vers « l'économie zombie ». Il est aussi temps de dire aux actionnaires : « Vous voulez de la valeur ? Beaucoup de valeur ? Créez votre entreprise ! »

La myopie des marchés, c'est celle des lunettes gaussiennes ! Il faut défendre le capitalisme entrepreneurial, qui sait voir loin et tient mieux compte des phénomènes exceptionnels, face à un capitalisme financier raisonnant avec les œillères de la courbe de Gauss. La reconnaissance de la présence des lois de puissance dans l'économie permettrait même de les réconcilier tous les deux et de mieux faire communiquer le monde de l'entreprise et celui de la finance. Espérons. Reconnaître la fréquence importante des valeurs extrêmes conduit également à revaloriser ce qui, dans l'économie, est « gaussien », stable, récurrent, et cela constitue aussi une façon de préserver une classe moyenne nombreuse, nécessaire à la croissance économique comme à la stabilité politique.

Il ne faut pas craindre cette réalité parfois dure, comme nous l'enseigne Daniel Zajdenweber dans *Économie des extrêmes* : « Dans tous les cas de figure, profits ou dommages, les valeurs extrêmes ne sont pas étrangères au fonctionnement économique normal. Certes, sans elles, il n'y aurait plus de grandes catastrophes, mais sans elles il n'y aurait plus non plus de

1. Didier Sornette, Ryan Woodard, « Financial Bubbles, Real Estate Bubbles, Derivative Bubbles, and the Financial and Economic Crisis », *Working Paper*, mai 2009.

producteurs de films ou d'artistes, plus de laboratoires prenant le risque d'investir dans la mise au point de traitements contre les grandes maladies chroniques contemporaines, plus de *start-up*, plus d'innovateurs investissant dans les nouvelles technologies. Resterait-il encore une croissance¹ ? » Notre monde est plus incertain que nous avons tendance à le penser, mais il faut considérer cela comme une chance, une chance extraordinaire.

1. Daniel Zajdenweber, *Économie des extrêmes*, *op. cit.*, p. 207.

Index

A

actif financier (définition) 22
actif sans risque 41, 159, 173
actions 23
Anderson, Chris 138, 168, 194
anticipation 81, 97

B

Bachelier, Louis 25, 33, 56, 58
Bâle II (accords de) 135, 192
Black et Scholes 44, 46, 55, 67,
107, 108, 120, 154
Bouchaud, Jean-Philippe 189
Buffet, Warren 66, 152, 155

C

CAPM voir Medaf
CDO 68, 69
CDS 69, 117, 118, 185, 193
CMPC voir WACC
corrélation 38, 69, 70, 94
courbe de Gauss 17, 18, 19, 30,
31, 32, 33, 35, 37, 52, 56, 94, 95
covariance 39
crise de 2008 51, 53, 70, 82, 118,
121, 134, 184, 197

D

Danielsson, Jón 191, 192
Dark Pool 196
Dragon-King 190

E

économie zombie 179, 182, 189
effet *Book-to-market* 63
effet de levier 105, 110, 117
effet *Millenium Bridge* 124, 183,
193
effet PER 63
effet réseau 164, 165
efficience des marchés 33, 36, 81,
82, 105, 106, 107
frontière efficiente 39, 40
Engle, Robert F. 65

EVA 181

exposant de Hurst 130

F

Fair Value 121, 126, 127, 187,
192, 199
Fama, Eugene 33, 62, 67
finance comportementale 147
flexibilité 120
flocon de von Koch 77, 83
fonds de pension 48
fractales 73, 75, 155, 171
dimension fractale 76, 80, 132
Friedman, Milton 62

G

Gauss, Carl Friedrich 30
voir courbe de Gauss
gestion indiciariaire 41
gestion par la valeur 112
Glass-Steagall Act 49, 175, 196
goodwills 193
Gordon-Shapiro 23, 102, 137

H

High Frequency Trading 197
homo economicus 54

J

Jorion, Paul 184
juste valeur voir *Fair Value*

K

Kahneman, Daniel 147, 150
Keynes, John Maynard 97
kurtosis 64, 65, 189

L

LBO 110, 184
Lehman Brothers 12, 51, 54, 121
loi d'échelle voir loi de puissance
loi de Metcalfe 165
loi de puissance 19, 83, 88, 138,
164, 170
loi de Zipf 86

loi normale 30, 32, 56, 57, 58, 60, 61, 88, 107

loi scalable voir Loi de puissance
longue traîne 168, 194

M

Mandelbrot, Benoît 12, 13, 26, 35, 55, 56, 57, 60, 65, 73, 87, 98, 100, 108, 129, 130, 152, 155, 166, 201

marché

de gré à gré 44

réglementé 44

Markowitz, Harry 36, 40, 41, 42, 43

Mauboussin, Michael 199

Medaf 43, 62, 94, 102, 104, 107, 118, 153, 175, 181

Merton, Robert 53

modèle de 119

modèle APT 43, 44, 63

modèle classique de la finance 21, 25, 33, 36, 51, 61, 81

contexte historique 47

modèle GARCH 65, 153

Modigliani-Miller 105, 107, 183, 193

mondialisation 177, 179

Monopoly 15

mouvement brownien 57, 65, 80

moyenne 37, 38, 86, 152, 192

multifractales 155

N

normes IFRS 114, 121, 123

O

Obama, Barack 11, 195

options 45, 48, 101

options réelles 106

P

paradoxe de Grossman-Stiglitz 35

Pareto, Vilfredo 85, 89, 91, 131, 178, 190

prévisions 24, 150

prime de risque 41, 113, 132, 175

R

ROCE 114, 115, 117

S

scalabilité 161, 164, 177, 193

Scholes, Myron 53

serendipité 156

Sharpe, William F. 40, 42, 43

Sornette, Didier 190, 198, 204

Soros, George 61, 191

subprimes 12, 51, 54, 68, 69, 70, 149, 158, 190, 196

syndrome de Yellowstone 199

T

Taleb, Nassim Nicholas 13, 67, 70, 89, 91, 94, 96, 129, 136, 140, 142, 143, 144, 146, 147, 148, 150, 156, 161, 170, 191, 194, 195

portefeuille de 158, 172, 179

théorème central limite 32

théorie du portefeuille 36

V

valeur actuelle nette voir VAN

valeur fondamentale 96, 124, 133

VAN 102, 107

VaR 133, 190

variance 30, 38, 86

du portefeuille 39

volatilité 42, 46, 47, 65, 107, 153, 154

Volcker, Paul 11

W

WACC 104, 105, 113, 195, 203

Wall Mart 180, 181

Z

Zajdenweber, Daniel 135, 177, 199, 204

