



HAL
open science

La sociologie est-elle condamnée à devenir une science naturelle?

Dominique Raynaud

► **To cite this version:**

Dominique Raynaud. La sociologie est-elle condamnée à devenir une science naturelle?. G. Bronner et R. Sauvayre. Le naturalisme dans les sciences sociales, Paris, Hermann, pp.289-317, 2011. halshs-00645622

HAL Id: halshs-00645622

<https://shs.hal.science/halshs-00645622>

Submitted on 28 Nov 2011

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

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

La sociologie est-elle condamnée à devenir une science naturelle?

Dominique Raynaud*

* PLC, Université Pierre-Mendès-France (Grenoble), GEMASS (Paris)

La sociologie classique a échoué dans son projet naturaliste parce que le naturalisme qu'elle avait en vue était un naturalisme déterministe causal, modèle dominant des sciences naturelles du XIX^e siècle. La question reste posée de savoir si la sociologie pourrait développer des formes de naturalisme probabiliste avec plus de succès. La contribution examine quelques résultats récents obtenus par la physique statistique des phénomènes sociaux. On propose la critique analytique de deux types de travaux : ceux de Barabási sur les graphes aléatoires et de Newman sur la centralité d'intermédiarité définie à partir de marches aléatoires ; ceux de Sznajd et Sznajd-Weron qui tentent d'appliquer le modèle de Ising à la formation des opinions collectives.

1 Introduction

Par delà quelques points de divergence, bien connus des historiens de la sociologie, Durkheim et Weber ont adhéré au rationalisme scientifique. Pour Max Weber « la sociologie compréhensive est rationaliste » (1922, 1, 52), dans la mesure où elle analyse les déterminants rationnels de l'action sociale (*Bestimmungsgründe sozialen Handelns*). Durkheim, de son côté, défendait le projet d'« étendre aux conduites humaines le rationalisme scientifique » (1895, ix). Si l'on entend par « naturalisme », le fait, pour une science donnée, de prendre modèle sur les sciences naturelles, on peut affirmer que Durkheim adhérerait au naturalisme. Il écrit par exemple :

« Notre règle n'implique aucune conception métaphysique, aucune spéculation sur le fond des êtres. Ce qu'elle réclame, c'est que le sociologue se mette dans l'état d'esprit où sont physiciens, chimistes, physiologistes, quand ils s'engagent dans une région encore inexplorée de leur domaine scientifique » (1895, xvi).

Weber a nourri d'autres ambitions dans son programme de sociologie compréhensive. Toutefois, la référence aux sciences naturelles est une constante des deux œuvres. On s'en rendra compte en comparant le nombre de fois où les différentes sciences naturelles et sociales sont mentionnées dans les deux textes programmatiques que constituent *Les Règles de la méthode sociologique* de Durkheim (1895) et dans *l'Essai sur l'objectivité de*

la *connaissance* de Max Weber (1904). Alors que le Tableau 1 (page suivante) couvre toute l'étendue des disciplines, on constate que les sciences les plus citées sont : la physique, au sein des sciences naturelles (Durkheim 64%, Weber 55%); l'histoire, au sein des sciences sociales (Durkheim 38%, Weber 42%). La position centrale de la physique s'explique aisément. À la fin du XIX^e siècle, elle donne l'exemple d'une science ayant su concilier l'expérimentation avec la description mathématique, ce qui lui vaut d'orienter la constitution des sciences nouvelles, comme la sociologie.

Sciences	Durkheim <i>N</i>	%	Weber <i>N</i>	%
Mathématiques ^a	0+2+0+0	7	4+0+3+0	17
Physique ^b	18	64	16+6	55
Chimie	3	11	3	7
Biologie	3	11	6	15
Médecine	2	7	2	5
Philosophie	30	16	4	1
Philologie	0	0	6	1
Anthropologie ^c	1+1	ε	4	1
Histoire	73	38	164	42
Géographie	4	2	2	ε
Economie	33	17	147	37
Psychologie	50	26	37	9

TABLEAU 1 – Références à la physique chez Durkheim et Weber¹

Le succès du naturalisme tel qu'il se présentait au XIX^e siècle est responsable d'une confusion courante dans les sciences sociales entre « naturalisme » et « déterminisme »². Si les sociologues ont eu raison de tourner le dos aux sciences naturelles – l'épistémologie n'a pas à en juger – ce choix ne saurait se justifier par l'équivalence des deux termes. En

1. (a) x+y+z+t : mathématiques+géométrie+arithmétique+algèbre; (b) x+y : physique+astronomie; (c) x+y : anthropologie+ethnologie.

2. Le déterminisme entretient des rapports complexes avec les idées de « causalité », de « prédictibilité » des états futurs à partir des états passés, de « loi » et de caractère « universel et nécessaire » de la relation légale. Il faut donc préciser les usages. J'entends par « déterminisme » la position selon laquelle, « connaissant l'état actuel du monde physique, il est possible d'en déduire toute la suite de ses états futurs » (de Broglie 1929). C'est un principe très général qui admet plusieurs plans de coupe. Voici les principaux : 1. « Déterminisme ontologique vs. méthodologique » désigne la conviction que le déterminisme est une propriété du monde réel vs. une propriété de la description du monde réel, accessible à la science. 2. « Déterminisme causal vs. statistique » désigne la propriété que les états futurs résultent causalement des états passés vs. que le déterminisme opère seulement sur des grandeurs moyennes. La deuxième acception est un abus de langage. 3. « Déterminisme causal exact vs. approché » désignent respectivement l'ordre inhérent à la loi mathématique ou l'ordre manifesté dans les phénomènes physiques assujettis à la loi. 4. « Indéterminisme » se dit des résidus respectifs de ces définitions. Son ambiguïté recommande d'en limiter l'usage au minimum. Je suis également contraint de laisser de côté le problème de la causalité, dont le statut oscille entre relation objective et axiome de la pensée. La critique de la causalité est ancienne. A la suite de d'Alembert, qui la remplace par le concept de « dépendance mutuelle », on mentionnera les critiques de Hume, Russell et Mach.

effet, que le déterminisme ait été introduit par Laplace³ avant d'être repris par Bernard⁴, signifie seulement que le déterminisme est né *dans* le giron des sciences naturelles, non pas que le naturalisme soit *réductible* au déterminisme. Cette méprise tient à la conjoncture scientifique particulière du XIX^e siècle. Les sociologues se sont piqués de prendre modèle sur la physique à une époque où elle était conquise par le déterminisme causal (même si des paradigmes rivaux existaient à cette époque). Or le déterminisme causal n'est pas l'alpha et l'omega de la physique. La simple existence des travaux de Boltzmann et de Maxwell en atteste.

Si le naturalisme est irréductible au déterminisme, il convient de savoir ce que la sociologie aurait pu tirer d'un naturalisme non déterministe. La question se pose avec insistance aujourd'hui, en raison des progrès récents d'une physique statistique appliquée aux phénomènes sociaux⁵. Cette application, et le transfert des méthodes qui l'accompagne, proviennent d'une homologie : physique et sociologie ont pour point commun d'étudier des états macroscopiques formés d'éléments microscopiques en grand nombre (6×10^{23} atomes par gramme, 3×10^{22} molécules par litre de gaz, bientôt 7×10^6 individus sur terre).

C'est une spécialité très jeune. Elle a à peine vingt ans. Ignorant généralement les travaux pionniers de Weidlick (1971) et de Schelling (1978), les physiciens se sont saisi collectivement à ce domaine de recherche seulement après la publication de Watts et Strogatz (1998). On mesurera le dynamisme de cette spécialité en mesurant le nombre d'articles parus sur la base <http://arXiv.org>. Voici les réponses obtenues de 1995 à 2010 (Figure 1).

Les entrées « sociology » et « social phenomena » ont progressé modérément. Les entrées « social interaction » et « social structure » ont bénéficié d'une plus forte croissance parallèle. Tous ces thèmes sont cependant éclipsés par l'entrée « social network » qui constitue le premier sujet d'investigation de cette jeune spécialité (842 preprints à ce jour).

Ces développements récents reposent le problème du naturalisme en sociologie et, plus précisément, les deux questions suivantes : 1/ Les sociologues ont-ils eu tort de renoncer au naturalisme ? Sont-ils passés à côté de découvertes importantes ? 2/ Les physiciens statisticiens sont-ils en train d'investir le champ de la sociologie ? Si oui, alors l'histoire pourrait se conclure d'une façon tragique pour la sociologie, car nul ne peut douter du caractère scientifique du projet inauguré par les physiciens.

3. « Nous devons envisager l'état présent de l'univers comme l'effet de son état antérieur, et comme la cause de celui qui va suivre » (Laplace 1812, 5-6). Le déterminisme de Laplace est moins tranché que ne le laisse entendre le passage cité car il admet que les probabilités peuvent nous aider à préciser les mesures (ce sera le théorème central limite, esquissé dans le mémoire inédit de 1777, et publié en 1810).

4. Le principe scientifique des sciences expérimentales « est le *déterminisme* des phénomènes, qui est absolu aussi bien dans les phénomènes des corps vivants que dans ceux des corps bruts [...] La loi nous donne le rapport numérique de l'effet à sa cause, et c'est là le but auquel s'arrête la science. Lorsqu'on possède la loi d'un phénomène, on connaît donc non seulement le *déterminisme* absolu des conditions de son existence, mais on a encore les rapports qui sont relatifs à toutes ses variations » (Bernard 1984, p. 87, mes italiques).

5. On trouvera une revue des méthodes et des résultats de cette spécialité de la physique dans Kulakowski (2007), Stauffer et Solomon (2007), Castellano et al. (2007), Nadal et Gordon (2007).

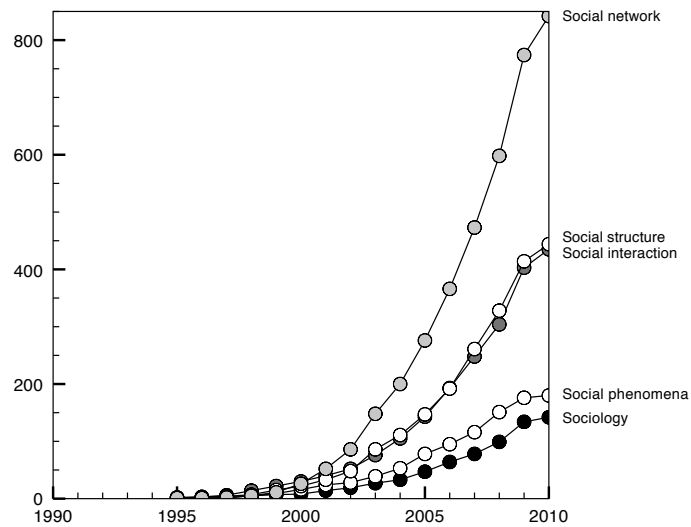


FIGURE 1 – Essor de la physique statistique

L'histoire des sciences montre en effet que, chaque fois qu'un bras de fer a été engagé entre une doctrine informelle et une théorie ayant les attributs classiques de la science (tests expérimentaux, découverte de lois, formalisme mathématique), cette dernière est sortie victorieuse. Au XIX^e siècle, la psychologie introspective a été éclipsée par la psychologie expérimentale (Ben David 1997). De même, au XVIII^e siècle, la physique de salon a été évincée par la physique mathématique (Gingras 2003).

2 Apports du naturalisme probabiliste

Depuis le XIX^e siècle, les sciences naturelles se sont largement émancipées du déterminisme. Disons, pour simplifier, que l'on s'est rendu compte que le déterminisme causal n'était pas une condition nécessaire de scientificité. Une science met à jour des régularités qui s'expriment parfois sous forme de *lois*. Or une loi ne traduit pas toujours un rapport de cause à effet. Le nom de loi s'applique aussi à des distributions statistiques qui ne doivent rien au déterminisme causal.

La première de ces lois, la loi normale gaussienne, a été découverte par Abraham de Moivre (1738) avant d'être étudiée vers 1810 par deux mathématiciens-astronomes : Pierre-Simon Laplace et Carl Friedrich Gauss. Elles ont été introduites en sociologie par Adolphe Quételet (1846), lui aussi astronome. Par rapport au naturalisme étudié dans la section précédente, ces travaux fournissent une alternative probabiliste, connue sous le nom de « déterminisme statistique ». Comme nous l'avons expliqué plus haut, nous avons toutes les raisons de penser que cette expression est un abus de langage⁶. Cette alternative se divise elle-même en deux espèces :

6. Sur la terminologie, voir note 2.

1. *Le probabilisme ontologique.* Les modèles probabilistes peuvent être appliqués aux faits sociaux dès lors que la conduite des individus est objectivement indéterminée⁷. Les modèles sont alors naturellement ajustés aux données empiriques.
2. *Le probabilisme méthodologique.* Dans d'autres cas, les modèles probabilistes sont appliqués aux faits sociaux, même lorsque la conduite des individus est objectivement déterminée. Une certaine distance est alors ménagée entre le modèle et la réalité.

J'illustrerai ces espèces par des exemples tirés de la littérature sur les réseaux sociaux, parce qu'on connaît depuis longtemps à la fois des réseaux déterministes (Moreno 1934) et des réseaux aléatoires (Erdős et Rényi 1959). La coexistence des deux classes est à même de faciliter la compréhension du paradigme probabiliste.

Considérons le cas d'un réseau de collaboration scientifique. Les sommets du graphe représentent des chercheurs. Les arêtes du graphe représentent la propriété, pour deux chercheurs, de cosigner un article. Les sommets et les arêtes étant fixés, il s'agit d'un graphe déterministe. Le hasard ne joue aucun rôle dans ce cas.

On doit à Erdős et Rényi (1959) d'avoir introduit le concept de graphe aléatoire, dans lequel les sommets sont déterminés à l'avance et les arêtes distribuées au hasard entre les sommets. Une propriété fondamentale des graphes de Erdős-Rényi est que la probabilité $P(k)$ pour qu'un sommet soit de degré k (c'est-à-dire soit connecté à k sommets du graphe) est une distribution binomiale. En effet : à chaque tirage, il n'y a que deux résultats possibles (connecté ou non) et les tirages sont indépendants les uns des autres.

Plus récemment, le physicien Albert L. Barabási (1999) a découvert une propriété remarquable des réseaux sociaux réels (tels que les réseaux de citations ou l'Internet) contredisant la propriété des graphes de Erdős-Rényi. La probabilité $P(k)$ qu'un sommet soit connecté à k sommets suit en réalité une loi de puissance $P(k) \sim k^{-\gamma}$. Les valeurs de γ sont généralement comprises entre 2 et 3. Par exemple : $\gamma = 2.1 \pm 0.1$ pour Internet (probabilité qu'une page renvoie à k pages) ; $\gamma = 2.3 \pm 0.1$ pour un réseau d'acteurs de cinéma (probabilité qu'un acteur fasse un film avec k autres acteurs) ; $\gamma = 3$ pour un réseau de citations (probabilité qu'un article cite k articles). Trois distributions empiriques : (A) Réseau d'acteurs $N = 212\ 250$ et $\langle k \rangle = 28,78$; (B) World wide web $N = 325\ 729$ et $\langle k \rangle = 5,46$; (C) Réseau électrique $N = 4\ 941$ et $\langle k \rangle = 2,67$ sont reproduites à la suite (Figure 2).

Cette propriété est à l'origine des « graphes aléatoires de Barabási » qui sont aujourd'hui couramment employés dans la modélisation. Les sommets du graphe sont déterminés à l'avance. Les arêtes du graphe sont tirées aléatoirement suivant $P(k)$. Le graphe degré vs. fréquence du degré montre l'adéquation aux séries empiriques ($\gamma = 0,6 \dots 1,0$), même si d'autres caractères importants des réseaux sociaux, comme leur faible densité et leur hétérogénéité, ne sont pas pris en compte (Figure 3).

7. C'est la version retenue par Quételet, qui identifie un « homme moyen » de manière à formuler ensuite « des lois qui concernent l'espèce humaine » (1835, 1, 6). Ces lois statistiques sont par exemple : L'espérance de vie diminue en fonction de la pauvreté et de la pénibilité du travail ; La natalité est plus faible en ville qu'à la campagne ; L'éducation prévient le crime ; Les femmes ont une moindre propension au crime, etc.

Les réseaux étudiés par Barabási montrent d'autres propriétés intéressantes. Ce sont des réseaux sans-échelle (*scale-free*), parce que la connectivité des sommets suit une loi de puissance qui n'est pas fonction de la taille de la population ; leur topologie est telle qu'ils comptent en général plusieurs composantes fortement connectées ; les géodésiques y sont plus courts que dans les graphes aléatoires de Erdős-Rényi.

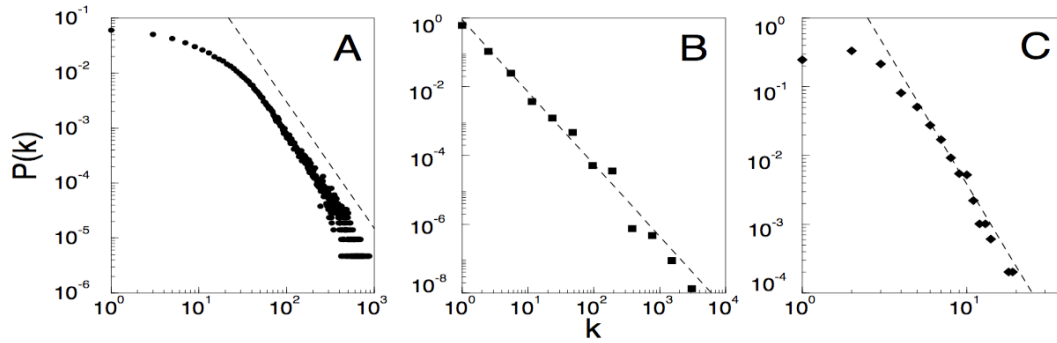


FIGURE 2 – Distributions de degré empiriques (Barabási 1999)

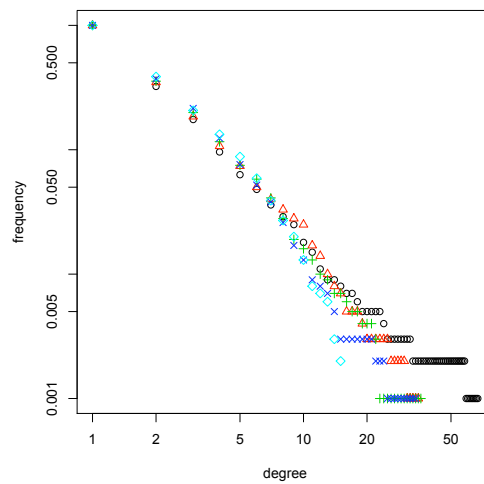


FIGURE 3 – Distribution de degré théorique

La loi de puissance $P(k) \sim k^{-\gamma}$ n'est pas une relation déterministe. Ce que les physiciens statisticiens appellent une « loi de puissance » n'est rien d'autre qu'une « distribution de Lévy-Pareto », qui remonte à l'étude sur la courbe de répartition des richesses de Pareto (1896) et à l'interprétation générale qu'en a donnée Paul Lévy (1937)⁸.

Quel statut épistémologique conférer aux graphes aléatoires de Barabási ? Il s'agit à l'évidence d'une forme de « probabilisme méthodologique », car le physicien ne se limite pas à l'étude des comportements individuels indéterminés. C'est même le contraire qui advient, lorsque Barabási explore les propriétés des réseaux de citations (déterministes).

8. Ces lois de puissance sont aujourd'hui très débattues, certains auteurs pensant qu'elles seraient en fait réductibles à des lois lognormales.

A quoi est due l'introduction du hasard ? Très certainement, au fait que l'auteur adhère à la conception subjectiviste des probabilités, selon laquelle le hasard est la représentation mathématique de notre propre ignorance⁹. Sa position n'étant pas clairement explicitée, il faut toutefois rester sur le terrain de la neutralité épistémologique : au fond le modèle de Barabási est indifférent à la nature déterminée ou non déterminée des phénomènes sociaux étudiés. L'étude des relations mathématiques est prioritaire sur ces interprétations.

Un autre exemple de probabilisme méthodologique est donné dans un article récent de Mark E.J. Newman (2005) dans lequel on trouve la proposition de mesurer la centralité d'intermédiation d'un réseau social par la définition sur le graphe associé de marches aléatoires — un concept introduit par le mathématicien hongrois Georg Pólya (1921). Comparée à la définition classique de la centralité d'intermédiation, cette mesure présente un intérêt évident lorsqu'elle est appliquée à de grands graphes. Dans la mesure où il s'agit d'appliquer cette mesure à des réseaux d'alliances ou de collaboration scientifique, on constate ici qu'un algorithme probabiliste est appliqué à l'étude de graphes déterministes par nature. L'étude de Newman ne doit rien au probabilisme ontologique. Elle relève à nouveau du probabilisme méthodologique.

Résultat-relais. Nous devons à Barabási et à Newman des avancées significatives dans l'étude des réseaux sociaux. Cette spécialité, pour exotique qu'elle soit, est compatible avec les critères habituels de la science : correspondance aux faits empiriques, découverte de relations fonctionnelles, recours au formalisme mathématique. Mais le trait le plus remarquable de ces travaux est qu'ils relèvent d'un probabilisme méthodologique, très éloigné du déterminisme causal de la physique du XIX^e siècle.

3 Limites du naturalisme probabiliste

Les sociologues se sont-ils alors trop vite détournés du naturalisme ? Je tenterai de répondre à la question, en considérant des travaux qui recoupent le domaine de la sociologie de la connaissance, et plus particulièrement le problème de la formation des opinions et des choix collectifs. On dispose aujourd'hui de nombreux travaux sur cette question qui ont pour point commun de recourir au modèle de Ising ou à l'une de ses extensions. Voyez par exemple : Schweitzer et Holyst (2000), Sznajd et Sznajd-Weron (2000), Sabatelli et Richmond (2004), Grabowski et Kosinski (2006), Gordon et al. (2007), Stauffer (2007, 2008, 2009).

9. Laplace et Condorcet ont été les deux principaux maîtres d'oeuvre de cette théorie. Laplace écrit : « Nous devons à la faiblesse de l'esprit humain une des théories les plus délicates et les plus ingénieuses des Mathématiques, savoir la science des hasards ou des probabilités [...] Le hasard n'a aucune réalité en lui-même ; ce n'est qu'un terme propre à désigner notre ignorance sur la manière dont les différentes parties d'un phénomène se coordonnent entre elles et avec le reste de la Nature. La notion de probabilité tient à cette ignorance » (1773, 145). Cette conception sera reprise par Condorcet : « L'égalité possibilité des évènements [i.e. dans le calcul de probabilités] n'a été pour nous que l'ignorance absolue des causes qui peuvent déterminer un évènement plutôt qu'un autre. Enfin cette définition a supposé encore l'ignorance de l'évènement que l'on considère, soit que cette ignorance naisse de l'impossibilité où nous sommes de connaître les évènements futurs, soit que l'évènement étant actuel ou passé nous soit inconnu par d'autres causes » (1784, 80).

Le modèle initial a été proposé pour rendre compte du ferromagnétisme (Ising 1925). Considérons un réseau d'atomes de fer $i \in \{1, 2, 3 \dots, N\}$, dans lequel chaque atome peut prendre l'un des deux états $S = \{+1, -1\}$, $s_i = +1$ désignant le spin « up » et $s_i = -1$ le spin « down ». Un abaissement progressif de la température provoque un appariement des spins des atomes, qui se traduit au niveau macroscopique par une aimantation. Voici par exemple quatre états successifs d'une simulation faite à partir du modèle de Ising (Figure 4).



FIGURE 4 – Simulation d'après le modèle de Ising

Le hamiltonien \mathcal{H} , qui décrit l'évolution du système, s'écrit :

$$\mathcal{H} = \sum_j^n \sum_i^N J_{ij} s_i s_j - B \sum_i^N s_i$$

Négligeons la sommation simple (à droite) : elle indique que le spin pris par un atome de fer dépend du champ magnétique lorsque celui-ci est non-nul. La double sommation (à gauche) mesure quant à elle l'énergie totale d'interaction en considérant successivement tous les voisins $j \in \{1, 2, 3 \dots, n\}$ et tous les atomes $i \in \{1, 2, 3 \dots, N\}$; $n \ll N$. Le coeur de la formule est le terme $J_{ij} s_i s_j = \pm J_{ij}$ qui représente l'interaction entre plus proches voisins i et j .

Le modèle de Ising explique le ferromagnétisme par la recherche d'un état de moindre énergie, qui est réalisé lorsqu'un comportement uniforme se manifeste dans le réseau atomique. Le modèle suppose que les atomes changent de spin d'autant plus massivement que les atomes $s_j \neq s_i$ sont plus nombreux. Si ce n'était l'anthropomorphisme de la description, on pourrait dire que le « choix » d'un atome est « influencé » par celui de ses voisins. En cela, le modèle de Ising est proche de la sociologie des processus agrégatifs : il explique une propriété macroscopique (aimantation) à partir de propriétés microscopiques (états et interactions atomiques).

Ce modèle a d'abord été utilisé dans le cas de variables binaires (modèle proposé par Ising en 1925), avant d'être étendu au cas de variables discrètes (modèle de Potts 1952), puis au cas de variables continues (modèle de Deffuant 2002). Sznajd-Weron et al. (2000, 2002, 2004, 2005ab, 2008abc, 2009¹⁰) se sont fait une spécialité d'étudier la formation de

10. Seule la référence Sznajd-Weron (2000) est mentionnée en bibliographie. Les autres publications sont accessibles sur la base <http://arXiv.org>.

l'opinion collective à partir du modèle de Ising. Examinons le premier article, relatif à la formation des choix collectifs dans les groupes fermés. Les hypothèses de départ sont :

1. Tout individu a le choix entre les deux états $S = \{A, B\}$.
2. Les individus ($N = 1000$) sont les nœuds d'un treillis bidimensionnel (*lattice*).
3. L'état initial du treillis est tel que les spins sont pris au hasard.
4. L'évolution du système social est étudiée au moyen d'une analyse de Monte Carlo.

Le résultat principal de Sznajd et Sznajd-Weron (2000) est que, au bout de $t \sim 10^4$ pas, le choix collectif se fixe sur l'un des trois états stables ayant pour probabilités : $P(AAAA) = 0,25$, $P(BBBB) = 0,25$ ou $P(ABAB) = 0,50$. Les auteurs en tirent la conclusion que tout groupe fermé évolue soit vers la dictature (*dictatorship*), représentée par les états $AAAA$ ou $BBBB$; soit vers un état de paralysie décisionnelle (*stalemate state*) $ABAB$, dans lequel aucune décision collective ne parvient à s'imposer dans le groupe. Par conséquent, seuls les systèmes sociaux ouverts seraient compatibles avec l'idéal démocratique. C'est un résultat important – au moins sur le plan politique.

La deuxième partie de l'article étudie les conditions sous lesquelles un changement collectif pourrait se produire lorsque que le consensus est réalisé ($s_i = +1$). Le système social est alors soumis à un « bruit », défini comme la probabilité qu'un individu du lattice fasse un choix au hasard, plutôt qu'en fonction de ses voisins. On constate alors que le système retourne à l'état initial avec des valeurs de bruit $p = 10^{-6}$ ou 3×10^{-6} (Figure 5A-B). Ce n'est plus le cas quand $p = 10^{-5}$ ou 10^{-4} (Figure 5C-D). Il existe donc une valeur-seuil $p^* \sim 10^{-5}$ à partir de laquelle un changement d'opinion collective est susceptible d'apparaître dans une société conformiste.

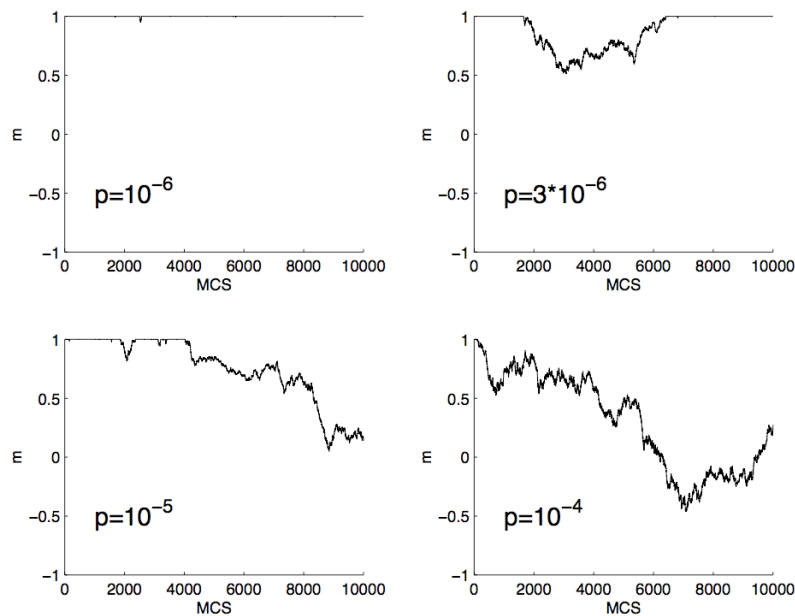


FIGURE 5 – Bruit et changement d'opinion (Sznajd-Weron 2000)

Dans la conclusion de l'article, les auteurs avouent les limites de la simulation entreprise : « It is rather obvious that, in a real community, all mentioned and many other mechanisms can effect an opinion evolution » (2000, 1164). On peut aller plus loin dans la critique.

Critique 1. La terminologie est déroutante. Les auteurs nomment société fermée (*closed community*) une société dans laquelle il n'y a pas de « bruit » (l'équivalent de la température dans les applications physique du modèle de Ising); une société ouverte (*open community*), une société dans laquelle un bruit faible $p^* \sim 10^{-5}$ permet aux individus de prendre une décision au hasard. Nous sommes loin de la définition sociologique, fondée sur des critères relationnels ou d'admissibilité¹¹. Ensuite, les auteurs nomment dictature (*dictatorship*), un système social dans lequel tous les individus font le même choix. Cet état n'a rien à voir avec la dictature¹². Dans une dictature, les individus n'ont pas la possibilité d'exprimer des préférences. Ce que les auteurs étudient, en réalité, c'est la formation d'un consensus généralisé. Or des individus peuvent unanimement tomber d'accord sur un sujet – la nécessité de la justice, l'abolition de la peine de mort, etc. – sans subir les tourments de la dictature.

Critique 2. Le modèle de Ising suppose que les états offerts au choix sont équivalents (un atome de fer n'a aucune préférence intrinsèque pour la direction spin up ou spin down). Les individus sociaux se conduisent différemment. Il faut distinguer les cas suivants :

1. Les choix collectifs sont directement interprétables dans le modèle de Ising quand les états procèdent de conventions, ou peuvent être choisis arbitrairement.
2. Les choix collectifs devraient être interprétés dans un « modèle de Ising révisé », lorsque les états sont assujettis à un ordre de préférence.

Sont du premier type : rouler à droite (France) ou à gauche (Angleterre); écrire de gauche à droite (russe) ou de droite à gauche (arabe), etc. Dans tous ces cas, on peut bien admettre une absence fondamentale de préférence, même si ces pratiques font l'objet d'un apprentissage culturel. Sont du deuxième type : ouvrir la portière d'une voiture vers l'avant ou vers l'arrière (ce qui peut s'interpréter en termes d'absence de prise au vent, donc de sécurité des personnes), traction ou propulsion (systèmes qui dépendent d'un choix de maîtrise du véhicule ou de motricité), etc. Il n'y a pas lieu de postuler que les choix sont équivalents : ils sont en réalité sous-tendus par des raisons fortes, auxquelles les individus ne sont pas prêts à renoncer. Supposons que la population des conducteurs soit mélangée, et composée de deux classes de même effectif : les amateurs de traction,

11. Max Weber explique qu'une relation sociale ou un groupe social sont « ouverts vers l'extérieur lorsque et tant que, d'après les règlements en vigueur, on n'interdit à quiconque est effectivement en mesure de le faire, et le désire, de participer à l'activité orientée réciproquement selon le contenu significatif qui la constitue [...] L'ouverture et la fermeture peuvent être déterminée de façon traditionnelle, affective ou rationnelle en valeur ou en finalité » (1995, 82). Georg Simmel a donné de nombreux exemples de groupes fermés dans sa *Sociologie* : l'armée lacédémonienne, divisée en tablés de quinze; les partis politiques de Sparte; l'organisation des sociétés primitives en classes d'âge; les corporations médiévales, etc. (1999, 409-416).

12. Il serait plus juste de traduire l'état de dictature par un champ magnétique non nul, exprimé par le deuxième membre de l'opérateur hamiltonien.

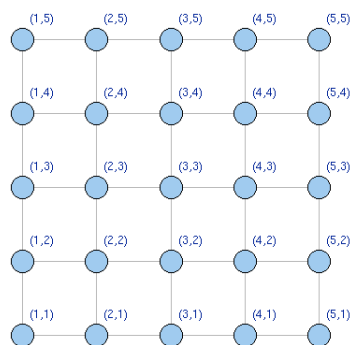


FIGURE 6 – Lattice (Csardi 2009)

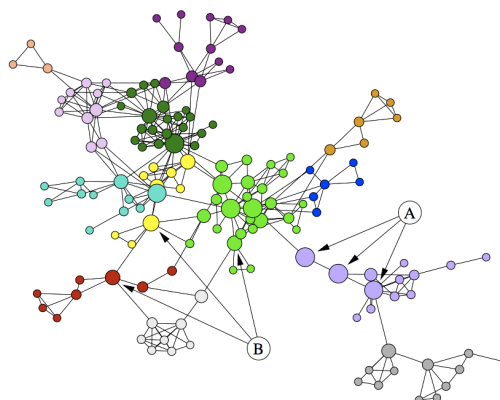


FIGURE 7 – Réseau social (Newman 2003)

les amateurs de propulsion. L'équilibre final de la simulation sera invariablement l'état *ABAB*. Or, cet état *ABAB* ne témoigne d'aucune difficulté à prendre une décision (*stalemate state*) : il exprime le refus des individus à changer d'opinion ou de pratique lorsqu'elles sont ajustées aux préférences. Sznajd et Sznajd-Weron (2000) appliquent le modèle de Ising à la formation des opinions et des choix collectifs en ignorant ces distinctions.

Critique 3. Les études sur la diffusion des innovations ont montré que l'exposition à la nouveauté n'est pas toujours suivie par l'adoption. La plupart des auteurs considèrent la diffusion des innovations comme un processus à plusieurs étapes (*multi-step process*)¹³ qui impliquent des mécanismes différents : être informé d'une innovation résulte de la communication ; l'adopter implique de faire un choix sur la base de l'information acquise (Cavalli Sforza et Feldman 1981). Dans le modèle de Ising, les contacts entre plus proches voisins ne sont responsables que de l'exposition de l'individu. Or, si tout le monde sait aujourd'hui ce qu'est un téléviseur ou un téléphone portable, certains d'entre nous se refusent à les utiliser. Il faut donc distinguer deux phases dans l'étude des processus sociaux de diffusion : la phase d'« exposition » à la nouveauté, la phase d'« adoption ». Sznajd et Sznajd-Weron (2000) supposent que l'individu fait un choix en fonction de celui de ses voisins, mais rien ne traduit dans le modèle utilisé l'existence de ces deux phases. Un individu est *asservi* au choix de ses voisins. En définitive, les modèles de Ising et de Potts postulent – c'est un postulat très lourd en sociologie – que le choix de l'individu est réductible à celui exprimé par ses voisins (température basse), ou au hasard (température élevée).

Critique 4. On sait que le réseau personnel d'un individu (*ego-network*) conditionne ses possibilités d'accès à la nouveauté. Or, le modèle de Ising est ici mis en œuvre sur un treillis (*lattice*) bidimensionnel qui est un réseau à maille régulière. Ce choix a peu de pertinence pour étudier les réseaux sociaux. Ce point est apparu en toute clarté

13. La terminologie n'est pas uniforme : « knowledge, persuasion, decision » (Rogers 1962, 162), « awareness, adoption » (Cavalli Sforza et Feldman 1981, 34), « time to adopt » (Mardsen et Podolny 1990, 198).

dans la critique des modèles de diffusion (Rapoport et Yuan 1989, Newman 2002). Les processus empiriques de diffusion s'écartent fréquemment de la loi logistique parce qu'ils ont lieu dans des populations hautement structurées. La topologie des réseaux sociaux est responsable de l'irrégularité des processus de diffusion. Nous avons rendu compte de cette irrégularité en introduisant les concepts de finitude, d'hétérogénéité et d'anisotropie d'un réseau social (Raynaud 2010). Les effets d'une topologie simple vs. complexe peuvent cependant être appréciés par simple inspection visuelle (Figures 6-7). Les processus de diffusion progressent régulièrement dans un *lattice* ; irrégulièrement dans un réseau social où l'on trouve des composantes indépendantes, des articulateurs, et où tous les sommets n'ont pas le même degré extérieur¹⁴. Ce n'est que tout récemment que ce modèle a été étendu au modèle de Potts à q états sur des topologies complexes (Rodrigues et da Costa, 2005).

Résultat-relais. Au total, Sznajd et Sznajd-Weron (2000) commettent des erreurs d'appréciation plutôt grossières dans l'application du modèle de Ising à l'étude des choix collectifs. Les résultats sont loin de pouvoir satisfaire les attentes du sociologue exigeant. Les auteurs ne sont pas seuls responsables de ces insuffisances. Preuve en est que leurs résultats sont publiés dans des revues à facteur d'impact élevé comme *Physical Review E* (IF = 2,352), *Physica A* (IF = 1,441) ou *International Journal of Modern Physics C* (IF = 0,784). Les limites que nous avons signalées sont donc collectives, et en partie inhérentes au modèle utilisé. L'avenir dira si ce modèle est susceptible de connaître des améliorations.

Conclusion

Si le déterminisme causal a subi un échec en sociologie, l'alternative probabiliste ne garantit pas nécessairement de meilleurs résultats : nous l'avons vu avec le modèle de Ising. L'acceptabilité d'un résultat ne tient donc pas seulement à la position épistémologique qui le fonde. Les critères correspondantistes sont prioritaires.

Dans un chapitre consacré au déterminisme, Raymond Boudon décrit à quelles conditions le hasard doit être introduit dans l'analyse sociologique (1982, 160-168). Lorsque l'individu est dans une situation d'incertitude (indifférence entre deux solutions, incapacité à apparier les solutions aux préférences individuelles, ignorance quant à la valeur de l'information sur les solutions, etc.), il se conduit de manière objectivement aléatoire. Dans les autres cas, il n'existe aucune raison d'introduire le hasard à l'échelle microscopique. On peut alors distinguer deux situations.

1. Le hasard est introduit dans des situations individuelles qui sont objectivement ou subjectivement aléatoires. Dans ce cas, l'introduction est légitime.

14. Il convient par ailleurs de rappeler que le choix d'un individu peut être orienté non seulement par ses plus proches voisins, mais aussi par des leaders d'opinion qui ne sont pas nécessairement en contact avec lui. D'autres critiques pourraient être énoncées. Ainsi, il est vital de rouler du bon côté de la route, agréable seulement de partager une opinion. Le modèle de Ising est d'autant plus efficace que l'action a un caractère nécessaire et que les liens sociaux sont coercitifs. Plus l'action est soumise à l'autodétermination, moins le modèle de Ising est heuristique en sociologie.

2. Le hasard est introduit dans des situations individuelles qui sont objectivement ou subjectivement déterminées. Dans ce cas, l'introduction du hasard est illégitime.

Contrairement aux réseaux aléatoires de Barabási, dans lesquels on peut penser que le hasard témoigne, dans le sillage de Laplace (1773) ou de Condorcet (1784), de notre ignorance quant aux causes des phénomènes étudiés¹⁵ ; dans le modèle de Sznajd et Sznajd-Weron (2000), le hasard a plutôt vocation à simuler la liberté individuelle, considérée comme une donnée objective. La question qui s'ensuit est de savoir si « hasard » et « liberté humaine » sont des termes interchangeables. J'avoue avoir quelque difficulté à l'admettre.

Des éléments précédents, se déduit la réponse à la question des relations entre sociologie et naturalisme. Ce rapport n'est pas réductible à l'une des deux positions : naturalisme vs. antinaturalisme. En effet, rejeter idéologiquement le naturalisme reviendrait à nier des contributions originales comme celles de Barabási (1999) ou de Newman (2005). Souscrire idéologiquement au naturalisme reviendrait à accepter sans discernement des travaux comme ceux de Sznajd et Sznajd-Weron (2000). Or, entre ces recherches, il existe des différences significatives :

1. Dans le premier cas, des *caractères spécifiquement sociaux* sont étudiés à l'aide de méthodes nouvelles, lesquelles produisent des résultats originaux.
2. Dans le second cas, ces particularités sont ignorées au profit d'une *transposition* pure et simple des modèles (méthodes ou résultats) utilisés dans une autre discipline.

Si les résultats obtenus ne sont fondés qu'à la condition d'être *spécifiques*, alors ceux qui ont été décrits (Section 3) n'appartiennent plus au corps de la physique. Il est aisé de voir que des propriétés constitutives des réseaux sociaux, comme une corrélation de degré positive, une forte transitivity, etc, ne sont strictement d'aucune utilité pour le physicien qui ne s'intéresse pas aux phénomènes de société. De deux choses l'une. Si les sociologues refusent ces contributions, celles-là resteront dans un *no man's land* entre physique statistique et sociologie. Si les sociologues les acceptent, elles deviendront un acquis propre de la sociologie. Comme les recherches sont jugées à leur progéniture, il me semble trop tôt pour accepter ou rejeter la thèse courante d'un « durcissement de la sociologie par les sciences naturelles »¹⁶. L'avenir est ouvert.

Références

- Barabási A.L., 1999, Emergence of Scaling in Random Networks, *Science*, 286, 509-512.
Preprint : <http://arXiv.org/cond-mat/9910332v1> (1999).
- Ben-David J., 1997, *Éléments de sociologie historique des sciences*, Paris : PUF.

15. Voir note 8.

16. Rappelons que l'article *princeps* de cette spécialité a été co-écrit par un mathématicien et un professeur de sociologie de Columbia University (Watts et Strogatz, 1998) ou que la notion de « capital social » (Bourdieu 1980) n'a pas été durcie par un physicien mais par un sociologue de Duke University (Lin 2001).

- Bernard C. 1984 [1866], *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, Paris : Flammarion.
- Boudon R., 1984, Le déterminisme bien tempéré, *La Place du désordre*, Paris : PUF, 165-190.
- Boudon R., Bourricaud F., 1982, *Dictionnaire critique de la sociologie*, Paris : PUF.
- Bourdieu P., 1980, Le capital social. Notes provisoires, *Actes de la recherche en sciences sociales*, 31, 2-3.
- Brogie, L. de, 1929, Déterminisme et causalité dans la physique contemporaine, *Bulletin de la Société française de Philosophie*, 3, 371-390.
- Castellano C., Fortunato S., Loreto V., 2007, Statistical Physics of Social Dynamics. Preprint : <http://arXiv.org/physics.soc-ph/0710.3256v1> (2007).
- Cavalli-Sforza L.L., Feldman M.W., 1981, *Cultural Transmission and Evolution*, Princeton : Princeton University Press.
- Condorcet N. de Caritat, 1784 [1805], *Elémens du calcul des probabilités, et son application aux jeux de hasard, à la loterie, et aux jugemens des hommes*, Paris : Royez.
- Dahan Dalmedico A., 1992, Le déterminisme de Pierre-Simon Laplace et le déterminisme aujourd'hui, A. Dahan Dalmedico, J.-L. Chabert et K. Chemla, eds., *Chaos et déterminisme*, Paris : Le Seuil, 371-406.
- Deffuant G., Amblard F., Weisbuch G., Faure T., 2002, How Can Extremism Prevail? A Study Based on the Relative Agreement Interaction Model, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 5 (2002).
- Douglas J.D., 1967, *The Social Meaning of Suicide*, Princeton : Princeton University Press.
- Durkheim E., 1895 [1968], *Les Règles de la méthode sociologique*, Paris : PUF.
- Durlauf S.N., 1999, How Can Statistical Mechanics Contribute to Social Science? *Proceedings of the National Academy of Science of the USA*, 96, 10582-10584.
- Erdős P., Rényi A., 1959, On Random Graphs, *Publicationes Mathematicae*, 6, 290-297.
- Gauss C.F., 1809, *Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solem ambientium*, Hamburg : Perthes.
- Gingras Y., 2003, Mathématisation et exclusion : socio-analyse de la formation des cités savantes, J.-J. Wunenburger, éd., *Bachelard et l'Épistémologie française*, Paris : PUF, 115-152.
- Gordon M.B., Nadal J.-P., Phan D. et Semeshenko V., 2007, Discrete Choices Under Social Influence : Generic Properties. Preprint : <http://arXiv.org/physics.soc-ph/0742333v1> (2007).
- Grabowski, A., Kosinski, R.A., 2006, Ising-Based Model of Opinion Formation in a Complex Network of Interpersonal Interactions, *Physica A*, 361, 651-664.

- Jacobsen J.L., 2002, *Le Modèle de Potts bidimensionnel*, Habilitation à diriger les recherches, Orsay : Université de Paris-Sud.
- Kulakowski K., 2007, Around the Gap between the Sociophysics and the Sociology. Preprint : <http://arXiv.org/physics.soc-ph/0711.2880v1> (2007).
- Ising E., 1925, Beitrag zur Theorie des Ferromagnetismus, *Zeitschrift für Physik*, 31, 253-258.
- Laplace P.S. de, 1773 [1776], Recherches sur l'intégration des équations différentielles aux différences finies et sur leur usage dans la théorie des hasards, *Mémoires de mathématique et de physique, présentés à l'Académie Royale des Sciences, par divers sçavans, & lus dans ses assemblées*, tome VII, 37-162, repris in *Oeuvres complètes de Laplace*, Paris : Gauthier-Villars, vol. VIII, 69-197.
- Laplace P.S. de, 1777 [1979], Recherches sur le milieu qu'il faut choisir entre les résultats de plusieurs observations, ed. Charles C. Gillispie, Mémoires inédits ou anonymes de Laplace sur la théorie des erreurs, les polynômes de Legendre et la philosophie des probabilités, *Revue d'Histoire des Sciences*, 32, 223-279.
- Laplace P.S. de, 1810 [1898], Mémoire sur les approximations des formules qui sont fonctions de très grands nombres et sur leur application aux probabilités, rééd. in Laplace, P.S., *Œuvres complètes*, Paris : Gauthier-Villars, 1898, vol. XII, 301-355.
- Laplace P.S. de, 1812, *Essai philosophique sur les probabilités*, Paris : Courcier.
- Lévy P., 1937, *Théorie de l'addition des variables aléatoires*, Paris : Gauthier-Villars.
- Lin N., 2001, *Social Capital. A Theory of Social Structure and Action*, Cambridge : Cambridge University Press.
- Mardsen P.V., Podolny J.M., 1990, Dynamic Analysis of Network Diffusion Processes, J. Weesie, H. Flap, eds., *Social Networks Through Time*, Utrecht : ISOR, 197-214.
- Michard Q., Bouchaud J.-P., 2005, Theory of Collective Opinion Shifts : From Smooth Trends to Abrupt Swings, *European Physical Journal B*, 47, 151-159.
- Moivre A. de, 1738, *Miscellanea Analytica de Seriebus et Quadraturis*, 2^e édition, London : Tonson & Watts.
- Moreno J.L., 1934 [1970], *Who shall survive*, Washington, Nervous and Mental Disease Publishing Co, trad. fr. *Fondements de la sociométrie*, Paris : PUF.
- Nadal J.-P., Gordon M.B., 2005, Physique statistique des phénomènes collectifs en sciences économiques et sociales, *Mathématiques et Sciences Humaines*, 172, 67-77.
- Newman M.E.J., 2002, The Spread of Epidemic Disease on Networks, *Physical Review E*, 66, 016128.
- Newman M.E.J., 2005, A Measure of Betweenness Centrality Based on Random Walks, *Social Networks*, 27, 39-54. Preprint : <http://arXiv.org/cond-mat/0309045v1> (2003).
- Pareto V., 1965 [1896], *Écrits sur la courbe de la répartition de la richesse*, Genève : Droz.

- Pólya G., 1921, Über eine Aufgabe der Wahrscheinlichkeitsrechnung betreffend die Irrfahrt im Straßennetz, *Mathematische Annalen*, 83, 149–160.
- Potts R.B., 1952, Some Generalized Order-Disorder Transformations, *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, 48, 106-109.
- Quételet A. 1846, *Lettres à S.A.R. le duc régnant de Saxe-Cobourg et Gotha sur la théorie des probabilités appliquée aux sciences morales et politiques*, Bruxelles : Havez.
- Rapoport A., Yuan Y., 1989, Some Experimental Aspects of Epidemics and Social Nets, M. Kochen, ed., *The Small World*, Norwood : Ablex Publishing Company, 327-348.
- Raynaud D., 2006, *La Sociologie et sa vocation scientifique*, Paris : Hermann.
- Raynaud D., 2010, Why Do Diffusions not Fit the Logistic Law ? A Note on Network Discreteness, Heterogeneity and Anisotropy, N. Memon and R. Alhajj, eds., *From Sociology to Computing in Social Networks. Theory, Foundations and Applications*, New York/Berlin/Tokyo : Springer Verlag, 81-96.
- Rodrigues F.A., da Costa L., 2005, Surviving opinions in Sznajd models on complex networks, *International Journal of Modern Physics C*, 16, 1785-1792. Preprint : <http://arXiv:physics/0505158v1> (2005).
- Rogers E.M. 1962 [1995], *Diffusion of Innovations*, New York : The Free Press.
- Sabatelli L., Richmond P., 2004, Non-Monotonic Spontaneous Magnetization in a Sznajd-like Consensus Model, *Physica A*, 334, 274–280. Preprint : <http://arXiv:cond-mat/0309375v1> (2003).
- Schelling T.S., 1978 [1979], *Micromotives and Macrobehaviour*, New York : Norton & Co., trad. fr. *La Tyrannie des petites décisions*, Paris : PUF.
- Schweitzer F., Holyst J.A., 2000, Modelling Collective Opinion Formation by Means of Active Brownian Particles, *European Physical Journal B*, 15, 723-732.
- Simmel G., 1908 [1999], *Soziologie. Untersuchungen über die Formen der Vergesellschaftung*, Leipzig : Duncker & Humblot, trad. fr. *Sociologie. Etudes sur les formes de la socialisation*, Paris : PUF.
- Stauffer D., Solomon S., 2007, Applications of Physics and Mathematics to Social Science. Preprint : <http://arXiv.org/physics.soc-ph/0801.01121v1> (2007).
- Stauffer D., 2009, Opinion Dynamics and Sociophysics, *Encyclopedia of Complexity and Systems Science*, Berlin, Springer, 6380-88. Preprint : <http://arXiv.org/0705.0891v1> (2007).
- Stauffer D., 2008, Social Applications of Two-Dimensional Ising Models, *American Journal of Physics*, 76, 470-473.
- Sznajd-Weron K., Sznajd J., 2000, Opinion Evolution in Closed Community, *International Journal of Modern Physics C*, 11, 1157-1165. Preprint : <http://arXiv.org/cond-mat/0101130v2> (2001).
- Wasserman S., Faust K., 1994, *Social Network Analysis*, Cambridge : Cambridge University Press.

- Watts D.J., Strogatz S.H., 1998, Collective Dynamics of Small World Networks, *Nature*, 393, 440-442.
- Weber M., 1904 [1992], L'objectivité de la connaissance dans les sciences sociales, trad. fr. *Essais sur la théorie de la science*, Paris : Plon-Pocket, 115-201.
- Weber M., 1922 [1995], *Wirtschaft und Gesellschaft*, Tübingen : Mohr, trad. fr. *Économie et société*, 1. *Les Catégories de la sociologie*, 2. *L'Organisation et les puissances de la société dans leur rapport avec l'économie*, Paris : Plon-Pocket.
- Weidlick W., 1971, Statistical Description of Polarization Phenomena in Society, *British Journal of Mathematical Statistical Psychology*, 24, 251-266.
- Weisbuch G., Deffuant G., Amblard F., Nadal J.-P., 2002, Meet, Discuss and Segregate ! *Complexity*, 7, 55-63.