

Durcir les « sciences molles », mollir les « sciences dures »

(Janvier 2010)

(Thierry Rogel – Professeur de sciences économiques et sociales au lycée Descartes de Tours)

Régulièrement, les Sciences Humaines et Sociales voient leur légitimité scientifique remise en cause. En général, c'est au nom de « canons » de la science qu'atteindraient les « sciences dures » mais qui seraient inaccessibles aux « sciences molles ». - Le débat sur l'unicité de la science ou sur la querelle des deux sciences a été inlassablement repris depuis un siècle dans le cadre de discussions épistémologiques. Nous chercherons ici à nous situer dans un champ quelque peu différent qui est à la jonction entre le discours savant et le discours de « sens commun ». En effet, la question de la scientificité des sciences sociales fait implicitement partie du corpus du discours commun avec, en général, une dichotomie simple : les sciences seraient les mathématiques, la physique, la chimie et la biologie ; le reste, économie, sociologie, psychologie,...ne serait alors qu'une excroissance travestie du discours de sens commun ou, pire encore, d'idéologies. Les propos de Gérard Dréan à l'égard de l'économie sont à ce titre, significatifs : « Dans les autres sciences, on admet qu'il existe une vérité et une seule. L'activité scientifique consiste à rechercher les lacunes des vérités établies afin de les remplacer par des théories nouvelles qui comblent ces lacunes (...) Rien de tel en économie où des thèses contradictoires continuent à être enseignées et approfondies (...). L'économie se présente comme un hybride improbable de rigueur scientifique (prétendument garantie par l'usage des mathématiques) et de philosophie (...). La raison essentielle me semble être que l'économie, science humaine et sociale, est encore dominée par l'idéologie » (Dréan – 2001) . - Au mieux, pour les plus indulgents des commentateurs, les sciences sociales ne pourraient accéder au statut de science que sous le costume de « sciences molles », donc imprécises et incapables de prévisions,... - Cette dichotomie est portée à la fois par les débats épistémologiques sur les deux sciences, les définitions vulgarisatrices de ce « qu'est ou devrait être » la science ainsi que la partition institutionnelle et culturelle de l'éducation Nationale pour laquelle la « filière scientifique » est uniquement celle qui correspond aux « sciences dures ». - Les définitions de ce qu'est, ou de ce que devrait être la science, sont donc nombreuses et sont déclinées à la fois dans les discours savants et les discours profanes. On peut, par exemple, s'appuyer sur les démarches de Denis Collin (Collin – 2002) et Ch. Bartholdy (Bartholdy – 1978) : la science constitue un corps de connaissances visant à l'objectivité (donc indépendante des valeurs) ; elle doit permettre l'élaboration de lois au sens de relations universelles et nécessaires et elle doit rendre la prévision possible. A cela, Denis Collin ajoute la nécessité du recours à un réductionnisme méthodologique, l'élimination des causes finales et la mathématisation des lois. Enfin, un énoncé scientifique doit être falsifiable (ou réfutable) selon le terme de Popper et surmonter le défi de la réfutation . - Dans ces conditions, les sciences humaines et sociales auraient bien du mal à répondre à tous ces canons. Habituellement, on considère que cela es dû à la difficulté de faire des expérimentations dans ces dernières, au fait que les individus sont tous uniques et irréductibles à un modèle simplifié,... - La première chose qui frappe, ou qui devrait frapper, dans ce genre de propos c'est l'encyclopédisme que cela suppose : il est déjà difficile pour un seul individu d'avoir une vue d'ensemble, de ne serait ce qu'une partie, des sciences sociales ; comment alors avoir une maîtrise suffisante pour comparer les sciences humaines et sociales à l'ensemble des « sciences dures » - mathématiques, biologie, physique, chimie ? La première démarche possible est de s'appuyer sur les travaux des philosophes des sciences - de Popper à Khun – ou des sociologues (Latour). Une autre démarche, celle qui est adoptée ici et qui n'est pas exempte de critiques, est d'aller voir ce que certains scientifiques disent eux mêmes de leur travail : démarche nécessairement partielle et incomplète, elle ne peut être qu'un moment de la réflexion . - En fait, toute dichotomie n'est qu'un découpage arbitraire qui peut avoir son utilité à un moment donné de l'histoire et être contre-productive par la suite. Il semblerait que la dichotomie « sciences dures/sciences molles » en soit aujourd'hui à ce stade. S'il est vrai que même les « plus dures » des sciences molles (notamment la démographie et l'économie) ne peuvent pas atteindre les critères communément reconnus des sciences, nous verrons que c'est aussi le cas pour la majorité des sciences dures, à un degré moindre pour la physique, mais de manière assez similaire pour bien des domaines en biologie, si bien que, plus qu'une frontière étanche entre les sciences dures et les sciences molles , nous assistons plutôt à des chevauchements entre les deux. - Enfin, nous montrerons que même certaines recherches qui ne répondent à aucun des

critères habituellement retenus pour parler de sciences constituent effectivement et indéniablement des apports scientifiques essentiels.

I) MOLLESSE DES SCIENCES SOCIALES.

Il est extrêmement difficile de poser un jugement unique sur la scientificité des sciences sociales car, malgré leur unité sous-jacente, leur extrême diversité est ce qui frappe le plus. On peut ajouter à cela la très grande diversité des méthodes employées : entretiens et questionnaires (notamment en sociologie), observation participante (ethnologie), construction de modèles formalisés (notamment en économie) rapprochement de données statistiques, expérimentations (psychologie sociale), chaque méthode posant des problèmes particuliers. L'analyse présente va donc reposer sur un nombre restreint de sciences sociales : économie, sociologie, psychologie sociale, ethnologie, démographie,...

Nous commencerons par trois disciplines qui, chacune à sa manière, semblent se rapprocher des canons de la « science classique ».

1) La démographie

- La démographie est la discipline qui a manifestement le plus d'accointances avec les canons de la « science classique » :

- ▶ Les éléments premiers d'analyse que sont les individus sont aisément repérables et quantifiables (un individu est un individu).
- ▶ La démarche est quantifiable. Les mouvements démographiques connaissant une grande inertie, il est possible de faire des prévisions, non pas sur les comportements eux-mêmes (nuptialité, fécondité,...) mais sur les évolutions globales pour un comportement donné.
 - ▶ Il est possible, a posteriori, de contrôler la valeur des prévisions en variant les hypothèses (selon diverses valeurs de l'indice de fécondité, par exemple), ce qui permet de se rapprocher du critère de falsifiabilité.

- Pour autant, les écueils et les limites sont nombreux :

- ▶ Si le relevé de la population est assez fiable dans les pays développés, il est plus qu'approximatif dans les pays en développement, soit pour des raisons d'efficacité des institutions, soit pour des raisons politiques – telle ou telle ethnie ayant intérêt à gonfler le nombre de ses membres – soit pour des raisons socio-économiques (dans le cadre d'une politique de l'enfant unique, on peut cacher la présence d'enfants « surnuméraires »).
- ▶ Il est difficile de faire un suivi diachronique (ou longitudinal). Ainsi, connaître le nombre réel d'enfants par femme suppose, par définition, qu'on attende qu'une cohorte de mères ait atteint l'âge maximum de procréation (en général 49 ans), ce qui donne une information précise sur le passé mais n'est pas forcément utile pour le présent ou le futur. On approxime alors ce nombre réel, la « descendance finale », par un calcul synchronique (la « somme des naissances réduites ») qui a pour caractéristique d'exagérer les mouvements de la descendance finale : ainsi, une baisse régulière de la descendance finale (due, par exemple, à un recul de l'âge à la primonatalité) se traduira par une chute forte de la somme des naissances réduites.
- ▶ L'écueil principal repose sur l'usage public de ces données. Trop souvent, l'indice de fécondité est présenté comme une réalité et le « seuil de renouvellement des générations » comme un chiffre magique qui permettrait de se passer de la réflexion : sommes nous vraiment, en France, en dessous du seuil de renouvellement de la population ? (Si on se réfère à la descendance finale, ce n'est le cas que pour ces dernières années où on atteint un indice de 2,01 enfants par femme). Est-il vraiment nécessaire que le renouvellement se fasse ? La question mérite au moins d'être posée. Par ses références à la population, à la famille, au sol,... la démographie, science la plus dure des sciences sociales draine un torrent de propos plus inspirés par la « pensée magique » ou l'idéologie que par la pensée rationnelle.

2) L'économie.

Le cas de la science économique est emblématique. Longtemps objet de polémiques, l'usage des mathématiques s'y est largement imposé. Cependant, on doit distinguer au moins deux usages des mathématiques. + La confrontation des données statistiques au niveau macroéconomique avec la mise en évidence souhaitable de corrélations permettant de dégager une causalité ou une structure de causalité. + L'élaboration d'un modèle de comportement dans le cadre d'une approche microéconomique. Ces deux approches, fort différentes, peuvent cependant faire l'objet de tentatives de rapprochement.

Cependant, la scientificité de chacune de ces approches peut être questionnée. Dans le cadre de la première démarche : - Le premier problème est celui de la constitution et de la mesure de l'objet d'étude : le PIB n'est pas un élément existant en tant que tel mais le résultat d'une convention sur ce qu'est la « richesse » d'un pays. Problème rendu d'autant plus ardu qu'il y a bien des éléments, comme la production de services, qu'on ne sait en réalité pas mesurer. Il s'agit donc d'un objet construit plus que d'un objet « réel » (mais nous verrons que cette caractéristique est partagée par l'ensemble des sciences). - Le deuxième problème est celui du découpage de la réalité : la réalité sociale ne se laisse pas aisément découper ; où est la limite entre un actif et un inactif ? Un actif occupé et un chômeur ? Là aussi il y a en grande partie affaire de conventions. Ces découpages peuvent donc être divers, ce qui ne simplifie pas les possibilités de comparaison internationale. Mais nous verrons que si la réalité physique se laisse couper aisément, c'est dans des domaines bien spécifiques et que la réalité biologique ne connaît pas non plus de coupures « naturelles » simples.

► Troisième problème : les corrélations ne sont pas simples à faire apparaître. On observera même souvent une absence de corrélations ou des corrélations contradictoires. Ainsi, si on confronte le taux de croissance économique et le niveau des prélèvements obligatoires, on obtient une corrélation positive sur le siècle et une corrélation négative sur les années 1974-2000. Les comparaisons internationales ne sont pas plus simples puisqu'on peut obtenir une corrélation négative ou une absence de corrélations suivant les pays choisis et la période de référence. - A supposer qu'une corrélation soit mise en évidence, reste à établir la structure de causalité : est-ce l'augmentation des prélèvements obligatoires qui entraîne un ralentissement de la croissance ou le ralentissement de la croissance qui, par l'augmentation des dépenses sociales qu'il occasionne, implique un accroissement des prélèvements obligatoires ? Ou bien les deux phénomènes sont-ils dus à un troisième facteur caché ? Ou encore, sont-ils indépendants, le ralentissement de la croissance étant lié à la crise et l'augmentation des prélèvements obligatoires au vieillissement de la population ? Aucune causalité n'apparaîtra clairement : il est alors possible d'avoir recours à un arsenal mathématique où on fait varier des données en supposant d'autres données fixées. Mais cela suppose un certain nombre d'hypothèses dont il faudrait vérifier la validité, ... s'entame ainsi une régression à l'infini.

L'autre démarche consiste à établir une modélisation du comportement humain, supposant un grand nombre d'hypothèses très restrictives. Dans le cas de l'analyse du consommateur, par exemple, ce sera l'hypothèse de rationalité, de transitivité des préférences, d'absence d'interactions entre agents, ... On a affaire, dans le cadre de cette approche hypothético-déductive, à une forme légitime de réductionnisme et, formellement, les conclusions de ce type de modélisation ne vaudront que dans le cadre de ces hypothèses fortement restrictives et parfois peu réalistes. Mais nous verrons que les physiciens ne procèdent pas autrement.

3) La psychologie sociale.

Le recours à l'expérimentation, bien qu'il ait été reconnu par le prix Nobel décerné à Kahneman et Tversky, reste peu développé en économie mais il est largement utilisé en psychologie sociale. Dans cette dernière discipline, l'expérimentation peut prendre plusieurs formes : réponse à des questionnaires, soumission à une épreuve annoncée comme fictive, soumission à une épreuve supposée réelle (expérience en laboratoire ou sur le terrain) . Dans tous les cas les expérimentateurs veillent à contrôler les variables en jeu et à le faire de façon à aller dans le sens du résultat cherché ; on cherche alors à se rapprocher de la clause « ceteris paribus » (« toutes choses égales par ailleurs »). En général, on utilise également un groupe témoin non soumis à l'expérimentation de façon à bien mesurer les différences significatives entre la situation témoin et la situation d'expérimentation. Enfin, dans un grand nombre de cas, on fait en sorte que l'individu ne sache pas sur quel problème il va être expérimenté de façon à ce qu'il n'adapte pas son comportement en fonction de l'objet de l'expérimentation ; ainsi, la fameuse expérience de Milgram sur la soumission à l'autorité est présentée comme une expérience portant sur les capacités de mémorisation.

Les critiques généralement faites à ce type d'approche sont les suivantes : a) Est on sûr que le comportement dans le cadre d'une expérimentation en laboratoire reflète le comportement quotidien ? Ce problème est levé en manipulant les données contextuelles : ainsi, l'expérience de Asch, sur la tendance au conformisme, porte sur une question anodine (la longueur d'un dessin) ; on peut donc supposer que la tendance au conformisme, mise en évidence dans cette expérimentation, sera beaucoup plus forte dans la vie quotidienne où le conformisme porte sur des problèmes plus importants. b) Les individus étant tous différents par leur passé personnel, leur histoire, leur(s)

catégorie(s) d'appartenance,...comment peut on en tirer des conclusions générales sur leur comportement ? D'une part, il peut être possible d'évaluer l'importance de telle ou telle variable, d'autre part la multiplication des expérimentations et des variantes mises en œuvre permet de gommer partiellement ces facteurs personnels et de donner un poids plus grand aux facteurs contextuels. L'expérience de Milgram nous permet encore de mettre cela en évidence : les individus n'ont pas tous présenté le même degré de soumission à l'autorité ; parfois on ne peut qu'invoquer une « personnalité » (du coup, impossible à définir). Dans d'autres cas, on peut inférer certaines variables personnelles : ainsi, il apparaît que les individus ayant fait des études supérieures (notamment scientifiques) sont plus à même de remettre en cause la légitimité supposée de l'expérimentation ainsi que l'autorité de la science. Dans un cas particulier, le fait qu'une jeune femme ait passé sa jeunesse dans l'Allemagne nazie lui a permis de résister à l'autorité de l'expérimentateur. Cependant, la multiplication des variantes a permis de montrer que c'est beaucoup plus le contexte de l'expérimentation que les variables personnelles des individus qui expliquent la soumission, à l'autorité. On se rapproche alors des exigences scientifiques. c) Les conditions de recrutement des cobayes (notamment d'étudiants ou par petites annonces,...) ne risquent elles pas de provoquer des biais ? On voit en tout cas qu'il est difficile de juger de la scientificité des sciences sociales, même « les plus dures », tant les situations sont diverses. Mais on ne peut pas non plus les juger dans l'absolu en fonction de critères idéaux. Il semble plus raisonnable de juger de leur scientificité au regard des « sciences dures », notamment les sciences physiques et la biologie.

II) LES MATHÉMATIQUES, IMAGE DES « SCIENCES DURES ».

- Les mathématiques représentent, dans l'esprit du grand public, l'image même des « sciences exactes ». Il est vrai que par la vertu de leurs caractères analytiques et déductifs, elles ont imprégné l'ensemble des autres disciplines. Mais, comme l'indique René Thom (Thom – 1982) , son efficacité est bien diverse selon la discipline concernée : en effet, d'après lui, les mathématiques s'appliquent parfaitement bien à la physique fondamentale et aux grandes lois classiques en physique mais dès qu'on s'éloigne de ce domaine relativement étroit, son efficacité décline rapidement. Ainsi en mécanique quantique les mathématiques sont difficilement applicables et beaucoup de lois empiriques en physique du solide n'ont pas d'expression mathématique précise. De même, en chimie, l'interaction entre deux molécules un peu complexes échappe à une description mathématique précise. En biologie, à l'exception de la génétique des populations et de la génétique formelle, les mathématiques se réduisent à la modélisation de quelques situations locales (Thom – 1982) . Enfin, en sciences sociales, il s'agit surtout de l'utilisation de statistiques, de matrices et de graphes à l'exception de certains secteurs de l'économie dont nous avons déjà parlé. - Une explication de cette situation nous est fournie par le physicien Etienne Klein qui, reprenant Kepler, nous rappelle que « l'esprit du physicien découpe dans le réel seulement ce qu'il peut ensuite saisir par des lois mathématiques » et, reprenant Feynman, « La physique est mathématique non pas parce que nous en savons beaucoup sur le monde physique, mais au contraire parce que nous en savons fort peu. Seules les propriétés mathématiques du monde nous sont accessibles, dit Feynman, et la puissance de la physique vient précisément de ce qu'elle a su limiter ses ambitions à des questions qui sont mathématisables ». Et, bien qu'il montre les avancées permises par les mathématiques, aussi bien en biologie qu'en économie, il conclut en ces termes : « Autrement dit, toute mathématisation ne signifie pas nécessairement un accroissement de la maîtrise que l'on peut avoir sur les phénomènes, notamment dans les sciences humaines » (KLEIN). Il est donc clair que si les mathématiques peuvent être un outil puissant pour l'analyse scientifique, son usage est loin d'en faire un garant de la scientificité de la discipline. Il y a cinquante ans déjà, Pitrim Sorokin avait consacré un ouvrage entier à ce problème et aux dangers de la « quantophrénie » (Sorokin - 1956).

III) PHYSIQUE ET SCIENCES SOCIALES.

A) REALITE DE LA PHYSIQUE ?

- Il est difficile pour un néophyte et bachelier « non scientifique » de s'attaquer au problème de la scientificité de la physique aussi j'utiliserai pour l'essentiel un ouvrage de vulgarisation de Pablo Jensen, physicien au CNRS : « Des atomes dans mon café crème » (Jensen – 2001). - Ce que dit Jensen c'est que les physiciens n'observent pas la réalité pour en tirer des théories mais construisent des modèles qui sont autant de grilles de lecture de la réalité. Il compare ces modèles à des filets de pêcheurs dont les mailles, suivant leur écartement, retiendraient certains poissons et en laisseraient passer d'autres. Donc, une bonne partie de la réalité physique échappe aux modèles élaborés par les

physiciens ou, pour le dire autrement, les modèles physiques ne permettent de découvrir que ce qu'on y a mis au préalable. Les sciences physiques apparaissent donc comme essentiellement hypothéticodéductives mais comment les physiciens élaborent ils ces modèles ? Quelle est la part de subjectivité et d'intuition dans leur construction ? Importante si on en croit un des plus connus d'entre eux : « La science, considérée comme un ensemble accompli de connaissances, est la production humaine la plus impersonnelle ; mais, considérée comme un projet qui se réalise progressivement, elle est tout aussi subjective et psychologiquement conditionnée que n'importe quelle autre entreprise humaine » (Einstein - cité par Thuillier – Thuillier – 1988). Egalement : « Les concepts physiques sont des créations libres de l'esprit humain et ne sont pas, comme on pourrait le croire, uniquement déterminés par le mode extérieur. Dans l'effort que nous faisons pour comprendre le monde, nous ressemblons quelque peu à l'homme qui essaie de comprendre le mécanisme d'une montre fermée » (Einstein – Infeld : « L'évolution des idées en physique » – 1981) . - On peut illustrer cette démarche avec la conception de l'atome développée par les chercheurs en physique. - Les physiciens ont besoin d'avoir des données stables sur lesquelles ils peuvent travailler afin de pouvoir établir des lois simples quasiment sur le modèle de la géométrie pure et des mathématiques. Il leur faut donc des « atomes bien dressés », à la fois semblables et indépendants. Dans la « réalité », les interactions entre atomes sont nombreuses et complexes et n'autorisent pas de calculs ; on peut alors adopter deux démarches possibles : soit ignorer l'existence d'interactions, soit faire comme si l'atome était confronté à un milieu homogène (dans ce dernier cas, on fait comme si les interactions se réduisaient à des sommations). - Une deuxième source de complexité est que les atomes ne sont pas tous semblables ; les physiciens ont donc besoin de travailler sur un atome « idéal ». - Ils adoptent également un principe de base selon lequel un corps tend à se placer dans l'état où sa dépense d'énergie est la plus faible.

► De même, les physiciens ont besoin d'utiliser un modèle de « gaz parfait » ou des « métaux parfaits » exempts d'impureté (ce qu'on ne retrouve pas dans la nature). Jensen rappelle également que la fameuse tripartition des corps – liquides, solides, gazeux – que nous avons tous appris à l'école est une représentation d'états limites qui sont loin de correspondre aux cas les plus courants, la plupart des corps se retrouvant dans des situations intermédiaires : la colle ou le miel qui ne sont ni liquides ni solides, la farine, la mousse, le beurre mou,...

► On voit donc que les physiciens ne travaillent pas sur la réalité mais sur des modèles idéalisés (qui ne sont pas autre chose qu'un « ideal-type ») et en faisant cela, ils s'éloignent de la réalité pour mieux l'appréhender. Cela n'est cependant possible que parce que la réalité physique se laisse aisément découper en tranches, découpage qui est autant, sinon plus, le résultat d'une volonté des chercheurs qu'une propriété du réel. Cependant, certains phénomènes physiques échappent à cette approche, par exemple quand les impuretés du métal sont déterminants et quand les structures sont trop complexes au niveau atomique (cas de la « turbulence de l'eau »).

B) LA PHYSIQUE CLASSIQUE, MATRICE DE L'ECONOMIE NEOCLASSIQUE.

Dans son livre, Jensen déplore que de trop nombreux physiciens finissent par croire que leur monde idéal est le monde réel. Il s'inquiète également de la trop grande notoriété de sa discipline qui pourrait aboutir à ce que les méthodes en sciences physiques puissent être appliquées sans discernement dans d'autres disciplines. « Le danger est de vouloir extrapoler cette méthode à d'autres domaines (...) ou encore de penser que toute connaissance peut être plaquée sur le modèle de la physique, comme certains économistes qui ont tenté de fonder une « physique sociale » (Jensen – 2001- pages 243-244) . Ce danger, annoncé par P. Jensen est effectif depuis un bon siècle. En effet, les propos de Jensen ne peuvent pas ne pas faire écho chez l'économiste : la microéconomie du consommateur ou du producteur ne retient elle pas un « agent-atome » idéalisé, semblable à tous les autres ? Cet agent n'a-t-il pas pour seule action que de minimiser ses coûts ou sa dépense d'énergie ? On retrouve ici la représentation de « l'atome bien dressé » des physiciens. De plus, on sait que la fameuse possibilité de passage du niveau micro au niveau macro suppose que les interactions se réduisent à une sommation sinon, comme dit Keynes, « There's no bridge » ; de même, l'analyse physique classique suppose l'absence d'interactions entre les atomes.

C) LA PHYSIQUE AU SECOURS DE LA SOCIOLOGIE ?

Si certains économistes ont tenté d'appliquer les principes de la physique classique à l'analyse économique, certains physiciens, également, ont cherché à faire bénéficier les sciences sociales des apports de la physique. Un exemple récent nous est donné par B. Roehner, physicien et fondateur de

« l'éconophysique », discipline cherchant à jeter un pont entre les sciences physiques et la « physique sociale ». Ayant déjà travaillé sur les problèmes économiques et notamment financiers, il s'attaque à la sociologie dans son ouvrage « Cohésion sociale » (Roehner – 2004).

1) Les principes de travail. Ici, le propos tranche avec celui de Jensen car la première référence faite concerne l'observation ; l'auteur commence par poser le problème en prenant l'image d'une canne dont on cherche à tester la solidité avant de pouvoir en déterminer les composants et les raisons de sa , ou de sa non, solidité. De même, il pense qu'il est possible de tester la cohésion sociale d'un groupe ou d'une communauté en s'intéressant à ses réactions face à une agression. Roehner considère également que la cohésion sociale n'est pas une donnée statique mais une donnée dynamique qu'on découvre en réponse à certains chocs : une invasion, une défaite militaire, une catastrophe naturelle,...sont autant de chocs qui devraient provoquer un rapprochement des individus touchés ; l'ampleur de ce resserrement permettra d'avoir une idée de l'importance de la cohésion sociale. Pour mesurer l'importance de la cohésion, Roehner doit pouvoir faire des comparaisons, notamment internationales, ce qui oblige à retenir l'hypothèse selon laquelle les hommes sont partout les mêmes. Pour avoir une idée des réponses aux chocs externes, Roehner utilisera quelques grands magazines et Internet ; certes, ces sources sont fragiles mais elles permettent de relever des données qu'on ne trouvera pas dans les statistiques officielles et elles constituent un progrès par rapport à la seule utilisation des journaux.

2) Critiques Louable tentative mais on voit qu'on est bien loin de l'idéal de l'expérimentation en physique :

- ▶ Les expériences de « chocs » sont observées après coup et n'ont pas été établies dans un contexte « neutre ».
- ▶ Donc on peut difficilement comparer deux chocs puisque ceux-ci ne se feront pas dans un même contexte.
- ▶ Les instruments d'observation (journaux, Internet,...) n'ont pas la qualité des instruments utilisés en sciences physiques.

3) Une sociologie classiquement positiviste. Tout au long de la lecture de l'ouvrage de B. Roehner, la référence à Durkheim (qu'il cite à l'occasion, éventuellement de façon erronée en ce qui concerne les deux formes de solidarité) est patente :

- ▶ Comparer la cohésion sociale à une canne dont on testerait la solidité n'est pas dire autre chose que les faits sociaux doivent être analysés comme des choses.
 - ▶ De même, l'idée selon laquelle on peut analyser la cohésion sociale comme la réponse à des chocs majeurs renvoie directement à l'analyse du crime chez Durkheim, le crime ayant pour fonction de réanimer les valeurs de la société et la solidarité sociale (Durkheim - un crime particulièrement odieux peut tout à fait être assimilé à un choc majeur, pensons au choc qu'a été l'affaire Dutroux et à l'effet qu'elle a eu sur la cohésion sociale en Belgique).
 - ▶ Il y a cependant une différence avec Durkheim ; alors que ce dernier passe beaucoup de temps à définir un phénomène avant d'en entreprendre la mesure, B. Roehner estime que la mesure et définition doivent être élaborées conjointement. L'approche de B. Roehner est tout à fait intéressante et il faut en retenir les apports mais il ne faut pas non plus se leurrer sur le caractère novateur de son travail car on reste tout à fait dans la lignée des approches du 19^{ème} siècle, notamment durkheimiennes. Il n'y a d'ailleurs pas lieu d'être surpris quand on sait que Durkheim se situait dans une lignée positiviste (avec des nuances par rapport à Comte, par exemple) et considérait qu'il y avait une seule approche commune à toutes les sciences ; le modèle de la science étant la physique classique, il n'est pas très étonnant que la tentative de B. Roehner retrouve le sillon durkheimien.

IV) BIOLOGIE ET SCIENCES SOCIALES.

Les « sciences de la vie », et plus précisément la biologie, apparaissent également comme scientifiques et ce, de façon incontestée dans le « grand public ». Cependant, on peut considérer qu'elles se situent à la frontière entre les « sciences naturelles » (donc supposées « dures ») et les « sciences de la vie » (donc proches des sciences humaines). Ainsi, leurs liens avec les sciences sociales, et notamment avec la sociologie, sont anciens et faits d'échanges mutuels mais elles connaissent aussi de nombreux liens avec la physique et la chimie. Tout ceci confère aux sciences de la vie (et notamment à la biologie) une position bien particulière, entre les sciences physiques d'une part et la sociologie, d'autre part. Alors, s'agit-il d'une science « dure » ou est elle, comme le dit le titre d'un livre récent, une science

humaine ? (Fabre-Magnan & Moullier – 2004). Nous verrons ici que les liens avec les sciences physiques ont pu constituer à la fois un facteur d'évolution et un frein aux progrès de cette science.

A) BIOLOGIE ET SCIENCES PHYSIQUES.

1) Pour Amzallag (2002), deux éléments réduisent les capacités de progrès de la biologie :

- ▶ La soumission à la technique qui fait que l'application prend le pas sur l'explication. A en croire A. Pichot (1999), c'est la situation dans laquelle on se trouve aujourd'hui : la biologie moléculaire se trouverait dans une impasse théorique que l'on cherche à masquer par les applications, ou les promesses d'application, génétiques.

- ▶ La physique étant la « reine des sciences », les biologistes ont cherché à l'imiter et cette soumission qui fut d'abord un facteur de progrès constitue maintenant un frein à l'avancée du savoir.

2) En quoi cela constitue-t-il des freins aux progrès de la connaissance en biologie ?

a) En premier lieu, cela pousse à développer les approches compatibles avec les démarches en sciences physiques (comme le mendélisme), ce qui fit prendre du retard à d'autres démarches (comme les problèmes d'hérédité non génétique). De même, certains problèmes comme l'analyse du cerveau ne se plient pas au paradigme des sciences physiques.

b) En effet, plus fondamentalement, les approches dominantes en physique impliquent de retenir certaines caractéristiques comme le déterminisme, le réductionnisme et la réversibilité. Cependant, les lois, calquées sur les lois physiques, fonctionnent pour des phénomènes linéaires mais ceux-ci sont rares en biologie. De plus, la diversité des unités biologiques ne favorise pas la constitution de ces lois. Les physiciens peuvent adopter une option réductionniste parce que la « réalité physique » se laisse aisément découper en tranches, situation qu'on trouve plus difficilement en biologie où il est difficile de distinguer les différents niveaux d'organisation. Par ailleurs, la biologie est caractérisée par l'importance des cas de causalité redondante où, par exemple, un même gène peut être lié à plusieurs phénotypes et où des gènes différents peuvent aboutir au même phénotype. Expérimentalement, on voit l'expression de cette causalité redondante quand, à la suite de l'inactivation d'un gène lié à un phénotype, le phénotype s'exprime quand même (il est donc lié à d'autres gènes). Enfin, les physiciens retiennent aisément le postulat de l'interaction nulle, difficilement applicable en biologie.

c) Ainsi, la causalité linéaire que constitue le « paradigme classique » en biologie (« Un gène ⇒ une protéine ⇒ une fonction »), paradigme porté notamment par le prix Nobel Watson, a pu favoriser le développement de la biologie moléculaire mais constitue aujourd'hui un frein à la recherche (Atlan – 1999). Comme nous l'avons vu, il y a des cas de causalité redondante où un gène peut participer à des fonctions différentes dans un organisme.

B) BIOLOGIE ET SCIENCES HUMAINES : L'EXEMPLE DE LA GÉNÉTIQUE DU COMPORTEMENT.

1) **Principes** Ces problèmes que la logique de la démarche en physique impose à la biologie apparaissent encore plus clairement quand on se dirige vers le pôle « science humaine » de la biologie. L'ouvrage de P. Roubertoux sur la génétique du comportement nous en donne de bonnes illustrations (Roubertoux – 2004). Dans cet ouvrage, l'auteur remplace l'idée de causalité linéaire par ce qu'il appelle une « causalité dégradée », c'est-à-dire la prise en compte de plusieurs effets :

- ▶ effets de redondance : plusieurs gènes participent à une même fonction.
- ▶ Succession d'effets à travers les divers niveaux d'organisation : un gène n'aura pas nécessairement un effet direct sur un phénotype mais peut agir sur d'autres gènes qui sont en lien avec ce phénotype (actions « en cascade »).

- ▶ Effets d'interaction des gènes entre eux.

Le lien entre un gène et un phénotype devient alors problématique et ne correspond plus à la simplicité du « paradigme classique » (« un gène ⇒ une protéine ⇒ un phénotype »). Il est d'ailleurs notable que, même si Roubertoux utilise le terme de « causalité », il n'écrit jamais qu'un gène détermine ou est la cause de tel ou tel phénotype mais qu'il participe à l'expression d'un phénotype donné.

2) **Inné et acquis** Travaillant sur la génétique du comportement, Roubertoux est confronté au problème classique de l'opposition entre gènes et environnement, opposition qui, pour lui, tient plus d'une approche magique que scientifique : gènes et environnement étant l'un et l'autre difficiles à définir et entretenant des liens d'interaction réciproques, on ne peut guère répondre à la question de

savoir quelles sont les parts respectives de la génétique et de l'environnement dans la genèse d'un comportement. Pour lui, la vraie question est de savoir comment un gène participe à l'émergence d'un phénotype comportemental. Mais pourquoi l'opposition entre gènes et environnement a-t-elle pris tant d'importance ? Il faut chercher la réponse, entre autres, dans le calcul de l'héritabilité qui ne peut se faire que si on suppose que gènes et environnement sont indépendants. Cette indépendance est donc une propriété du modèle adopté et non une réalité. Roubertoux le montre excellemment à partir d'expériences sur l'agressivité des souris. Il s'agit alors de sélectionner des lignées de souris dont un ou des gènes susceptibles d'être liés à l'agressivité ont été invalidés. Mais d'un laboratoire à l'autre, on obtient des résultats différents car ceux-ci sont influencés par les conditions d'élevage des souris. Si on élève des souris en groupes de même lignée, on produira des effets de domination. Si on élève les souris isolément, on élève le taux de stress de cinq à six fois ; du coup, on ne sait pas si on mesure l'agressivité ou le résultat des conditions d'élevage. Ainsi, avec les mêmes lignées de souris, Roubertoux obtenait des résultats opposés à ceux du laboratoire américain de Maxson mais dans ce dernier, les souris étaient élevées seules alors que Roubertoux les élevaient en couples. Lorsque Roubertoux utilise les mêmes conditions d'élevage que Maxson, il obtient des résultats semblables. Il apparaît donc que s'il y a des allèles liés au comportement d'agressivité, il faut aussi tenir compte de la manière dont la souris a été élevée, du comportement de l'adversaire, du territoire en jeu,...

3) Génétique du comportement chez les humains. Le problème de la génétique du comportement appliquée aux humains n'en est que plus complexe. Dans ce domaine, les comparaisons de jumeaux monozygotes (issus d'un même œuf) sont généralement considérées comme une situation idéale d'expérimentation. En effet, ceux-ci partageant le même patrimoine génétique, toute différence dans le comportement de monozygotes élevé séparément pourra être mise sur le compte de facteurs environnementaux. Mais, en réalité, il existe de véritables différences génétiques entre jumeaux monozygotes :

► Il y a des différences liées à l'ADN mitochondrial.

- Les phénomènes « d'épissage alternatif » font que l'ADN nucléaire n'est pas forcément identique chez les deux jumeaux.
- L'environnement prénatal peut différer notamment parce que les enveloppes placentaires (chorion et amnios) peuvent différer chez certains monozygotes en fonction du moment de la division du zygote.

V) EN GUISE DE SYNTHÈSE.

A) LA PLACE DE LA MÉTAPHORE DANS LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

1) La métaphore est inévitable. Dans les sciences de la vie comme dans les autres sciences, les métaphores sont légion. Pour Lewontin (Lewontin – 2003), elles sont obligatoires dans les processus de recherche mais le danger serait qu'on n'en reconnaitrait pas la présence : ainsi, la « biologie du développement » contient déjà la métaphore du « développement », de ce qui se « déplie », impliquant une vision préformationniste ; les termes d'adaptation et de niche écologique supposent, eux, que l'organisme et l'environnement sont indépendants. On pourrait trouver sans difficultés des équivalents dans les sciences sociales : le terme « développement » appliqué aux pays du même nom suppose aussi une optique préformationniste ; on sait également que le structuralisme de Lévi-Strauss s'est fondé sur le structuralisme linguistique de Saussure et que l'équilibre général de Walras est un « copié-collé » de la physique classique. De la métaphore, on peut également passer à la comparaison dont les objectifs seront moins scientifiques que propagandistes. Ainsi, on ne peut être que surpris qu'un même moment de la transition démographique soit qualifié de « révolution démographique » quand il s'agit, de pays développés aux 18^{ème} et 19^{ème} siècle et « d'explosion démographique » quand il s'est agi de pays en « voie de développement ».

2) Des échanges continuels. - Les liens épistémologiques et méthodologiques qu'entretiennent les sciences de la vie et les sciences sociales sont nombreux. Les sciences sociales, et notamment la sociologie, ont emprunté nombre de concepts venus des sciences de la vie – organisation, développement,...- concepts qui sont autant de métaphores. Mais on sait que les emprunts sont allés également dans l'autre sens : ainsi la sociobiologie est en grande partie une application du modèle néoclassique au domaine du vivant. Plus clair encore est le fait que Darwin ait trouvé l'idée de sélection des plus aptes dans les écrits de Malthus. Quant au fameux concept d'évolution, il était déjà présent chez d'autres auteurs, Lamarck notamment, et dans d'autres disciplines (Spencer,

Condorcet,...). - Il faut noter qu'avec Darwin, nous ne sommes pas tant dans le domaine de l'observation, de l'expérimentation et de la réfutation que dans celui de l'élaboration d'un schéma d'analyse imaginé (ce qui ne signifie pas qu'il soit forcément irréel). Il est d'ailleurs remarquable que Popper ait tant tergiversé à propos du darwinisme avant d'en tirer la conclusion qu'il ne s'agit pas d'une théorie scientifique mais d'un paradigme permettant le développement d'autres analyses et recherches. Un des deux piliers de la biologie moderne, le darwinisme, ne relèverait donc pas de la « science » ?

► Mais qu'en est-il du deuxième pilier, le mendélisme ? Selon le discours commun, il peut être qualifié de démarche scientifique puisqu'il repose sur des expérimentations, les résultats sont quantifiés et vérifiables, et ils font apparaître le rôle essentiel des gènes.

► En fait, cette présentation classique mériterait d'être nuancée (Amzallag – 2002) : on sait que Mendel a arrangé ses résultats pour qu'ils soient plus conformes à ce qu'il voulait démontrer, et qu'il a largement simplifié les différences entre pois lisses et pois ridés, différences qui n'étaient pas toujours évidentes. Enfin, il est inexact de dire que Mendel a fait apparaître le rôle des gènes ; il n'a fait apparaître que la transmission de phénotypes (lisses, ridés, jaunes et verts) et ce n'est qu'ultérieurement qu'on a substitué l'idée de gène à celle de phénotypes.

► Enfin, le discours commun prétend que la « vraie science » est cumulative : chaque avancée nouvelle élimine les certitudes précédentes et nous allons toujours vers plus de vérité sans jamais revenir en arrière. C'est là un des arguments employés pour enlever toute scientificité aux sciences sociales et à l'économie qui connaîtraient constamment des retours de théories autrefois oubliées (comme le retour de la théorie quantitative à travers le monétarisme de Friedman). Pourtant, il semblerait que ce ne soit pas aussi simple en biologie : en effet, de nombreux biologistes se posent la question de l'hérédité non génétique (ou épigénétique), idée qui fut abordée aux temps de Lamarck puis délaissée à la fois sous la pression du darwinisme (à la nuance près que Darwin ne rejetait pas l'idée d'hérédité des caractères acquis) et du modèle linéaire de la physique classique (voir supra).

B) SCIENCES DURES ET SCIENCES MOLLES.

La coupure classique entre « sciences dures » et « sciences molles » et, a fortiori entre « sciences » et « non sciences » a-t-elle alors un sens ? Nous verrons ici que s'il y a des nuances à faire (il y a effectivement un gouffre entre la physique classique et l'observation participante des sociologues), l'hypothèse de la coupure entre deux camps n'est pas tenable et doit laisser place à une vision « continuiste » où on pourrait établir les diverses disciplines scientifiques sur une (voire plusieurs) échelle.

1) Des ressemblances entre les sciences. De ce rapide survol de trois grandes disciplines ou familles de disciplines – physique, biologie, sciences sociales- on peut dégager le fait que dans tous les cas, le chercheur a besoin de travailler sur un objet normalisé : ce sera l'atome bien dressé des physiciens ou l'homoeconomicus des économistes. Dans les travaux de génétique du comportement, les jumeaux monozygotes tiendront ce rôle bien qu'ils ne soient pas toujours exactement semblables génétiquement. La physique, comme l'économie et la sociologie, travaille sur des « idéal-type » : le « gaz parfait » ou le métal parfait en physique, le marché de concurrence pur et parfaite en économie et on peut se demander si le paradigme classique en biologie (« un gène ⇒ une protéine ⇒ une fonction ») ne tient pas le même rôle. Enfin, dans les trois disciplines on retrouvera la tendance à éliminer les effets d'interaction, quitte à essayer de la réintégrer par la suite (dans le cadre de la théorie des jeux par exemple).

2) Des échanges constants entre les sciences avec une domination de la physique classique.

Les échanges entre disciplines ont été constants et se sont notamment faits sous formes de métaphores : la physique a fourni la notion d'équilibre à l'économie, la biologie, la notion d'organisation (Guillot – 2000) et l'économie a fourni le concept de division du travail à la biologie. Finalement, la physique a légué, aussi bien à la biologie qu'à l'économie néoclassique, trois principes de base –le réductionnisme, la réversibilité et la causalité linéaire – ce qui n'est pas sans poser problèmes. En effet, la réversibilité, qui aboutit en économie à l'analyse statique des néoclassiques ne permet pas de prendre pleinement le poids de l'Histoire. De même, la causalité linéaire est de plus en plus abandonnée en biologie. Quant au réductionnisme, qui est toujours pratiqué par n'importe quelle science, il est le produit d'un choix du chercheur mais il est plus ou moins bien adapté à l'objet étudié.

Ainsi les niveaux d'organisation se laissent mieux découper dans le cas de la physique que dans le cas de la biologie, de l'économie ou de la sociologie.

3) Des sciences « aux confins de la scientificité » ? Nous avons donc vu que même les sciences parmi les plus dures peinent parfois à atteindre les impératifs de la « vraie science » et que certaines sciences supposées molles ne sont pas si éloignées des premières. Mais toute une catégorie de recherche en sciences sociales, notamment en sociologie, sont fort éloignées de cet idéal de scientificité. Que l'on songe aux travaux fondés de Goffman fondés sur l'observation participante (« Asiles ») ou sur le recours à diverses sources telles que les lettres ou les articles de magazine (« La présentation de soi dans la vie quotidienne ») ; on peut également faire référence au recours aux histoires de vie (« Le paysan polonais » de Thomas et Znaniecki), aux entretiens (DeSingly) ou aux travaux de terrain effectués par une équipe (« La métamorphose de Plozevet » d'Edgar Morin ou « Les chômeurs de Marienthal » de Lazarsfeld). On peut enfin penser à l'ouvrage de Stéphane Beaud et Younès Amrani, « Pays de malheur ». Si l'on s'en tient aux « canons de la science classique », ces divers travaux ne peuvent être que qualifiés de « non scientifiques » : il n'y a par exemple ni de mise en évidence de « lois universelles », ni de prévisions possibles. Il n'y a pas non plus de « mise à distance » de l'observateur et de l'objet d'étude (et, bien au contraire, une recherche de « réflexivité ») et évidemment pas de mathématisation. Dans ces conditions, comment pourrait-on différencier ces travaux de sociologues des romans de Balzac ou de Zola ou d'œuvres cinématographiques comme celles de Ken Loach ? D'abord, ces démarches visent à prendre en compte les aspects qualitatifs d'une situation et notamment la subjectivité de l'acteur mais cela n'empêche pas de conserver l'idée d'objectivité dans la recherche. Si on conserve la définition simple de Merton selon laquelle « Est objectif ce qui est valable pour tous », on peut en tirer l'idée que face à un discours ou à l'observation d'une situation, tout chercheur muni des mêmes outils d'analyse devrait aboutir à des conclusions, sinon semblables, du moins convergentes. Par exemple, la confrontation des propos de Goffman sur le handicap (« Stigmate ») et de l'autobiographie de Robert Murphy (« Vivre à corps perdu ») amène à des convergences telles qu'on peut se demander si on ne se rapproche pas de quelque chose « d'objectif » malgré le fait qu'on ne confronte que quelques témoignages. Cependant, certains travaux peuvent prêter le flanc à la critique. On peut, par exemple, se référer au livre « Les Iks » de Colin Turnbull (TURNBULL – 1997) dont la vision désespérée tranche totalement avec le court texte de son collègue, présenté dans la post-face. On peut se demander alors si ce n'est pas la subjectivité de l'ethnologue qui nous est présentée au cours de ces cent et quelques pages. Ensuite, certains travaux tranchent avec la volonté de « scientificité » par le recours à la « réflexivité du sujet ». Cela semble particulièrement net pour le livre de Beaud et Amrani puisque tout ce qui va à l'encontre des canons de la science cités en début d'article se retrouve ici : travail sur un seul élément (un seul interlocuteur), prise en compte de la subjectivité de l'acteur mais aussi de celle de l'auteur, biais de sélection maximum de la personne interrogée,... mais un intense travail de réflexivité (qui correspond bien aux exigences de la sociologie actuelle) ; donc on pourrait en conclure qu'il y a d'innombrables défauts qui éloigneraient ce travail du « travail scientifique » mais ce serait ne pas tenir compte du fait que ce travail s'intègre dans un corpus de recherches déjà important et qu'il apporte un incontestable gain de connaissance par rapport au seul sens commun.

4) Légitimité de la dichotomie « dur/mou » ? Cette dichotomie, la plus imagée, recouvre un ensemble d'autres dichotomies : « Sciences exactes ou expérimentales/ sciences sociales », « sciences de la matière/sciences de l'esprit »,... Ces dichotomies, comme toute dichotomie, ne sont pas une propriété de la nature mais le résultat d'une construction sociale qui a pu avoir son utilité mais ne l'a probablement plus aujourd'hui. Quels reproches peut-on leur faire ? Premièrement, qu'il n'y a pas d'homogénéité totale au sein des deux camps : la biologie est difficilement réductible à la physique et la physique aux mathématiques. De même, les approches sociologiques qualitatives ne sont pas réductibles à un économisme uniquement quantifiable. Deuxièmement, les chevauchements entre les deux « camps » sont nombreux : par exemple, la génétique du comportement et la psychologie sociale expérimentale sont véritablement à la frontière des « deux types de sciences ». Troisièmement, certaines disciplines apparaissent comme des « intrus » dans leur camp : la démographie, science sociale, a tous les attributs d'une science dure et les travaux sur la génétique du comportement ressemblent souvent à s'y méprendre à une science molle. Il n'est pas pour autant question d'en déduire qu'il y aurait une indifférenciation totale entre toutes ces disciplines. En revanche, il est possible de les comparer à partir de quelques axes : possibilités de quantification ou non, possibilités

d'expérimentation ou non, capacité à éliminer les « éléments perturbateurs » dans l'expérimentation,...

5) En guise de conclusion : qu'est ce qu'une approche scientifique ? Finalement, les critères pour déterminer ce qu'est une approche scientifique sont si nombreux et contradictoires que si on les appliquait tous strictement, on peut se demander quelle discipline pourrait en réussir l'examen (à l'exception peut être de la géométrie). Cependant, les réussites incontestables des mathématiques et de la physique ont fait que leurs principes ont peu à peu déteint sur les autres disciplines scientifiques (notamment la biologie et les sciences sociales) et, au delà d'effets positifs, cela a eu un effet pervers dans le discours social sur la science selon lequel ne serait scientifique que tout ce qui correspondrait à ces critères supposés des « sciences dures » ; le reste, n'étant pas science, pourrait alors relever du sens commun. C'est probablement par ce mécanisme (et par une présence encore trop récente dans l'institution scolaire) que l'économie et la sociologie sont si aisément invalidées puisqu'elles ne pourraient faire l'objet d'expérimentations et qu'elles sont incapables de prévisions et c'est probablement par ce mécanisme qu'on a tant de mal à les extirper du seul discours de « sens commun ». Mais pour dépasser ces problèmes, il ne suffit pas de montrer que les « sciences sociales » peuvent être scientifiques, il faudrait aussi que le « grand public » prenne conscience que l'image que l'on se fait de « La Science » relève probablement plus de l'idéal (et peut être de la « pensée magique ») que de la pratique quotidienne des scientifiques.

Ce texte est également disponible sur le site SES de l'IUFM d'Aix-Marseille.

BIBLIOGRAPHIE.

- ▶ AMZALLAG G.N. - 2002 - « La raison malmenée – De l'origine des idées reçues en biologie moderne » - C.N.R.S. Editions.
- ▶ ATLAN H.- 1999 - « La fin du tout génétique – vers de nouveaux paradigmes en biologie » - Editions I.N.R.A. – Coll. « science en question ».
- ▶ BARTHOLDY – 1978 - « La science »- Magnard.
- ▶ BEAUD S. et AMRANI Y. – 2004 - « Pays de malheur » - La découverte - 2004
- ▶ BESNIER J.M.- 1996 - « Les théories de la connaissance » - Dominos Flammarion .
- ▶ COLLIN D. – Mars 2002 - « Prolégomènes à une critique des sciences sociales » - DEES n° 127.
- ▶ DOGAN M. et PAHRE R. – 1991 - “ L'innovation dans les sciences sociales”- P.U.F.
- ▶ DREAN G.- 2001 - « Comment enseigner l'économie ? » - Sociétal n° 32 – 2001. (accessible sur : www.perso.club-internet.fr/gdrear).
- ▶ DURKHEIM E.- 1984 - « De la division du travail social » - PUF
- ▶ E. DURKHEIM – 1973 - « Les règles de la méthode sociologique » - PUF.
- ▶ EINSTEIN A. et INFELD L. – 1978 - : « L'évolution des idées en physique » - Payot.
- ▶ FABRE-MAGNAN & MOULLIER (dir.) – 2004 - : « La génétique, science humaine » -Débats Belin.
- ▶ GUILLOT D.- 2000- « Sciences sociales et sciences de la vie » - PUF.
- ▶ JENSEN P.- 2001 - « Des atomes dans mon café crème – La physique peut elle tout expliquer ? » - Seuil.
- ▶ KLEIN E. : "La très intrigante efficacité des mathématiques dans les sciences" - www.math.univ-montp2.fr/hau...
- ▶ LE GUYADER H. – 2003 - « Classification et évolution » - Le pommier – 2003.
- ▶ LEWONTIN R.- 2003 - « La triple hélice » - Seuil.
- ▶ MORANGE M. – 2005 - « Les secrets du vivant – Contre la pensée unique en biologie » - La Découverte.
- ▶ PEQUIGNOT B.- P. TRIPIER P. – 2000- « Les fondements de la sociologie » - Nathan Université » .
- ▶ PICHOT A. – 1999 - « Histoire de la notion de gène » - Champs Flammarion .
- ▶ ROEHNER B. – 2004 - « Cohésion sociale » - Odile Jacob – 2004.
- ▶ ROGEL T. – 2000 - « Une société entière dans ses gènes » - DEES n°122 – <http://www.cndp.fr/RevueDees/pdf/12...>
- ▶ ROUBERTOUX P. – 2004 - « Existe-t-il des gènes de comportement ? » - Odile Jacob.
- ▶ SOROKIN P. – 1956 - « Tendances et déboires de la sociologie américaine » - Aubier.
- ▶ TACUSSEL P. : « Mythologie des formes sociales – Vers une sociologie figurative » - Méridiens Klincksieck - 1995

- ▶ THOM R. – 1982 - « Mathématiques et théorisation scientifique » - in « Penser les mathématiques » – Point Seuil.
- ▶ THUILLIER P. – 1998 - : « La science existe-t-elle ? Le cas Pasteur » - in « D'Archimède à Einstein » - Le livre de Poche.
- ▶ THUILLIER P.- 1998 - « Science et subjectivité. Le cas Einstein » - in « D'Archimède à Einstein » - Le livre de Poche.
- ▶ TURNBULL C . – 1997 – « Les Iks » - Pocket Terre Humaine.