

Revue européenne  
des sciences sociales

European Journal of Social Sciences

## Revue européenne des sciences sociales

European Journal of Social Sciences

XLIV-134 | 2006

Quel(s) défi(s) pour les sciences sociales à l'heure de  
la mondialisation ?

---

# La révolution industrielle à l'échelle de l'histoire humaine de la biosphère

Jacques Grinevald

---



### Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/ress/293>

DOI : 10.4000/ress.293

ISSN : 1663-4446

### Éditeur

Librairie Droz

### Édition imprimée

Date de publication : 1 juin 2006

Pagination : 139-167

ISBN : 9-782-600-01095-5

ISSN : 0048-8046

### Référence électronique

Jacques Grinevald, « La révolution industrielle à l'échelle de l'histoire humaine de la biosphère », *Revue européenne des sciences sociales* [En ligne], XLIV-134 | 2006, mis en ligne le 14 octobre 2009, consulté le 19 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/ress/293> ; DOI : 10.4000/ress.293

---

Jacques GRINEVALD

## LA RÉVOLUTION INDUSTRIELLE A L'ÉCHELLE DE L'HISTOIRE HUMAINE DE LA BIOSPHERE

### QUELQUES SOUVENIRS

Avant d'entrer dans le vif de notre sujet – à vrai dire simplement quelques réflexions sur le statut épistémologique du concept de Révolution industrielle à l'échelle du monde<sup>1</sup>, de « la face de la Terre »<sup>2</sup>, la Terre avec un grand T, notre planète dans le système solaire, « la Biosphère dans le cosmos »<sup>3</sup>, à l'ère biogéologique actuelle de la Noosphère<sup>4</sup> ou de l'Anthropocène<sup>5</sup>, autrement dit dans

---

<sup>1</sup> Allusion au titre de P. Verley, *L'échelle du monde. Essai sur l'industrialisation de l'Occident*, Paris, Gallimard, 1997. Voir aussi P. N. Stearns, *The Industrial Revolution in World History*, Oxford, Westview Press, 1998. Sur l'évolution de la problématique et de l'historiographie de la Révolution industrielle, voir aussi D. C. Coleman, *Myth, History and the Industrial Revolution*, London, The Hambledon, 1992; F. Cochet et G. M. Henry, *Les révolutions industrielles*, Paris, Armand Colin, 1995; P. Verley, *La Révolution industrielle*, Paris, Gallimard, 1997; J. Grinevald, *Penser et repenser la Révolution industrielle*, à paraître.

<sup>2</sup> Allusion au titre de E. Suess, *La Face de la Terre*, Paris, Armand Colin, 1885-1918 (trad. de l'allemand, 1883-1909). Voir aussi W. L. Thomas, ed., *Man's Role in Changing the Face of the Earth*, Chicago, University of Chicago Press, 1956; B. L. Turner et al., eds., *The Earth as Transformed by Human Action; Global and Regional Changes in the Biosphere over the Past 300 Years*, Cambridge, Cambridge University Press, 1991. J. R. McNeill, *Something New Under the Sun: An Environmental History of the Twentieth-Century*, New York, Norton, 2000. J. M. Naredo et L. Gutierrez, eds., *La incidencia de la especie humana sobre la faz de la Tierra (1955-2005)*, Fundación César Manrique, Granada, Universidad de Granada, 2005.

<sup>3</sup> V. Vernadsky, *La Biosphère*, Paris, Seuil, 2002 (1e éd. 1929, Paris, Félix Alcan). Voir J. Grinevald, « Sketch for a history of the idea of the Biosphere », in P. Bunyard, ed., *Gaia in Action: Science of the Living Earth*, Edinburgh, Floris Books, 1996, p. 34-53; *Encyclopedia of the Biosphere: Humans in the World's Ecosystems*, vol. 11: *The Biosphere Concept and Index*, Detroit, Gale Group, 2000.

<sup>4</sup> V. I. Vernadsky, « The Biosphere and the Noosphere », *American Scientist*, n° 33, 1945, p. 1-12; *Der Mensch in der Biosphäre*, Frankfurt am Main, Peter Lang, 1997. Il ne faut pas confondre la notion de Noosphère de Vernadsky et celle de Pierre Teilhard de Chardin et Edouard Le Roy: voir J. Grinevald, « Le développement de/dans la biosphère », *L'homme inachevé. Cahiers de l'IUED*, n° 17, 1990, p. 19-44; et « The Biosphere and the Noosphere revisited: biogeochemistry and bioeconomics », in *Entropy and Bioeconomics. Proceedings of the First International Conference of the European Association for Bioeconomic Studies* (Rome, 28-30 November 1991), Milan, Nagard, p. 241-258; P. Samson et D. Pitt, eds., *The Biosphere and the Noosphere Reader*, London and New York, Routledge, 1999; et J. Grinevald, « Sauer, Glacken, Mumford... y la Noosfera », in J. M. Naredo et L. Gutierrez, eds., *La incidencia de la especie humana sobre la faz de la Tierra (1955-2005)*, op. cit., p. 405-411.

<sup>5</sup> P. Crutzen, « The Anthropocene: Geology of mankind », *Nature*, n° 415, 2002, p. 23. Paul J. Crutzen, du Max-Planck-Institut für Chemie, Mainz (Allemagne), prix Nobel de chimie 1996 pour ses travaux sur l'ozone stratosphérique, ne distingue malheureusement pas le concept de Noosphère de

« l'histoire humaine de la nature »<sup>6</sup> – je souhaite rappeler, dans ce volume dédié à notre collègue Gérard Berthoud, le contexte et les liens professionnels, intellectuels et affectifs qui expliquent ma petite contribution. Elle se veut un hommage amical à un authentique intellectuel critique. Il ne s'agit bien entendu que de quelques souvenirs lacunaires, fatalement un peu narcissiques.

J'ai fait la connaissance de Gérard Berthoud à l'Institut Africain de Genève, au moment où cette école encore embryonnaire devenait l'Institut d'études du développement (IED), en 1973 (puis Institut universitaire – l'IUED – associé à l'Université de Genève, en 1977). En 1975, j'ai fait la connaissance de son collègue africaniste Yves Person (1925-1982), professeur à la Sorbonne qui réagit avec enthousiasme au premier *Cahiers de l'IED*, qui organisa pour moi un déjeuner avec son beau-frère, Michel Serres, avec qui l'amitié fut immédiate, sous le signe de notre héros romantique, Sadi Carnot. Avec Fabrizio Sabelli, son compère de l'époque, Gérard Berthoud (l'un des rares professeurs en titre de l'IED à l'époque) représentait pour ma curiosité encyclopédique un domaine encore inconnu, l'anthropologie économique. Venant des sciences politiques, des relations internationales et de la philosophie française, je n'avais, je crois, jamais entendu parler de Karl Polanyi ou de Marshall Sahlins ! J'avais tout à apprendre de ce « domaine contesté » (Maurice Godelier) où l'héritage de Marx (et donc aussi d'Adam Smith) restait assez encombrant. Un certain néo-primitivisme exotique (à contre-courant de l'idéologie du progrès et de l'évolutionnisme social) était à la mode parmi les militants écologistes de la première heure, plus ou moins hippies dans l'âme<sup>7</sup>. L'anthropologie économique intéressait toute l'épistémologie des sciences (sociales), mais surtout comme critique des fondements culturels, et eurocentriques, de l'économie politique, y compris de « l'illusion critique du matérialisme historique »<sup>8</sup>.

Cette anthropo-logique en rupture avec le mythe du marché<sup>9</sup> réévaluait la pluralité des modes de subsistance (pourquoi « production » ?), des « genres de vie », et sapait les fondements du *developmentalism*<sup>10</sup>, l'idée occidentale de progrès,

Teilhard et celui de Vernadsky, pas plus qu'il ne relève les diverses acceptions du terme biosphère. Même confusion dans H. J. Schellnhuber et al., eds., *Earth System Analysis for Sustainability* (Dahlem Workshop, Berlin, May 25-30, 2003), Cambridge, Mass., MIT Press, 2004.

<sup>6</sup> S. Moscovici, *Essai sur l'histoire humaine de la nature*, Paris, Flammarion, 1968.

<sup>7</sup> Inspirés souvent, comme mon ami l'écologiste franco-britannique Edward (« Teddy ») Goldsmith, par M. Sahlins, « Notes on the original affluent society », in R. B. Lee and I. DeVore, eds., *Man the Hunter*, Chicago, Aldine, 1968, p. 85-89; et *Age de pierre, âge d'abondance. L'économie des sociétés primitives*, Paris, Gallimard, 1976; et G. Reichel-Dolmatoff, *Desana. Le symbolisme universel des Indiens Tukano du Vaupés*, Paris, Gallimard, 1973; et « Cosmology as ecological analysis: a view from the rainforest », *Man*, vol. 11, n° 2(3), 1976, p. 307-318. Sur cette littérature méconnue par les économistes qui ne s'intéressent pas à l'anthropologie, voir R. B. Lee et R. Daly, eds., *The Cambridge Encyclopedia of Hunters and Gatherers*, Cambridge, Cambridge University Press, 1999.

<sup>8</sup> J. Baudrillard, *Le miroir de la production*, Paris, Castermann, 1973.

<sup>9</sup> Voir G. Berthoud, « Market », in W. Sachs, ed., *The Development Dictionary. A Guide to Knowledge as Power*, London, Zed Books, 1992, p. 70-87.

<sup>10</sup> Sur la sociologie historique du « *developmentalism* » (en anglais), c'est-à-dire l'idée occidentale de progrès et de développement (thème de mon premier séminaire à l'IUED), voir les travaux critiques fondamentaux du sociologue américain Robert Nisbet (1913-1996), disciple du grand historien des

l'évolutionnisme social et l'historicisme de la théorie des stades – analysée par Bert Hoselitz (1914-1995) ou Ronald Meek (1917-1978). Ce qui était remis en question, c'était le cadre axiomatique ou dogmatique des théories – libérales ou marxistes – de ladite science économique, plus dominante que jamais. Nous avions le pressentiment que cette « économie d'intention scientifique », comme disait François Perroux (1903-1987), cette « science morale et politique » de la modernité capitaliste qui se présentait comme une science sociale exacte, mathématique, froide, sans entropie, sans irréversibilité et donc sans vie, à l'instar de la mécanique rationnelle (selon Jevons ou Walras), était aussi une « forme symbolique » (Ernst Cassirer), au même titre que la « perspective » inventée par la Renaissance italienne (Erwin Panofsky)<sup>11</sup>. L'économie (le capitalisme comme on dit depuis Sombart et Weber) n'exprimait-elle à présent pas la dérive techno-rationaliste de ce que Herbert Marcuse (1898-1979) appelait « l'idéologie de la société industrielle avancée » ?

L'*anthropologie critique* enseignée à l'IED par Berthoud<sup>12</sup>, qui était aussi une *anthropologie générale*<sup>13</sup>, une anthropologie appliquant à notre « modernité » occidentale un « éclairage en retour » (expression de Gérard Berthoud), un principe de symétrie, proche en cela du projet d'anthropologie de la science moderne de Bruno Latour<sup>14</sup>, rejoignait, au plan philosophique, d'autres remises en question, d'autres recherches alternatives, d'autres critiques radicales de l'orthodoxie « moderne », « productiviste » et « progressiste », du modèle dominant de l'Occident (de l'Est tout aussi bien que de l'Ouest). Depuis mon propre retour d'Afrique (1970-1971) et ma participation, dès 1973, à l'animation du séminaire de recherche interdisciplinaire de l'IED intitulé « Epistémologie de l'étude des relations interculturelles »<sup>15</sup>, j'étais de plus en plus frappé par la contingence historique du développement de l'Occident, modèle civilisationnel en expansion qui envahissait et détruisait « la pluralité des mondes », depuis plusieurs siècles, mais surtout depuis la révolution scientifique et industrielle du « siècle de la vapeur »<sup>16</sup>.

---

idées et des institutions sociales de l'Université de Californie, à Berkeley, Frederick J. Teggart (1870-1946). Voir surtout R. A. Nisbet, *Social Change and History: Aspects of the Western Theory of Development*, New York, Oxford University Press, 1969. Pour une approche différente, issue des réflexions de l'école anthropologique de l'IUED, voir G. Rist, *Le Développement: histoire d'une croyance occidentale*, Paris, Presses de Sciences Po, 1996.

<sup>11</sup> Voir J. Grinevald, « Nouveaux entretiens sur la pluralité des mondes. Microcosme et macrocosme », *Les sept points cardinaux: orientations éco-logiques. Cahiers de l'IUED*, n° 7, 1978, p. 147-217.

<sup>12</sup> G. Berthoud, *Plaidoyer pour l'Autre. Essais d'anthropologie critique*, Genève, Droz, 1982.

<sup>13</sup> G. Berthoud, *Vers une anthropologie générale. Modernité et altérité*, Genève, Droz, 1992.

<sup>14</sup> B. Latour, « Sommes-nous postmodernes? Non, amodernes! Etapes vers une anthropologie de la science », *La Pensée métisse. Croyances africaines et rationalité occidentale en questions. Cahiers de l'IUED*, n° 19, 1990, p. 127-157; et *Nous n'avons jamais été modernes. Essai d'anthropologie symétrique*, Paris, La Découverte, 1991.

<sup>15</sup> J. Grinevald, « Science et développement: esquisse d'une approche socio-épistémologique », *La pluralité des mondes. Cahiers de l'IED*, n° 1, 1975, p. 31-97; « Epistémologie critique et non-violence », in R. A. Preiswerk, *A contre-courants: l'enjeu des relations interculturelles*, Lausanne, Editions d'en bas, 1984, p. 147-162.

<sup>16</sup> Voir J. Grinevald, « La thermodynamique, la révolution industrielle et la révolution carnotienne », *Thermodynamique et sciences de l'homme. Entropie*, n° spécial, 1982, p. 21-32. D. R.

Depuis « la Grande Guerre », la Première Guerre mondiale, véritable suicide du concept des nations « civilisées »<sup>17</sup>, guerre totale, mécanisée, barbarie modernisée, les ravages du totalitarisme, y compris de la Raison totalitaire, n'ont cessé de hanter la conscience philosophique de l'Occident, qui se croyait la conscience humaine tout court. Hélas, après la Deuxième Guerre mondiale, malgré Auschwitz et Hiroshima, malgré l'Holocauste nazi et le Goulag stalinien, « la dépossession du monde » dont parlait l'orientaliste Jacques Berque (1910-1995) se faisait toujours attendre. On avait pris la décolonisation au tragique, pas au sérieux. Pire, et plus sournoisement, l'aide aux pays « arriérés », « sous-développés », « en voie de développement », n'était en réalité – derrière la rhétorique internationale des Nations Unies – qu'une « recolonisation »<sup>18</sup>, comme le constatait en 1972 Tibor Mende (1915-1984), cet homme de grande expérience, hongrois d'origine, que j'ai bien connu lorsqu'il enseignait à Genève, au Centre d'Études Industrielles (CEI) puis à l'Institut du Management International (IMI), à Conches, dans la « campagne » où se trouve de nos jours le siège du World Business Council for Sustainable Development<sup>19</sup>.

En 1972, il faut s'en souvenir, c'était la naissance officielle, sur la scène politique internationale, de la « révolution environnementale », illustrée par la Conférence de Stockholm et les manifestations qui l'entourèrent<sup>20</sup>. C'était aussi le vif débat sur « les limites à la croissance » et « la problématique mondiale », avec le retentissant rapport Meadows lancé comme un pavé dans la mare par le Club de Rome (créé en avril 1968 autour du grand industriel et humaniste italien Aurelio Peccei). L'écologie (scientifique et politique) prenait soudain une nouvelle dimension, proprement planétaire. N'était-il pas de plus en plus évident qu'il fallait penser, et à vrai dire repenser, la Révolution Industrielle à l'échelle planétaire de la Biosphère ?<sup>21</sup>

Cependant, pratiquement personne, dans les milieux économiques et politiques, et dans les cercles académiques du développement (économique et social),

Headrick, *The Tools of Empire: Technology and European Imperialism in the Nineteenth Century*, New York, Oxford University Press, 1981; M. Adas, *Machines as the Measure of Men: Science, Technology, and Ideologies of Western Dominance*, Ithaca and London, Cornell University Press, 1989; B. Marsden et C. Smith, *Engineering Empires: A Cultural History of Technology in Nineteenth-Century Britain*, Basingstoke, Palgrave Macmillan, 2005.

<sup>17</sup> Voir C. Schmitt, *Le Nomos de la Terre dans le droit des gens du Jus Publicum Europaeum*, Paris, PUF, 1988.

<sup>18</sup> T. Mende, *De l'aide à la recolonisation. Les leçons d'un échec*, Paris, Seuil, 1972.

<sup>19</sup> Voir J. Grinevald, « Situation épistémologique et morale du concept de développement durable à la fin du II<sup>e</sup> millénaire de la civilisation chrétienne de l'Occident », in J. Jakubec, éd., *Le développement durable: Un bilan multisectoriel provisoire*, Genève, Georg, p. 113-126.

<sup>20</sup> La Conférence des Nations Unies sur l'environnement humain, organisée à Stockholm, en Suède, en juin 1972, inaugure une série qui va se poursuivre (selon l'expression de Maurice Strong lui-même) avec Stockholm+10 à Nairobi en 1982, Stockholm+20 à Rio de Janeiro en 1992, Stockholm+30 à Johannesburg en 2002...

<sup>21</sup> Voir *Utilisation et conservation de la biosphère*, Paris, Unesco, « Recherches sur les ressources naturelles », X, 1970. *The Biosphere*, A Scientific American Book, San Francisco, Freeman, 1970. J. Grinevald, « On a holistic concept for deep and global ecology: The Biosphere », *Fundamenta Scientiae*, vol. 2, n° 8, 1987, p. 197-226. H. A. Mooney, *The Globalization of Ecological Thought*. Excellence in Ecology, vol. 5, Oldendorf/Luhe, Ecology Institute, 1998.

ne connaissait – ou ne s'intéressait à – la signification *biogéochimique* de ce concept holistique de *la Biosphère*, développé par l'Académicien russe Vladimir I. Vernadsky (1863-1945), incompris en son temps, mais adopté par l'écologie la plus scientifique – l'école de George Evelyn Hutchinson (1903-1991) à Yale – à partir de la Deuxième Guerre mondiale. Dans les années 1970, tout le monde connaissait peut-être le mot biosphère, souvent pris comme synonyme d'écosystème ou d'écosphère, mais on confondait malgré tout ce concept écologique et cosmologique (faute de connaître la pensée de Vernadsky) avec la notion populaire de biosphère de Teilhard de Chardin (notion géobiologique et systémique évolutive d'inspiration lamarckienne!), curieusement aussi diffusée par un adversaire acharné du teilhardisme comme le célèbre biochimiste Jacques Monod (1910-1976). Je confesse ma propre errance sémantique et terminologique jusqu'au début des années 1980!

Les études du développement (qui relevaient des sciences de l'Homme) vivaient apparemment sur une autre planète... et les sciences de la nature dédaignaient les sciences sociales! «Un autre monde est possible», disent de nos jours les altermondialistes! Mais qu'est-ce que cela signifie, du point de vue écologique ou cosmologique, un autre monde? Pourquoi rêver d'un autre monde, pourquoi ne pas accepter que notre monde, au premier sens du terme, c'est la Terre, notre planète («le globe terraqué») que nous appelons la Terre? Mais qui avait lu les *Fundamentals of Ecology* (1953, 1959, 1971) du professeur d'écologie Eugene P. Odum (1913-2002), ou *Environment, Power and Society* (1971) de son frère cadet Howard T. Odum (1924-2002)? Qui connaissait le manuel *Ecological Principles for Economic Development*, publié en 1973? Ce dernier document exprimait déjà la perspective «biosphérique» du mouvement international pour la conservation de la nature; il faisait suite (dans le cadre de l'UICN) à la conférence de 1968, à Washington, intitulée *The Ecological Aspects of International Development*<sup>22</sup>; il précéda la *Stratégie mondiale de la conservation*, publiée par l'UICN en 1980 et qui est aux origines de la doctrine du «sustainable development» adoptée et diffusée en 1987 par le fameux «rapport Brundtland» de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement...

En 1987, pour répondre au défi du rapport Brundtland, *Notre avenir à tous*, j'ai constitué avec quelques collègues de l'IUED un Groupe Ecologie, le GRECO, et j'ai passé tout l'été à rédiger un *Rapport du GRECO au Directeur de l'IUED*, rassemblant en l'occurrence une bonne partie de ma documentation, puisée aux meilleures sources scientifiques, sur l'écologie globale et le «développement soutenable». La réception interne de ce rapport qui proposait une nouvelle perspective pour l'étude des problèmes du développement et de l'environnement fut une fin de non-recevoir. Ce fut à vrai dire un échec personnel dont je souffris comme mon collègue Rolf Steppacher, lui qui plaidait depuis dix ans pour l'enseignement de l'écodéveloppement, notamment dans le domaine agricole. Il nous fallut attendre l'Après-Rio pour que l'écologie globale et le «développement soutenable» deviennent un tronc commun dans l'enseignement de l'IUED.

<sup>22</sup> Voir T. Farvar and J. Milton, eds., *The Careless Technology: Ecology and International Development*, New York, Natural History Press, Doubleday & Co., 1972. R. Dasmann, J. Milton and P. Freeman, eds., *Ecological Principles for Economic Development*, London, John Wiley & Sons, 1973.

Au niveau international, l'enseignement des sciences économiques et sociales refusait, et refoulait, la perspective interdisciplinaire et holistique de l'écologie globale, la science – certes encore embryonnaire et incertaine – de la Biosphère (Gaïa selon le terme préféré par J. Lovelock). Le splendide isolement épistémologique (et institutionnel) des sciences économiques et sociales n'avait pas permis le dialogue avec l'évolution récente des sciences de la Vie et de la Terre, stimulée par l'exploration du système solaire et la planétologie comparée. Le tout nouveau paradigme dénommé en anglais *Earth System Science* avait bien du mal à trouver des interlocuteurs du côté des sciences sociales et des sciences économiques en particulier, malgré l'urgence d'évaluer l'interférence entre le système Terre, sa Biosphère et l'Anthroposphère (la Noosphère au sens de Teilhard). C'est dans ce nouveau paradigme interdisciplinaire et holistique de la coopération scientifique internationale, mobilisée sur l'étude des transformations naturelles et anthropogéniques de l'environnement global, le « Global Change », que le nom et l'œuvre du savant russe V. I. Vernadsky, le père fondateur (dans les années 1920!) de la biogéochimie et de la théorie moderne de la Biosphère, réapparurent dans la littérature scientifique internationale. Mes initiatives personnelles dans ce domaine prirent une dimension imprévue, grâce à ma collaboration, à partir de 1985, avec le vénérable géobotaniste et environnementaliste Nicholas Polunin (1909-1997), éditeur de la revue internationale *Environmental Conservation*, qui venait de créer, avec le limnologue canadien John Vallentyne et d'autres savants de sensibilité écologique, le très sélect et assez discret World Council For The Biosphere.

Vers 1984-1986, la mobilisation de la coopération scientifique internationale autour des graves problèmes de l'atmosphère, de l'ozone stratosphérique, des gaz à effet de serre, de l'évolution du climat et de la biodiversité, prit un essor spectaculaire avec l'adoption, par le Conseil International des Unions Scientifiques (ICSU), du *International Geosphere-Biosphere Programme* (IGBP), le fameux « Global Change », dont j'avais suivi de près la genèse grâce à mes contacts personnels dans les milieux de la recherche associée avec la NASA, la NOAA, l'Académie nationale des sciences (USA) et d'autres organismes (SCOPE/ICSU) préoccupés par l'environnement global et l'habitabilité de la Terre en tant que « planète vivante » unique en son genre dans le système solaire (et peut-être bien l'Univers?). Pour ma modeste part de philosophe et d'historien du développement scientifique et technologique, cela me permit d'attirer l'attention sur la convergence entre la biogéochimie de Vernadsky et la bioéconomie de Georgescu-Roegen<sup>23</sup>. Dans le même temps, d'autres chercheurs, souvent inspirés aussi par les travaux fondamentaux de Georgescu-Roegen, contribuaient à la formation et à la promotion de l'Économie écologique et de l'Écologie industrielle<sup>24</sup>. Mon idée

<sup>23</sup> J. Grinevald, « Vernadsky y Lotka como fuentes de la bioeconomía de Georgescu-Roegen », *Ecología política* (Barcelona), n° 1, 1990, p. 99-112 (trad. de *Vernadsky and Lotka as source for Georgescu-Roegen's bioeconomics*, International Conference on Economics and Ecology, Barcelone, Espagne, 26-29 septembre 1987); et *The Biosphere and the Noosphere revisited: biogeochemistry and bioeconomics*, in *Entropy and Bioeconomics* (Proceedings of the First International Conference of the European Association for Bioeconomic Studies, Roma, 28-30 novembre 1991), Milan, Nagard, p. 241-258.

<sup>24</sup> Voir R. Krishnan, J. M. Harris and N. R. Goodwin, eds., *A Survey of Ecological Economics*, Washington, Island Press, 1995. S. Erkman, *Vers une écologie industrielle : comment mettre en pratique le développement durable dans une société hyper-industrielle*, Paris, Charles Léopold Mayer, 2004.

proposée à la conférence internationale « Economie et Ecologie » de Barcelone, en 1987, que la « révolution vernadskienne » était une révolution scientifique « invisible » (au sens de Thomas Kuhn), une vérité historique ravivée par l'actualité épistémologique de la théorie Gaïa (de James Lovelock et Lynn Margulis), commença à se diffuser vers la fin des années 1980. On assistait désormais à une certaine renaissance (ou reconnaissance) vernadskienne accompagnant le débat scientifique autour de Gaïa (la Biosphère), en même temps que se diffusait la thèse de Georgescu-Roegen selon laquelle la Loi de l'Entropie « est la base de l'économie de la vie à tous les niveaux ». <sup>25</sup>

Le climat idéologique de la Guerre froide n'a pas été étranger au refoulement des idées de Vernadsky, de Lovelock et de Georgescu-Roegen, à l'aveuglement de la civilisation militaro-industrielle vis-à-vis de la Biosphère et de l'écologie planétaire dont dépendait pourtant la survie de l'humanité en tant qu'espèce vivante. La croissance économique mondiale, avec toutes ses cruelles inégalités et ses illusions comptables, ne masquait-elle pas et la dégradation humaine de la Biosphère et la montée en puissance du complexe scientifico-militaro-industriel, la *Thanatocratie* comme disait le philosophe et historien des sciences Michel Serres en 1972? Avait-on oublié que même pour Adam Smith, vénéré comme le père du libéralisme économique, la défense était plus importante pour la nation que l'opulence? Comment pouvait-on encore croire, après la Première Guerre mondiale, à la théorie classique du « doux commerce »? La course aux armements n'avait-elle pas valeur de métaphore pour la militarisation et de la civilisation et de la planète? Curieusement, l'un des premiers livres de ce que j'appelais « le catastrophisme planétaire de l'âge nucléaire » était un petit livre de vulgarisation atypique (vite oublié lorsque la France entra dans le club très fermé des Grandes Puissances nucléaires). Il était l'œuvre d'un jeune physicien français qui vient juste de disparaître, Charles-Noël Martin (1923-2005) <sup>26</sup>. Je suis devenu un adepte de la non-violence (un jour, dans les rues de Paris, Georgescu-Roegen m'intrigua en me parlant de sa sympathie pour le Jaïnisme) en même temps que je m'engageais plus résolument dans la mouvance pacifiste-écologiste transnationale. Crise nucléaire, crise de l'énergie, crise de l'environnement, crise du développement, crise de la diversité culturelle, de la diversité biologique, la « biodiversité », toutes ces crises ne relèvent-elles pas d'une même crise de civilisation? Des rapports de la civilisation occidentale avec le reste du monde, *the West and the Rest*, comme disent certains auteurs américains?

---

<sup>25</sup> N. Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1971, 457 p.; et *Energy and Economic Myth: Institutional and Analytical Economic Essays*, New York, Pergamon, 1976. Voir les notes 2, 3, 4, 5 et 17. N. Polunin and J. Grinevald, « Vernadsky and Biospherical Ecology », *Environmental Conservation*, vol. 15, n° 2, 1988, p. 117-123. J. Grinevald, « Vernadsky e la scienza della biosfera », in V. Vernadsky, *La Biosfera*, Como, Red Edizioni, 1993, p. 9-53; et « Introduction: The invisibility of the Vernadskian revolution », in V. Vernadsky, *The Biosphere*, New York, Copernicus, Springer-Verlag, 1998, p. 20-32.

<sup>26</sup> Ch.-N. Martin, *L'Heure H a-t-elle sonné pour le monde? Effets cumulatifs des explosions nucléaires*, précédé d'un message de Albert Einstein, Paris, Grasset, 1955; cité in J. Grinevald, « Le développement de la crise planétaire et le catastrophisme de l'âge nucléaire: repérages bibliographiques », *Itinéraires. Notes et travaux* (Genève, IUED), n° 26, 1985, p. 71.



Avec Gérard Berthoud, et aussi Fabrizio Sabelli, Gilbert Rist et Marie-Dominique Perrot, sans oublier Serge Latouche (et quelques autres), le discours du développement se retrouva sous les feux d'une critique anthropologique radicale, qui commence à faire école en ce début du XXI<sup>e</sup> siècle, comme l'illustra le succès surprenant du Colloque international sur l'après-développement («Défaire le développement, refaire le monde», organisé principalement par l'association La ligne d'horizon : les amis de François Partant) qui se déroula – avec la participation émouvante d'Ivan Illich (1926-2002) – au Palais de l'UNESCO à Paris du 28 février au 3 mars 2002. Gérard Berthoud faisait partie de la petite équipe, qui comprenait aussi Serge Latouche, à l'origine du remarquable petit livre un tantinet provocateur, mais véritablement fondateur, intitulé *Il était une fois le développement...* que le directeur de l'IUED de l'époque refusa de voir publié dans le cadre de l'IUED<sup>27</sup>. La rationalité économique du développement se retrouvait confrontée à l'anthropologie des religions et des croyances, au plus proche voisinage de la mythologie. La modernité économique serait-elle une «mythologie programmée»? Cette «école» de l'IUED, proche du Mouvement Anti-Utilitariste en Sciences Sociales qui édita le *Bulletin du MAUSS* à partir de 1982, et dont Gérard Berthoud était l'un des fondateurs, proposait un regard anthropologique «en retour» sur notre modernité occidentale... qui, à mon sens, devenait barbare à force de ne croire qu'à la Raison, un état de raison à l'ombre ou au service de la raison d'Etat. Ne voit-on pas que la main invisible du marché ne marche bien que dans le prolongement du bras armé, bien visible, de l'Etat? Même Adam Smith, le père spirituel du libéralisme économique, reconnaissait que la défense est plus importante que l'opulence pour la nation! On n'a pas besoin d'adhérer au lyrisme économique-historiographique de Fernand Braudel (1902-1985), ce disciple du sombre Sombart, ou à sa vision évolutionniste de «longue durée» de la Révolution Industrielle, pour admettre avec lui que «le capitalisme ne triomphe que lorsqu'il s'identifie avec l'Etat, qu'il est l'Etat»<sup>28</sup>.

Pour ma part, sans participer directement au mouvement anti-utilitariste en sciences sociales, ce qui me préoccupait, c'était le noyau dur du dynamisme de l'Occident, l'alliance de la «science moderne», ou si l'on préfère de la «Technique», avec la raison d'Etat, la guerre par tradition et par définition, sans laquelle la montée en puissance et l'expansion du capitalisme (militaro-)industriel me semblent incompréhensibles. A l'UNESCO, les gouvernements n'opposaient-ils pas officiellement la science et la technique (modernes) à «la diversité des cultures»?

De plus en plus attiré par les études historiographiques et épistémologiques des féministes en philosophie et histoire sociale des sciences, j'étais intrigué par le «désir de physique» (au sens freudien du terme) de la prétendue «science économique», cette science sociale prestigieuse, honorée depuis 1969 par un «prix Nobel», à vrai dire un pseudo-prix Nobel, car il ne s'agit que d'un «Alfred Nobel Memorial Prize in economic science» fondé en 1968 par la Banque centrale de Suède à l'occasion de son tricentenaire. Cette simple remarque

<sup>27</sup> G. Rist et F. Sabelli, eds., *Il était une fois le développement...*, Lausanne, Editions d'en bas, 1986.

<sup>28</sup> F. Braudel, *La dynamique du capitalisme*, Paris, Arthaud, 1985, p. 68.

débouche sur des questions plus fondamentales. Et si l'économie qui se voulait newtonienne, avec sa mathématisation, n'était pas une « science » pure, exacte, objective et universelle, aussi « scientifique » et « neutre » que la mécanique céleste de Newton? Et d'ailleurs, si Isaac Newton (1642-1727) n'était pas le mathématicien-mécanicien de l'Univers qu'admirait et enviait Walras (ou Samuelson)?

La nouvelle sociologie des sciences et des techniques, issue de la « contre-culture » de l'Amérique des années 60 (bien connue de Gérard Berthoud), nous offrait de nouvelles perspectives sur le développement scientifique et technologique des « Temps modernes » de l'Occident. On faisait enfin la lumière sur les racines culturelles et proprement religieuses, à la suite de Pierre Duhem (1861-1916) et de Max Weber (1864-1920), de la « science moderne » occidentale. Comment ne pas être frappé par l'éclairage du médiéviste californien Lynn White jr. (1907-1987), qui avait résumé sa pensée, d'une manière assez provocatrice, dans sa fameuse conférence du 26 décembre 1966 devant le Congrès annuel de l'American Association for the Advancement of Science (AAAS) à Washington, sous le titre « The historical roots of our ecologic crisis », conférence publiée dans le numéro du 10 mars 1967 de *Science*, la prestigieuse revue hebdomadaire de l'AAAS, texte repris en 1968 dans un petit livre, *Machina ex Deo: Essays in the Dynamism of Western Culture*, et qui fit de l'érudit Lynn White un hérétique au même titre que son héros Saint-François d'Assise! La conférence de Lynn White se terminait ainsi :

« Dès lors que les racines de notre malaise sont en grande partie religieuses, le remède, lui aussi, doit être essentiellement religieux, que nous le nommions ainsi ou non. Nous devons repenser nos idées et nos sentiments sur notre nature et notre destinée. La conscience profondément religieuse, bien qu'hérétique, que les premiers Franciscains possédaient de l'autonomie spirituelle de toutes les parties de la nature peut nous suggérer une direction. Je propose François d'Assise comme saint patron pour les écologistes. » (trad. de J. G. relue par l'auteur, 1979, inédit)

A l'occasion de cette traduction (pour un livre en préparation, toujours inachevé, mais distribuée à mes étudiants), j'étais entré en correspondance avec Lynn White, qui enseignait l'histoire de la technologie médiévale à l'Université de Californie, Los Angeles (UCLA). Cette correspondance, qui se poursuivit durant plusieurs années, m'ouvrit les portes du petit monde académique, assez discret, de l'historiographie anglo-saxonne des techniques, illustrée par l'admirable revue *Technology and Culture*, éditée par la *Society for the History of Technology*, créée en 1958 en marge de la grande *History of Science Society*, ma seconde *alma mater*. Lynn White et quelques autres, comme Donald Cardwell et Arnold Pacey en Angleterre, me convertirent – c'est le cas de le dire – à l'enseignement de « l'histoire de la technique ». Ma singulière aventure, institutionnellement précaire, à l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), dans le cadre du Programme HTE (Homme-Technique-Environnement) puis STS, dura malgré tout vingt-cinq ans. Cela me rapprocha aussi de Gérard Berthoud, cette fois à Lausanne et autour de la délicate problématique « technique et société »<sup>29</sup>.

<sup>29</sup> Voir *Les techniques. Enjeux humains et sociaux. Revue européenne des sciences sociales*, t. XXIX, n° 91, 1991; et *Sciences et techniques dans la société. Revue européenne des sciences sociales*, t. XXXV, n° 108, 1997.

Mes idées sur la Révolution Industrielle – thermo-industrielle, comme j’ai proposé de l’appeler— se précisèrent au voisinage des ingénieurs et de l’étude de leur longue histoire sociale et intellectuelle si méconnue. L’historiographie de la technique moderne, surtout de l’*engineering*, comme on dit dans le monde anglo-saxon, inséparable de la formation des Etats modernes de l’Occident, depuis la «révolution galiléenne» et l’essor de *la science des ingénieurs* (selon le titre du célèbre manuel de Bélidor, dont l’édition originale date de 1729), nourrit l’orientation socio-épistémologique de mes recherches sur le développement et la spécificité culturelle du modèle de l’Occident. Cela impliquait une révision radicale de la notion traditionnelle de Révolution industrielle, que la légende (depuis l’invention de cette métaphore vers 1820-1840 en France et en Belgique) situe anachroniquement dans la Grande-Bretagne du XVIII<sup>e</sup> siècle, au lieu d’en faire une catégorie pertinente pour désigner la «transformation du monde» par la civilisation techno-scientifique occidentale du XIX<sup>e</sup> et du XX<sup>e</sup> siècles. L’essor de l’épistémologie critique et de la nouvelle historiographie culturelle de la Révolution Scientifique, dont je devrais la littérature comme mon ami Pierre Thuillier (1932-1998), remettait radicalement en question l’image «moderne» de la Science et de la Technique, catégories aussi mythiques que le marché, l’économie, l’Etat, le développement, la civilisation ou le progrès.

Ces nouvelles perspectives historiographiques et épistémologiques déterraient aussi les racines cachées – et sacrées – de la vision mécaniste du monde, depuis Descartes et Hobbes, et depuis la «révolution newtonienne» surtout. Les racines artistiques, technologiques et militaires de la «science moderne» de Galilée et de ses disciples ne pouvaient plus être ignorées. Newton et le newtonianisme, aux fondements culturels de l’industrialisation de l’Occident<sup>30</sup>, tous ces aspects culturels de la Révolution Scientifique (européenne) se retrouvaient dans une nouvelle perspective socio-historique et critique<sup>31</sup>. A rebours des légendes de l’idéologie rationaliste, positiviste et scientiste, on explorait de plus en plus les racines religieuses – plus encore que «les racines socio-économiques» (B. Hessen, 1931) – des *Principia* de Newton, le «second Moïse» de l’Occident judéo-gréco-romano-islamo-chrétien (si on me permet cette formule généalogique).

Comment ne pas être étonné par l’anachronisme de la «révolution newtonienne» de la mathématisation de l’économie, cautionnée par le grand philosophe des sciences Karl Popper (1902-1994), qui professait sa «méthodologie» à la London School of Economics! Anachronisme historique mais aussi et surtout socio-épistémologique. La science newtonienne ne date-t-elle pas de la civilisation de l’Europe classique, préindustrielle, néolithique, de la marine à voile, des horloges mécaniques et des moulins? Nous vivons et travaillons, nous, depuis la «révolution carnotienne», dans la civilisation thermo-industrielle qui brûle le stock géologique accessible des combustibles fossiles! Je n’aurais sans doute

<sup>30</sup> Pour une synthèse récente, voir M. C. Jacob, *Scientific Culture and the Making of the Industrial West*, New York, Oxford University Press, 1997; voir aussi E. D. Brose, *Technology and Science in the Industrializing Nations 1500-1914*, New York, Humanity Books, 1997.

<sup>31</sup> Voir H. F. Cohen, *The Scientific Revolution: A Historiographic Inquiry*, Chicago, University of Chicago Press, 1994. Voir aussi la synthèse didactique, avec une formidable bibliographie, de S. Shapin, *La Révolution scientifique*, Paris, Flammarion, 1998.

guère pris très au sérieux toute cette affaire si je n'avais eu la chance extraordinaire, dès 1974, en pleine « crise de l'énergie », de rencontrer le grand Nicholas Georgescu-Roegen (1906-1994), l'auteur de *The Entropy Law and the Economic Process* (Harvard University Press, 1971). La petite conférence que le professeur Georgescu-Roegen prononça au Département d'économétrie de mon *alma mater*, le 6 juin 1974, me fascina et j'en fis immédiatement un compte-rendu, car j'étais alors le responsable du Service de presse et d'information de l'Université de Genève. Le propos (le personnage aussi) de Georgescu-Roegen me fascina, à plus d'un titre. J'étais assez bien préparé à son message puisque j'avais fait mon mémoire de maîtrise de philosophie sur « la notion d'entropie dans la pensée contemporaine » (Université de Besançon, 1973) et que le professeur Josef-Maria Jauch (1914-1974) – le patron à Genève du Département de physique théorique (qui m'accueillait dans le séminaire d'histoire des sciences qu'il animait avec Pierre Speziali) – m'avait prêté *The Entropy Law and the Economic Process*, livre impressionnant (dont bien des pages difficiles étaient au-dessus de mes compétences) que j'avais cité, en passant, dans une note de bas de page de mon mémoire de 1973 ! En écoutant le 6 juin 1974 l'auteur de *The Entropy Law and the Economic Process*, j'eus l'impression foudroyante – à jamais gravée dans ma mémoire – de voir en chair et en os le Galilée de notre temps. Un hérétique bravant l'autorité religieuse du siècle. Cette analogie se confirma la semaine suivante à Paris, à l'École Polytechnique, au colloque du 150<sup>e</sup> anniversaire de la publication des *Réflexions sur la puissance motrice du feu* (1824) de Sadi Carnot (1796-1832). Par chance, Georgescu-Roegen était invité comme moi : nous nous retrouvâmes presque comme de vieux amis. Je lui donnai mon petit texte sur sa conférence de Genève<sup>32</sup> et il en fut ravi. Notre complicité intellectuelle et notre longue amitié prirent naissance à ce moment-là. Plus d'une fois Nicholas m'appela son « frère Carnotien ». Dans ce colloque international et interdisciplinaire *Sadi Carnot et l'essor de la thermodynamique*<sup>33</sup>, la situation de Georgescu-Roegen face aux économistes français fut dramatique, et c'est alors que je compris combien sa position épistémologique était celle d'un hérétique qu'il faut faire taire, par tous les moyens. Premier colloque, en pleine crise de l'énergie (le premier choc pétrolier provoqué par la guerre du Kippour et le dépassement du « pic de Hubbert » de la production pétrolière des Etats-Unis !), où se retrouvèrent physiciens, ingénieurs, philosophes des sciences, historiens de la thermodynamique, biologistes et économistes, une occasion fantastique pour écouter les thèses hétérodoxes du professeur Georgescu-Roegen sur le principe de Carnot (devenu, avec Clausius et Planck, la loi de l'entropie), mais ce fut une occasion manquée. Dans mon for intérieur, j'avais l'impression d'assister à une nouvelle « affaire Galilée », aux conséquences encore impossibles à prévoir. Cette comparaison prenait tout son sens à la lumière de cette petite phrase d'Ivan Illich (que

---

<sup>32</sup> J. Grinevald, « L'économiste Georgescu-Roegen : intégrer l'économie dans la problématique énergétique et écologique », *Uni information*, Service de presse et d'information de l'Université de Genève, n° 36, 1974, p. 28-29.

<sup>33</sup> Voir les communications de N. Georgescu-Roegen et J. Grinevald dans la partie « Thermodynamique et économie », in *Sadi Carnot et l'essor de la thermodynamique* (Paris, Ecole Polytechnique, 11-13 juin 1974), Paris, Editions du CNRS, 1976.

j'avais rencontré à Genève en 1973 et dont j'avais lu *La Convivialité*): « dans un monde où les économistes remplacent les prêtres... »<sup>34</sup>

L'histoire des sciences m'apprit aussi que le newtonianisme des économistes reposait sur une méconnaissance totale de Newton lui-même! L'ironie venait d'ailleurs d'un éminent économiste anglais! En effet, John Maynard Keynes (1883-1946), qui était aussi un mécène, dépensa une fortune pour sauver de la dispersion (l'entropie!), à la suite de la vente aux enchères de 1936 chez Sotheby's, les manuscrits alchimiques et théologiques de Sir Isaac Newton. En examinant lui-même ces papiers qui sentaient le souffre, Keynes découvrit, au grand scandale de ses contemporains, que « Newton n'était pas le premier de l'âge de la Raison », mais « le dernier des magiciens, le dernier des Babyloniens et des Sumériens, le dernier grand esprit à percevoir le monde visible et invisible avec les mêmes yeux que ceux qui commencèrent à édifier notre patrimoine intellectuel il y a un peu moins de 10.000 ans »<sup>35</sup>.

Cette affaire n'est pas une simple anecdote dans l'histoire intellectuelle et spirituelle de l'Occident. La science et le mythe s'excluent-ils vraiment? L'humanité est-elle vraiment partagée selon notre critère moderne de la Raison, de notre rationalité, de notre logique? Quelle raison, quelle rationalité, quelle logique? La sensibilité écologique de « la pensée sauvage » décrite par Claude Lévi-Strauss aidait à regarder le « grand partage » (Bruno Latour) sous un autre point de vue. La rupture n'était-elle pas le résultat d'un ethnocide, au sens donné à ce terme par le mathématicien et anthropologue Robert Jaulin (1928-1996), en colère contre l'entropologie et le retrait olympien de Lévi-Strauss, en colère en fait, comme Grothendieck ou Moscovici, contre le modèle dominant de l'Occident? Ne fallait-il pas plus que de la compassion pour la « vision des vaincus », des victimes de la « société commerciale » d'Adam Smith et de la « civilisation industrielle » des ingénieurs saint-simoniens de l'impérialisme occidental? La Révolution Industrielle, cette « guerre contre la nature », et les autres cultures, était-elle vraiment nécessaire? Mes discussions avec Gérard Berthoud, qui se poursuivaient depuis plus de trente ans, portent souvent sur les aspects socio-épistémologiques et anthropologiques de cet envers du triomphe de la Révolution Industrielle, à mon

---

<sup>34</sup> Voir notre préface, avec Ivo Rens, in Nicholas Georgescu-Roegen, *Demain la décroissance : entropie-écologie-économie*, Lausanne, Pierre-Marcel Favre, 1979; 2e éd.: *La Décroissance : entropie-écologie-économie*, présentation et traduction de J. Grinevald et I. Rens, Paris, Editions Sang de la terre, 1995.

<sup>35</sup> J. M. Keynes, « Newton, the Man », in *The Newton Royal Society Tercentenary Celebrations, July 15-19, 1946*, Cambridge, Cambridge University Press, 1947, p. 27-34, cité in J. Grinevald, « La révolution carnotienne: thermodynamique, économie et idéologie », *Revue européenne des sciences sociales*, t. XIV, n° 36, 1976, p. 39-79. Cet extraordinaire portrait de Newton, publié après la mort de Keynes, se retrouve aussi, plus facilement, dans les *Essays in Biography* de J. M. Keynes. Ce fut un beau scandale pour l'époque, mais on referma vite ces manuscrits sulfureux désormais enfermés dans la bibliothèque du King's College de Cambridge! Depuis, à la suite de travaux historiographiques plus ou moins iconoclastes (de Frank E. Manuel, Betty Jo Teeter Dobbs, Richard Westfall et d'autres), nous avons appris que Newton était encore plus calviniste que Calvin, un grand théologien hérétique et aussi un étonnant alchimiste. Voir L. Verdet, *La malle de Newton*, Paris, Gallimard, 1993. Voir aussi l'extraordinaire conférence, qui fait époque, de Sir James Lighthill (1924-1998), « The recently recognized failure of predictability in Newtonian dynamics », *Proceedings of the Royal Society of London*, A407, 1986, p. 35-50.

sens inséparable de la Révolution Scientifique et de la «révolution militaire» du début des «temps modernes» (de notre Histoire eurocentrique).

À mon retour d'Afrique, où j'avais été confronté, la mort dans l'âme, pour la première fois de ma vie, à la soldatesque en territoire étranger, je m'en prenais, comme certains scientifiques en colère, à la «Nouvelle Eglise Universelle», selon la formule du mathématicien Alexandre Grothendieck publiée dans le bulletin *Survivre* puis par Robert Jaulin<sup>36</sup>. J'avais suivi cette révolte contre la dérive ethnocidaire de l'Occident en proposant le terme d'*épistémocide* (à vrai dire sans rien connaître encore des ethnoscience...). J'étais convaincu, à l'heure de la mondialisation – comme Gérard Berthoud – qu'il fallait dénoncer les ravages cognitifs et culturels du «dogme de l'Immaculée Conception de la Science», selon la formule frappante de Pierre Thuillier.

Depuis 1965 déjà, j'avais adopté l'entropie comme fil d'Ariane de mes recherches philosophiques. Ce fut une bonne préparation, sans le savoir, à ma rencontre avec Nicholas Georgescu-Roegen, cet économiste hétérodoxe américain, d'origine roumaine, dont toute mes études, avant 1974, ignoraient l'existence. Je n'ai lu *La Science économique: ses problèmes et ses difficultés* (la traduction française de *Analytical Economics: Issues and Problems*, Harvard University Press, 1966), le premier ouvrage majeur – et déjà révolutionnaire – de Georgescu-Roegen, qu'en 1975. Grâce cependant au fil d'Ariane de l'entropie, mon aventure encyclopédique (qui prit une tournure nouvelle à partir de 1974) me confronta aux lancinants paradoxes entre la mécanique et le second principe de la thermodynamique, l'entropie et l'évolution biologique, le progrès et l'entropie. La problématique mondiale traitée par Georgescu-Roegen concernait les rapports intimes entre l'entropie, l'écologie, l'évolution et l'économie considérée comme un processus anthropo-biophysique. Grâce à nos discussions animées, à l'IED, autour de l'anthropologie critique et de la critique épistémologique<sup>37</sup>, je n'ai jamais perdu de vue les enjeux politiques aussi bien que socio-épistémologiques de la problématique «science et développement»<sup>38</sup>.

Grâce aux collègues anthropologues de l'IED, à ma sympathie spontanée pour la nouvelle sociologie des sciences (en 1974, j'ai lu *Scientific Knowledge and Sociological Theory* de Barry Barnes sans imaginer la virulence des controverses qu'allaient susciter les «Sciences Studies» acclimatées en France par Bruno Latour...), et grâce aussi, je veux le souligner ici, à ma rencontre avec Nicholas Georgescu-Roegen d'une part et Michel Serres d'autre part, mes intérêts épistémologiques et historiographiques ne furent pas isolés des graves problèmes politiques, économiques, sociologiques et anthropologiques du monde contemporain,

<sup>36</sup> A. Grothendieck, «La Nouvelle Eglise Universelle», in R. Jaulin, éd., *Pourquoi la mathématique?*, Paris, UGE, 1974, p. 11-25. Voir J. Grinevald et al., *La Quadrature du CERN*, Lausanne, Editions d'en bas, 1984.

<sup>37</sup> Voir les trois premiers *Cahiers de l'IED*.

<sup>38</sup> J. Grinevald, *Science et développement: esquisse d'une approche socio-épistémologique*, *op. cit.* Peu après cette publication, le professeur Jean-Jacques Salomon, au Conservatoire national des arts et métiers, à Paris, me présenta Bruno Latour... et nous discutâmes dans un petit restaurant de la socio-épistémologie et de l'effet de (Michel) Serres!

« en développement ». Mon amitié – assez polémique – avec l'historien économiste Paul Bairoch (1930-1999), m'aida à suivre, plus ou moins, les grands thèmes et les grands auteurs de l'histoire économique, et notamment les controverses de l'historiographie de la Révolution Industrielle et du développement économique.

Mon enquête sur la notion d'entropie, dont les multiples acceptions et usages laissent le profane si perplexe, surtout avec les avatars de la mécanique statistique (classique et quantique) et de la théorie de l'information<sup>39</sup>, me conduisit toujours plus profondément au cœur de la « mission civilisatrice » de l'Occident, « au cœur des ténèbres »<sup>40</sup>. Ce n'est que tardivement que je découvris les grands débats du Collège de Sociologie (1937-1939), non pas tant directement, grâce à mon intimité avec l'écrivain Armand Petitjean (1913-2003), l'ancien camarade de Caillois et le protégé de Paulhan, retiré dans son mas médiéval fortifié des Cévennes, que par l'intermédiaire de mes lectures et discussions avec Gérard Berthoud, grand connaisseur de l'œuvre de Georges Bataille (1897-1962). Nous faisons tous les deux grand cas de *La Part maudite, précédé de La Notion de dépense* (Paris, Editions de Minuit, 1949; rééd. 1969). C'est peut-être bien grâce à Gérard – je ne m'en souviens pas – que j'ai lu cet extraordinaire essai d'économie générale, qui adoptait le deuxième principe de la thermodynamique, la loi de l'entropie, comme paradigme et à vrai dire comme mythe cosmogonique. « Significativement, Bataille faisait référence à *La Biosphère* de Vernadsky dont le paradigme était thermodynamique », ai-je noté dans ma thèse de philosophie *Energie et civilisation : de Vitruve à Carnot et retour* (Université de Paris-X Nanterre, 1979, p. 94). Ce point fut d'ailleurs remarqué par l'économiste Marc Guillaume qui était membre de mon jury, à côté de Michel Serres et Jacques Merleau-Ponty, lors de la soutenance en décembre 1979. Mais je n'ai pas pris cela très au sérieux à l'époque, Bataille n'étant pas ma tasse de thé ! Un peu plus tard, j'ai emprunté à Gérard – je m'en souviens bien – le tome VII des *Œuvres complètes* de Bataille, pour en savoir un peu plus sur ce projet d'« économie générale », « à la mesure de l'univers », dont le paradigme thermodynamique, à vrai dire énergétique, avait été discuté avec son ami Georges Ambrosino (1912-1984), un physicien proche de Louis de Broglie (1892-1987) et donc du bergsonisme (une métaphysique du devenir irréversible qui a incontestablement marqué la pensée évolutionniste de Georgescu-Roegen, comme d'ailleurs celle de Prigogine, son grand rival dans l'interprétation de la loi de l'entropie).

L'histoire conceptuelle et l'épistémologie des relations entre la thermodynamique, la biologie et l'économie me passionnèrent, et Georgescu-Roegen était le meilleur interlocuteur possible. A Barcelone, l'ami Juan Martinez-Alier, en collaboration avec le physicien Klaus Schlüpmann, publia un ouvrage remarqué, *Ecological Economics: Energy, Environment and Society* (Oxford,

<sup>39</sup> Voir Ph. Gagnon, *La théologie de la nature et de la société à l'ère de l'information*, Paris/Montréal, Cerf/Fides, 2002. J. Segal, *Le Zéro et le Un : Histoire de la notion scientifique d'information au 20<sup>e</sup> siècle*, Paris, Syllepse, 2003. C. Fontaine, *L'empire cybernétique : des machines à penser à la pensée machine*, Paris, Seuil, 2004.

<sup>40</sup> Voir S. Lindqvist, *Exterminez toutes ces brutes*, Paris, Le Serpent à plume, 1998; et *Maintenant tu es mort. Le siècle des bombes*, Paris, Le Serpent à plume, 2002.

Basil Blackwell, 1987; 2<sup>e</sup> éd. 1990), qui contribua à la formation de la nouvelle école interdisciplinaire qui prit le nom de Economie écologique, diffusant une perspective historique du dogme néo-énergétique à la mode chez les écologistes et les ingénieurs environnementalistes, malgré la mention explicite des vives critiques de Georgescu-Roegen à l'encontre de ce paradigme (lourd de conséquences idéologiques et politiques) hérité de la thermodynamique, de la chimie physique (W. Ostwald) et de l'histoire tumultueuse de la théorie physique au tournant du XIX<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècle. Le livre de Martinez-Alier, qui citait aussi mes recherches, venait cependant juste un peu trop tôt, dans la mesure où, en 1987, la science vernadskienne de la biogéochimie et de la Biosphère commençait à peine à arriver sur le devant de la scène scientifique internationale, dans le sillage de l'hypothèse Gaïa et de l'*International Geosphere Biosphere Programme* (IGBP).

Ce qui était en question, dans l'idée d'une approche socio-épistémologique, voire d'une épistémologie réellement relativiste, c'était, à mon sens, la possibilité, la nécessité même, d'intégrer le phénomène socio-économique de la Révolution Industrielle dans l'immense évolution biogéologique de la Biosphère, autrement dit dans l'histoire humaine de la face de la Terre, et, ce faisant, peut-être, « l'espoir d'une anthropologie culturelle qui intégrerait la pensée scientifique elle-même »<sup>41</sup>.

Sans mes discussions avec Gérard Berthoud, et sans doute aussi Fabrizio Sabelli, je serais probablement passé à côté non seulement de Bataille, mais aussi de Karl Polanyi (1886-1964), dont Berthoud est devenu un grand connaisseur, mondialement reconnu<sup>42</sup>. Curieusement, Georgescu ne citait pas Polanyi, et je ne me souviens pas en avoir discuté avec lui. S'il y a des affinités et des convergences, la problématique *bioéconomique* évolutive de Georgescu-Roegen, formulée dans le contexte de la recherche scientifique des années 50-70, n'est pas commensurable, sur le plan épistémologique et philosophique, avec *The Great Transformation* de Polanyi, qui date d'avant la fin de la Deuxième Guerre mondiale. Une étude comparative reste sans doute à faire.

C'est surtout la dimension épistémologique, et auto-critique, de l'anthropologie générale de Berthoud qui me passionna. Cependant, cette passion de longue durée puise ses sources, grâce à mes études de philosophie, avant Mai 68, dans ma lecture précoce de *La pensée sauvage* de Claude Lévi-Strauss (je regrette et je ne comprends pas pourquoi j'ai oublié de citer ce livre de 1962 de Lévi-Strauss dans mon essai de socio-épistémologie de 1975 où l'ombre de l'anthropologie structurale de Lévi-Strauss est pourtant bien présente!). J'ai éprouvé une admiration grandissante pour l'auteur de *Tristes tropiques*, bien avant d'ailleurs de bénéficier de l'insigne privilège de m'entretenir avec lui, en tête à tête, dans son « laboratoire » du Collège de France, à propos de l'*entropologie* et de son différent avec

<sup>41</sup> J. Grinevald, « Révolution industrielle, technologie de la puissance et révolutions scientifiques », *La fin des outils : technologie et civilisation. Cahiers de l'IUED*, n° 5, 1977, p. 147-202. Voir aussi P. Feyerabend, *Adieu la Raison*, Paris, Seuil, 1989; et S. Harding, *Is Science Multi-Cultural? Postcolonialisms, Feminisms, and Epistemologies*, Bloomington and Indianapolis, Indiana University Press, 1998.

<sup>42</sup> G. Berthoud, « Un anti-économiste nommé Polanyi », *Bulletin du MAUSS*, n° 18, 1986, p. 53-104; « Toward a comparative approach: the contribution of Karl Polanyi », in Karl Polanyi-Levitt, ed., *The Life and Work of Karl Polanyi*, Montréal/New York, Black Rose Books, 1990, p. 171-182.



Piaget, et donc aussi sa bête noire, Lévy-Bruhl, que défendait Piaget<sup>43</sup>. Cet intérêt épistémologique pour ou contre l'histoire (le « sens de l'Histoire »), le temps irréversible inventé par la révolution thermo-industrielle, la machine à vapeur comme dit Lévi-Strauss qui n'a pas oublié son Bergson, a été profondément marqué, très concrètement, par mon long séjour de « coopérant » au Tchad, où je me suis retrouvé perdu comme un « petit prince » entre le Sahara et « les racines du ciel » (Romain Gary). A mon retour d'Afrique (1970-1971), il me fallait reconstruire, sur des bases nouvelles, toute mon éducation de « petit blanc » formé par les écoles chrétiennes de la tradition catholique française. J'ai mis du temps à opérer cette métamorphose...

Dans la chaleur lumineuse et la sécheresse ingrate du Ouaddaï, au contact des Peul, des Toubou, des Touareg, des Sara (et j'en oublie d'autres), j'avais ressenti obscurément une double transformation intérieure: l'effondrement de mes convictions universalistes occidentales (chrétiennes), donc l'émergence de la question de l'ethnocentrisme, de mon sociocentrisme, et la découverte intime, sans doute préparée par mes lectures de Camus et de Teilhard de Chardin, voire l'enseignement de la pensée cosmologique du regretté Jacques Merleau-Ponty (1916-2002), du sentiment cosmique et géologique. Rien de mieux pour cela que les longues marches en brousse ou dans le désert sous le ciel étoilé, par une nuit où la lune remplace les lampadaires de notre société industrielle.

Avec la mouvance écologique, avec « l'écologie profonde » (Arne Naess) si mal reçue en France, j'ai approfondi cette prise de conscience et l'évidence s'imposa dans mon esprit que notre civilisation moderne, urbano-industrielle, avait tout simplement perdu non seulement le sentiment de la nature, mais plus profondément encore, le sens du Cosmos, de notre appartenance à ce « grand Tout, animé d'un souffle de vie », pour reprendre l'expression de Goethe citée par Alexandre de Humboldt (1769-1859) dans les premières pages de son grand livre significativement intitulé *Kosmos*, publié à la fin de sa vie juste avant que la révolution thermo-industrielle consacre le triomphe du Capital sur la terre. Le dépaysement africain – que Gérard Berthoud partageait – en dehors de l'aire industrielle (comme disait Lévi-Strauss) ressemblait à mon chemin de Damas, le commencement de cette *metanoia* dont me parla si souvent Armand Petitjean, véritable prophète de « l'exode de l'Occident » qui était l'éminence grise la plus discrète – et peut-être bien la plus secrète – que j'ai rencontrée dans la nébuleuse écologique européenne<sup>44</sup>. C'est avec Armand Petitjean que j'ai le plus discuté des travaux critiques sur les technosciences de l'Occident<sup>45</sup>. Mon commerce (au vieux sens du terme) avec Gérard Berthoud était parallèle et je dois dire ici que A. M. Petitjean,

<sup>43</sup> J. Grinevald, « Interviews avec Jean Piaget et Claude Lévi-Strauss », *Revue européenne des sciences sociales*, t. XXII, n° 67, 1984, p. 165-178.

<sup>44</sup> Voir les ouvrages de la collection « Ecologie » (Fayard) dirigée par Armand Petitjean; et *Quelles limites? Le Club de Rome répond...* Réponses de D. Meadows, le Club de Rome, G. Pichet, réunies par A. Petitjean, Paris, Seuil, 1974.

<sup>45</sup> J. Grinevald, « Entropologie: le catastrophisme en perspective », *Crise et chuchotements. Cahiers de l'IUED*, n° 15, 1984, p. 165-195; « L'aspect thanatocratique du génie de l'Occident et son rôle dans l'histoire humaine de la Biosphère », *Revue européenne des sciences sociale*, t. XXIX, n° 91, 1991, p. 45-64; « Note sur la spécificité d'une dynamique civilisationnelle », *Brouillons pour l'avenir. Nouveaux Cahiers de l'IUED*, n° 14, 2005, p. 75-97.

ce grand lecteur (que Gaston Bachelard, avant la guerre, appela « le Rimbaud de la philosophie »), appréciait beaucoup les réflexions de Berthoud dans ce domaine<sup>46</sup>. Un domaine qui implique – comme on commence à peine à la reconnaître – de repenser la Révolution Industrielle dans le contexte climatique, biogéochimique et écologique de la Biosphère (du système Terre), et son évolution de longue durée. La double crise de la biodiversité et du réchauffement planétaire nous prouve que le temps presse, irrévocablement.

### LE PRINCIPE DE GUYE ET LA PLURALITÉ DES MONDES

Ce que nous pouvons appeler le principe épistémologique de Guye, trop souvent négligé par les empiristes qui proclament qu'il faut s'en tenir aux faits, nous a été transmis par le professeur Jean Piaget (1896-1980), dont les « études sociologiques » nous servirent de tremplin, à l'Institut d'études du développement, pour une critique socio-anthropologique de la rationalité moderne occidentale, imposée au monde avec la Révolution militaro-industrielle européenne du XIX<sup>e</sup> siècle. Ici, il faut rappeler la belle étude critique de Gérard Berthoud, à laquelle Piaget n'a jamais répondu<sup>47</sup>. Notre séminaire de recherche interdisciplinaire (un tantinet indiscipliné) sur « l'épistémologie de l'étude des relations interculturelles » me fournit l'occasion d'esquisser une approche *socio-épistémologique* qui cherchait à renouveler, sur d'autres bases anthropologiques et cognitives, la problématique « science et développement » dont on discutait alors, dans le sillage de Joseph Needham (1900-1995), à l'UNESCO, où officiellement on opposait « la diversité des cultures et l'universalité de la science ».

Dans mon mémoire sur « la notion d'entropie dans la pensée contemporaine » (1973), j'avais repris à Lévi-Strauss l'expression d'« entropologie » (la conclusion de *Tristes tropiques*), souvent mal interprétée, faute d'en connaître les sources. J'avais aussi trouvé l'expression « (Entropie)Anthropie » dans les *Cahiers* posthumes de Paul Valéry, l'un des premiers penseurs à mon goût (proche de Bergson) de la « révolution carnotienne ». Cette façon indisciplinée de mettre en pratique la « transdisciplinarité » (personnellement transmise par Piaget) m'avait amené à mêler une critique anthropologique, le « regard en retour », comme disait Gérard Berthoud, avec les leçons de l'histoire mal connue de la thermodynamique, la science de l'énergie de l'Europe de la révolution industrielle du XIX<sup>e</sup> siècle. L'anthropologie économique, l'historiographie de la Révolution industrielle, plus la socio-épistémologie de la thermodynamique (il manquait encore la biogéochimie !), cela donnait un tout nouveau regard sur l'ère, l'aire et l'air de notre civilisation thermo-industrielle occidentale.

---

<sup>46</sup> Voir *Les techniques. Enjeux humains et sociaux. Revue européenne des sciences sociales*, t. XXIX, n° 91, 1991; et *Sciences et techniques dans la société. Revue européenne des sciences sociales*, t. XXXV, n° 108, 1997.

<sup>47</sup> G. Berthoud, « L'identité et l'altérité: pour une confrontation de l'épistémologie génétique et de l'anthropologie critique », in G. Busino, éd., *Les sciences sociales avec et après Jean Piaget*, Genève, Librairie Droz, 1976, p. 471-494.

A la suite de Lévi-Strauss, et donc de Gobineau (dont Lévi-Strauss revendique l'inspiration), le Gobineau naturaliste, contemporain du principe de Carnot et de la « mort thermique de l'Univers » par dissipation de l'énergie mécanique (William Thomson, Clausius, Helmholtz...), précurseur de l'entropie du mélange (Gibbs), et aussi à la suite de la *Todestrieb* de Freud, « la Thanatocratie » de Michel Serres, je voyais des métaphores de l'entropie partout dans la culture scientifique de la société industrielle qui épuise les réserves géologiques accessibles d'hydrocarbures ! Epistémologie anti-nature de l'*Homo hydrocarbonus* ! Le principe de Carnot était appelé une « sentence de mort » par confinement (Léon Brillouin), d'où la nécessité de l'*ouverture* des systèmes vivants (à partir de Schrödinger et de Bertalanffy), ce que l'éminent physico-chimiste de l'École de Bruxelles, Ilya Prigogine (1917-2003), appela les « structures dissipatives ». Se développait, en effet, d'une manière philosophiquement remarquable, une thermodynamique hors de l'équilibre, une véritable *thermodynamique* des processus irréversibles, à côté de la thermodynamique classique, qui n'était qu'une *thermostatique* enfermée dans le paradigme newtonien-laplacien de l'équilibre. Piaget et aussi le philosophe François Meyer (1912-2004) m'avaient alerté sur cette évolution récente de la théorie thermodynamique, à la recherche d'une thermodynamique de l'évolution. C'est Piaget qui me donna à lire, pour la première fois, le livre de 1971 de Paul Glansdorff et Ilya Prigogine<sup>48</sup>. La confrontation des idées de Prigogine avec celles de Georgescu-Roegen m'excita énormément. Il y avait là manifestement deux interprétations divergentes de la loi de l'entropie – *das Prinzip der Vermehrung der Entropie* comme l'appela Max Planck (1858-1947), qui en déplorait le caractère « anthropocentrique »<sup>49</sup> – et de l'entropie comme « flèche du temps »<sup>50</sup>. Que la loi de l'entropie croissante ne soit plus une flagrante contradiction pour la biologie et la théorie de l'évolution, mais au contraire, une condition fondamentale nécessaire, cela devenait une nouvelle évidence, démontrée aussi bien par Prigogine que par Georgescu-Roegen (et quelques autres comme Jeffrey S. Wicken, Eric D. Schneider ou Robert E. Ulanowicz...), mais avec des implications idéologiques et pratiques fort divergentes. La notion de production d'entropie donne tout son sens aux idées de *durée* (Bergson), d'irréversibilité, d'anisotropie du temps (O. Costa de Beauregard, B. Gal-Or), mais l'irréversibilité de la civilisation thermo-industrielle de l'âge d'or des combustibles fossiles et de l'abondance des ressources minérales non renouvelables (Georgescu-Roegen) n'est curieusement pas encore au centre du débat international. Elle n'est d'ailleurs pas à la même échelle que l'auto-organisation des systèmes vivants dont s'occupait Prigogine, visiblement plus optimiste que Georgescu-Roegen. L'échelle d'observation et d'intelligibilité fait toujours problème, dès qu'on aborde les problèmes de la hiérarchie de l'organisation du vivant, de la cellule à la Biosphère, sans oublier l'observateur, qui appartient en

<sup>48</sup> P. Glansdorff et I. Prigogine, *Structure, stabilité et fluctuations*, Paris, Masson, 1971.

<sup>49</sup> M. Planck, *Initiations à la physique*, Paris, Flammarion, 1993, p. 7-38 (trad. de l'allemand, 1909); voir aussi M. Planck, *Eight Lectures on Theoretical Physics*, New York, Dover, 1998, p. 1-20. Voir aussi C. A. Gearhart, « Planck, the quantum, and the historians », *Physics in Perspective*, n° 4, 2002, p. 170-215.

<sup>50</sup> A. Eddington, *La nature du monde physique*, Paris, Payot, 1929, p. 83.

l'occurrence à l'espèce humaine, et donc à ce qu'on appelle la Nature, le monde, la Terre, l'écosystème, l'écosphère, Gaïa ou la Biosphère.

## DE LA RÉVOLUTION THERMO-INDUSTRIELLE À L'ÉCOLOGIE PLANÉTAIRE

Dès 1965 (je conserve un vif souvenir de mes rencontres décisives avec Jacques Monod et Joël de Rosnay), j'ai été fasciné par le concept d'entropie et sa prodigieuse carrière dans la pensée scientifique de l'âge industriel. Issu du principe de Carnot (1824), devenu le Second Principe de la Thermodynamique, au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, ce concept fut laborieusement forgé par le physicien allemand Rudolf Clausius (1822-1888), dans sa Théorie mécanique de la chaleur. Nombre de savants de l'époque rejetèrent cette notion trop abstraite. Cette nouvelle « quantité » physique exprimait, selon Clausius, le quotient d'une différence de chaleur divisée par la température absolue ! William Thomson, en Grande-Bretagne, préférait parler de la dissipation de l'énergie mécanique, c'était beaucoup plus clair pour la mentalité industrielle des ingénieurs et l'idéologie économique de la *pax britannica*. C'était surtout une grandeur thermodynamique spécifique, inédite et surprenante, plutôt mal accueillie, qui ne se conservait pas dans les processus réels, c'est-à-dire irréversibles. Le concept d'entropie, au cœur du Second Principe de la Théorie mécanique de la chaleur (Clausius, Planck), concept « prodigieusement abstrait » (Henri Poincaré), était inconnu de la science newtonienne de l'Europe classique préindustrielle. Que faire pour intégrer l'entropie de la théorie de la chaleur, de « la puissance motrice du feu » (Sadi Carnot), sans bouleverser les fondements philosophiques de la science « mécaniste et arithmomorphique » (Georgescu-Roegen) de l'Occident ? L'entropie fut interprétée, et expliquée, avec la théorie cinétique des gaz, comme une notion essentiellement probabiliste, par Boltzmann, Gibbs, puis Einstein et Planck, et beaucoup d'autres ensuite. Cela souleva des controverses virulentes au tournant du XIX<sup>e</sup> et du XX<sup>e</sup> siècle<sup>51</sup>. En dilettante, au vieux sens italien du terme, j'ai essayé de pénétrer cette littérature spécialisée (pleine de paradoxes et de formules mathématiques), et c'est ainsi, en 1973, grâce à un physicien théoricien critique à l'endroit de l'analogie entre l'information et l'entropie (J.-M. Jauch), comme Georgescu-Roegen, que je fis la connaissance pour la première fois avec *The Entropy Law and the Economic Process* (Harvard University Press, 1971). Le *magnum opus* de Nicholas Georgescu-Roegen, économiste mathématicien, mais aussi extraordinaire épistémologue et philosophe, revisitait cette affaire controversée (malgré le triomphe du formalisme de la mécanique statistique avec la théorie mathématique de l'information) en y apportant un point de vue original, proche de « l'économie

---

<sup>51</sup> P. et T. Ehrenberg, « Begriffliche Grundlagen der statistischen Auffassung in der Mechanik », in F. Klein und C. H. Müller, eds., *Encyklopädie der Mathematische Wissenschaften*, t. IV, vol. 1, Leipzig, B. G. Teubner, 1912, p. 41-51. Il existe une traduction française peu connue : « Mécanique statistique », in J. Molk, éd., *Encyclopédie des sciences mathématiques pures et appliquées*, t. IV, vol. 1, Paris, Gauthier-Villars, 1915, p. 188-271. Sur les paradoxes de l'irréversibilité, voir N. Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1971 (notamment le chap. VI, « Entropy, Order, and Probability », p. 141-169).

de la pensée» de Mach, mais avec une perspective biophysique et évolutive d'une puissance heuristique incomparable. La Loi de l'Entropie n'était plus tant « la plus métaphysique des lois de la physique » (Bergson, *L'Évolution créatrice*, 1907, chap. III), mais « la plus économique ». La thermodynamique issue de la « révolution carnotienne » était bien la plus économique de nos sciences de la nature, elle relie la vie de l'économie, comme l'économie de la vie, avec le reste de la nature !

Le fait que l'unique ouvrage de philosophie de Lénine (*Matérialisme et empirio-criticisme*, Moscou, 1909; 2<sup>e</sup> éd. 1920; trad. fr. 1928) portait sur cette controverse, et tranchait dogmatiquement en faveur de Boltzmann, portant « un coup mortel à la doctrine de Mach » et donc à ses « disciples russes » (avec les conséquences tragiques que l'on sait), en dit long sur les enjeux politico-idéologiques et culturels de cette crise de la théorie physique qui a fait couler beaucoup d'encre... et aussi beaucoup de sang. Et l'affaire n'est pas finie ! Les savants voulaient ignorer les relations intimes entre la science, la technique et la raison d'Etat, c'est-à-dire la guerre, ils avaient inventé, vers 1880, la doctrine de la « science pure » (le mathématicien et physicien H. Poincaré y est pour quelque chose) ! Les protagonistes de cette querelle entre énergétistes et atomistes avaient préparé, naïvement, sans le savoir, les fondements scientifiques de l'aventure du nouvel « âge nucléaire », dont le monde découvrit la tragique réalité en août 1945, avec l'holocauste de Hiroshima et Nagasaki. La course aux armes de destruction massive ne faisait que commencer. Comme l'écrivit Günther Anders (1902-1992), *Hiroshima ist überall*.

A l'IUED, cette conscience critique de l'âge nucléaire, au voisinage direct de la *Peace Research* de Johan Galtung (un ami norvégien du philosophe Arne Naess), que Roy Preiswerk (1934-1982), notre directeur, avait fait venir à l'IUED, réunit au début des années 80 quelques enseignants et chercheurs pacifistes autour de Roy Preiswerk, à qui je dois mon intégration définitive à l'IUED. Ce fut une époque d'intense réflexion sur la violence structurelle, le militarisme et la culture des armes. Aspect mal connu des sciences sociales du développement ! Aspect incontournable pourtant du développement international !

### UNE QUESTION D'ÉCHELLE ET DE POINT DE VUE

L'échelle globale, planétaire, est bien entendu une construction sociale, issue de l'histoire de la mondialisation (Teilhard de Chardin parlait de « planétarisation ») et du développement scientifique et technologique (le « déferlement » dont parle Michel Tibon-Cornillot) de la civilisation occidentale, que je qualifie parfois, si l'expression ne sonnait pas un peu trop barbare, de stato-militaro-scientifico-urbano-industrielle. On ne peut donc raisonnablement parler de cette approche globale, c'est-à-dire à l'échelle du globe, sans situer localement, géographiquement, historiquement et culturellement, le point de vue de cette science occidentale qui vise une telle intelligibilité globale de notre Système Terre.

« C'est l'échelle d'observation qui crée le phénomène »<sup>52</sup>, enseignait le physicien suisse Charles-Eugène Guye (1866-1942), professeur à l'Université de

<sup>52</sup> Ch.-E. Guye, *L'évolution physico-chimique*, Lausanne, Librairie de l'Université F. Rouge & Cie, 1947, p. 147 (1<sup>e</sup> éd. : Paris, Etienne Chiron, 1922).

Genève, connu pour sa vérification expérimentale de la formule de Lorentz-Einstein concernant la variation de la masse de l'électron avec la vitesse<sup>53</sup>. Au cours de mon enquête sur « la notion d'entropie dans la pensée contemporaine »<sup>54</sup>, cette question de l'échelle d'observation et d'intelligibilité s'imposa, sans que je sois en mesure d'en saisir toutes les implications, non seulement dans les débats philosophiques sur les fondements de la microphysique statistique, mais encore et surtout dans les controverses sur les rapports, discutés par nombre de chercheurs<sup>55</sup>, entre le Second Principe de la thermodynamique (le principe de Carnot généralisé dans la loi de l'entropie par Rudolf Clausius et Max Planck) et les phénomènes biologiques. En deux mots, comment réconcilier la genèse, l'évolution et l'organisation du vivant avec la loi universelle de l'entropie croissante. La philosophie européenne du XIX<sup>e</sup> siècle (qui n'est pas morte au début du XX<sup>e</sup> siècle malgré la Grande Guerre et la Révolution russe...) a été traversée par ce lancinant débat où se mêlent l'idéologie progressiste de l'industrialisation et « le mythe de l'Éternel retour » (Mircea Eliade)<sup>56</sup>. On occulta longtemps les liens réels entre la thermodynamique, la Révolution industrielle et la Terre en tant que planète.

Comme le met en évidence, à mon sens, l'affaire Georgescu-Roegen<sup>57</sup>, nos sciences sociales, et en particulier notre science économique, si justement nommée néo-classique, réagirent assez curieusement à ce débat épistémologique et cosmologique de la révolution scientifique et industrielle du XIX<sup>e</sup> siècle. En 1973, l'écrivain encyclopédiste Roger Caillois (1913-1978) l'avait bien résumé : « Il est difficile d'admettre indéfiniment que Darwin et Carnot ont raison à la fois,

<sup>53</sup> Sur Charles-Eugène Guye, voir J. Piaget, éd., *Logique et connaissance scientifique*, Encyclopédie de la Pléiade, Paris, Gallimard, 1967, p. 1170-1172; et P. Speziali, *Physica Genevensis*, Ch. P. Enz, éd., Genève, Georg, 1997, p. 277-294. Pierre Speziali (1913-1995), qui m'honorait de son amitié et de sa générosité, avait publié en français un livre extraordinaire qui m'a toujours fasciné : Albert Einstein, Michele Besso, *Correspondance. 1903-1955*, Paris, Hermann, 1972.

<sup>54</sup> Titre de mon mémoire de maîtrise de philosophie, Université de Besançon, 1973. Grâce à mon ami Pierre Moessinger, j'avais noué des liens personnels avec l'épistémologie génétique de Piaget et de ses collaborateurs. Voir J. Grinevald, « Epistémologie critique et non-violence », in Roy A. Preiser, *A contre-courants : l'enjeu des relations interculturelles*, G. Rist, éd. Lausanne, Editions d'en bas, 1984, p. 147-162.

<sup>55</sup> Comme Alfred Lotka, Ludwig von Bertalanffy, Erwin Schrödinger, Léon Brillouin, Olivier Costa de Beauregard, Jacques Monod, Ilya Prigogine, Harold Blum, Harold Morowitz, David Gates, Kenneth Denbigh, Nicholas Georgescu-Roegen, James Lovelock, Jeffrey Wicken, et d'autres moins connus. Voir E. Schneider and D. Sagan, *Into the Cool: Energy Flow, Thermodynamics and Life*, Chicago, University of Chicago Press, 2005. Le philosophe et épistémologue Jacques Merleau-Ponty (1916-2002), mon directeur de thèse à Paris, avait conclu son grand livre sur *La cosmologie du XX<sup>e</sup> siècle. Etude épistémologique et historique des théories de la cosmologie contemporaine* (Paris, Gallimard, 1965, p. 455) par cette admirable formule qui résume bien la portée cosmologique du second principe de la thermodynamique : « Nous vivons de ce qu'un astre n'en finit pas de mourir. »

<sup>56</sup> J. Grinevald, « Le progrès et l'entropie », in *Le Progrès en Questions* (Actes du IX<sup>e</sup> colloque de l'A.I.S.L.F., Sociologie du progrès, Menton, 12-17 mai 1975), vol. I, Paris, Anthropos, 1978, p. 89-129; et « Progrès et entropie, cinquante ans après », in D. Bourg et J.-M. Besnier, éd., *Peut-on encore croire au progrès?*, Paris, PUF, 2000, p. 197-227.

<sup>57</sup> J. Grinevald, « Le sens bioéconomique du développement humain : l'affaire Nicholas Georgescu-Roegen », *Revue européenne des sciences sociales*, t. XVIII, n<sup>o</sup> 51, 1980, p. 59-75.

sans essayer de trouver à leurs intuitions fondamentales un point d'articulation.»<sup>58</sup> En 1970, dans *Le hasard et la nécessité*, ce livre bien connu sur « la philosophie naturelle de la biologie moderne » (bible de l'épistémologie réductionniste, cartésienne, de la biologie moléculaire de l'époque de la guerre froide), très controversé aussi, le célèbre biochimiste français Jacques Monod (1910-1976) était revenu sur la « flagrante contradiction épistémologique »<sup>59</sup> que la pensée scientifique occidentale avait construite, au XIX<sup>e</sup> siècle, autour de l'apparente opposition entre le « vivant » et le second principe de la thermodynamique<sup>60</sup>, comme si le vitalisme n'avait pas été éliminé par la révolution des sciences physico-chimiques et notamment par l'énergétique du métabolisme.

Pour la génération scientifique à laquelle appartenait J. Monod, aux origines de la biologie moléculaire (et assez méprisante vis-à-vis de l'écologie naturaliste), la réconciliation de la biologie avec la physique statistique moderne semblait un fait accompli, grâce à la Cybernétique et à la théorie de l'information, mais aussi depuis la publication retentissante de *What is life? The Physical Aspect of the Living Cell*, le fameux petit livre du physicien autrichien Erwin Schrödinger (1887-1961) issu des conférences qu'il avait données en exil, en 1943, à Dublin (Irlande)<sup>61</sup>. Ce livre de Schrödinger a marqué un tournant dans le débat sur le statut physique de l'organisation biologique, dont le fonctionnement (le métabolisme) règle parfaitement ses dettes avec la comptabilité du premier et du second principes de la thermodynamique. Le paradoxe de l'apparente violation du principe de Carnot n'était qu'un malentendu, logique et historique. Cela dit, le débat ouvert dès la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, relancé par le chapitre VI, « Ordre, désordre et entropie », de *What is Life?*, n'est toujours pas épuisé, si l'on veut bien voir ses prolongements actuels en écologie théorique, à l'échelle de la Biosphère (ou Gaïa) et dans le sillage divergent provoqué par Prigogine d'une part et Georgescu-Roegen d'autre part<sup>62</sup>.

Autrement dit, si l'on change d'échelle et de point de vue, le réel apparaît sous un autre aspect, si différent qu'il change de sens. A la suite du professeur Ilya Prigogine, on peut désormais considérer l'auto-organisation de la Biosphère dans son immense coévolution biogéologique à l'échelle de la planète Terre dans le

<sup>58</sup> R. Caillois, *La dissymétrie*, Paris, Gallimard, 1973, p. 10. Voir aussi I. Prigogine et I. Stengers, *La Nouvelle Alliance. Métamorphose de la science*, Paris, Gallimard, 1979, p. 144.

<sup>59</sup> J. Monod, *Le hasard et la nécessité : essai sur la philosophie naturelle de la biologie moderne*, Paris, Seuil, 1970, p. 32.

<sup>60</sup> N. Wiener, *The Human Use of Human Beings: Cybernetics and Society*, Garden City, New York, Doubleday/Anchor Books, 1954 (trad. fr.: *Cybernétique et Société*, Paris, UGE, 1962). Voir J. Grinevald, « Progrès et entropie, cinquante ans après », in D. Bourg et J.-M. Besnier, eds., *Peut-on encore croire au progrès?*, Paris, PUF, 2000, p. 197-227.

<sup>61</sup> E. Schrödinger, *What is Life? The Physical Aspect of the Living Cell*, Cambridge, Cambridge University Press, 3e éd. 1967 (trad. fr.: *Qu'est-ce que la vie? De la physique à la biologie*, Paris, Seuil, 1993). Voir aussi M. P. Murphy and L. O'Neill, eds., *What is Life?: The Next Fifty Years*, Cambridge, Cambridge University Press, 1995; et L. Margulis and D. Sagan, *What is Life?*, Berkeley and Los Angeles, University of California Press, 2000.

<sup>62</sup> Voir J. Grinevald, « La thermodynamique, la révolution industrielle et la révolution carnottienne », in Actes du colloque « Thermodynamique et sciences de l'homme », Creteil et Paris, 22 et 23 juin 1981, *Entropie*, hors série, 1982, p. 21-32.

système solaire. A la suite du professeur Nicholas Georgescu-Roegen, on peut considérer le processus économique global du développement (rien à voir avec les théories économiques de la croissance !) de toute l'humanité dans sa dimension physico-chimique (et donc géochimique) à l'échelle des contraintes et des limites de l'environnement global, en l'occurrence la Biosphère du Quaternaire altérée par l'activité humaine (donc la Noosphère ou l'Anthropocène). Prigogine et Georgescu-Roegen sont en effet les deux principales sources d'inspiration des chercheurs qui sont actuellement en train de réviser la conception traditionnelle de la Révolution industrielle et du développement économique. Mais cette recherche aboutit pour l'instant à des vues divergentes et contradictoires, malgré une commune insistance sur la nature évolutive et irréversible de la loi de l'entropie de la thermodynamique. Avec Prigogine, on s'intéresse à la thermodynamique de l'évolution de la biosphère, avec un petit *b*, c'est-à-dire du biote ou des organismes vivants, tandis qu'avec Georgescu-Roegen, le dissident par excellence de la science économique dominante, on se préoccupe de la loi de l'entropie parce qu'elle est « la plus économique des lois physiques ». On découvre, loin des illusions engendrées par les métaphores du formalisme mathématique de la mécanique statistique et de la théorie de l'information, les incontournables « aspects bio-économiques de l'entropie »<sup>63</sup>. C'est une nouvelle perspective, fondamentalement *bioéconomique*.

En fait, comme l'avait compris Georgescu-Roegen, en accord avec la science écologique (souvent très méconnue) de son temps, bien des erreurs proviennent de malentendus et de confusions à propos de l'échelle d'observation et du niveau d'intelligibilité des phénomènes (de la définition des processus et des structures), en l'occurrence de la définition ou de la délimitation des différents systèmes, naturels et artificiels, qui, du point de vue thermodynamique, peuvent et doivent se classer (selon la typologie introduite par l'école de Bruxelles<sup>64</sup>) dans trois catégories, à savoir : les systèmes isolés (qui n'échangent ni matière ni énergie avec leur environnement), les systèmes clos (qui échangent de l'énergie, mais pas de matière, avec leur environnement) et les systèmes ouverts (qui échangent de la matière et de l'énergie avec leur environnement).

Comme on le voit, la thermodynamique, la plus industrielle des sciences de la nature, née des préoccupations technologiques et économiques de la « révolution industrielle » du XIX<sup>e</sup> siècle, constitue un cadre de pensée, non seulement pour les

---

<sup>63</sup> N. Georgescu-Roegen, « Bio-economic aspects of entropy », in L. Kubat et J. Zeman, eds., *Entropy and Information in Science and Philosophy*, Prague, Academia, Amsterdam, Elsevier, 1975, p. 125-142; *Energy and Economic Myths*, op. cit. Bibliographie très complète in N. Georgescu-Roegen, *La Décroissance : entropie, écologie et économie*, présentation et traduction de J. Grinevald et I. Rens, Paris, Editions Sang de la terre, 1995. K. Mayumi et J. M. Gowdy, eds., *Bioeconomics and Sustainability : Essays in Honor of Nicholas Georgescu-Roegen*, Cheltenham, Edward Elgar, 1999; et M. Bonaiuti, *La teoria bioeconomica. La 'nuova economia' di Nicholas Georgescu-Roegen*, Roma, Carocci editore, 2001.

<sup>64</sup> Ilya Prigogine (1917-2003) a reçu en 1977 le prix Nobel de chimie pour sa « contribution à la thermodynamique des phénomènes irréversibles, notamment à la théorie des structures dissipatives ». Voir J. Grinevald, « Une thermodynamique à visage humain », *La Revue polytechnique*, n° 1372, 1978, p. 415-423. Pour une vue d'ensemble de l'évolution de la physique selon Prigogine, voir I. Prigogine et I. Stengers, *La Nouvelle Alliance. Métamorphose de la science*, Paris, Gallimard, 1986.



problèmes de l'énergie et des ressources naturelles, mais encore pour ce qu'on appelle, depuis les années 1960-1970, la problématique de l'environnement et du développement. C'est l'application des concepts et des principes de la thermodynamique au métabolisme des systèmes biologiques et aux flux énergétiques et matériels à toutes les échelles de la hiérarchie de l'organisation biologique (et humaine, avec son « métabolisme » bioéconomique, ou « industriel »), qui est au fondement de la nouvelle écologie scientifique, l'écologie quantitative des écosystèmes<sup>65</sup>. De la thermodynamique à la chimie physique, de la biochimie à la biogéochimie, les rapports entre le vivant et le minéral, l'organisme et son milieu cosmique, ne cessent d'apparaître comme une circulation perpétuelle emportée par le flux irréversible de l'évolution géologique et cosmique de la planète Terre. Cette approche interdisciplinaire et holistique retrouve les grandes intuitions du savant russe Vladimir Vernadsky (1863-1945), qui, dans l'entre-deux-guerres, crée, d'une manière proprement inouïe, la biogéochimie. Le paradigme de Vernadsky, dans *La Géochimie* (1924) et *La Biosphère* (1926, 1929), était explicitement thermodynamique, comme dans l'œuvre parallèle, et complémentaire, du biomathématicien américain Alfred Lotka (1880-1942), ce dernier étant reconnu par Georgescu-Roegen comme l'un des pionniers dans la reconnaissance du fait que la base matérielle de la vie est un processus physico-chimique entropique (apparemment contradictoire, croyait-t-on communément à l'époque de Lotka) et du fait que le processus économique de l'espèce humaine est la continuation, par d'autres moyens, techniques, c'est-à-dire « exosomatiques », du processus biologique<sup>66</sup>.

Les changements d'échelle et de cadre de référence sont au cœur de l'histoire tourmentée de la thermodynamique et de ses relations avec tous les autres domaines de la connaissance traversés par la question de l'énergie et de l'entropie. De la cellule à la Biosphère, c'est-à-dire à l'écosystème global qui caractérise la face de la Terre dans le cosmos, et en l'occurrence le système solaire, la thermodynamique a prouvé son extraordinaire fécondité heuristique et son statut épistémologique fondamental, au point de remettre en question la vision classique de la science newtonienne et laplacienne.

## LE CLOS ET L'OUVERT

La thermodynamique a mis en évidence l'importance fondamentale du métabolisme dans les relations physico-chimiques de tout organisme vivant avec son

---

<sup>65</sup> Voir E. Odum, « Historical review of the concepts of energy flow in ecosystems », *American Zoologist*, n° 8, 1968, p. 11-18; V. Galluci, « On the principles of thermodynamics in ecology », *Annual Review of Ecology and Systematics*, n° 4, 1973, p. 329-357; F. B. Golley, *A History of the Ecosystem Concept in Ecology*, New Haven, Yale University Press, 1993; S. E. Jørgensen, ed., *Thermodynamics and ecological modelling*, Boca Raton, Lewis Publishers, 2001; D. T. Haynie, *Biological Thermodynamics*, Cambridge, Cambridge University Press, 2001.

<sup>66</sup> Voir N. Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1971, p. 10-13, 193-194. Voir J. Grinevald, *Vernadsky y Lotka como fuentes de la bioeconomía de Georgescu-Roegen*, op. cit.; et *The Biosphere and the Noosphere revisited*, op. cit.

« milieu cosmique » (Claude Bernard cité par Vernadsky). L'énergétique du vivant n'est donc pas plus mystérieuse – elle est surtout plus complexe – que l'énergétique des « machines à feu », les moteurs de la civilisation thermo-industrielle. En fait, avec Sadi Carnot (1824) et la nouvelle théorie physique du « monde chaud », c'est le concept de machine qui change de sens, en même temps que celui d'organisme qui passe de l'approche structurale de l'anatomie, voire de l'architecture, à l'approche fonctionnelle de la physiologie, transformant la biochimie en biogéochimie, base de l'écologie globale. Reste à explorer l'organisation biologique selon les différentes échelles de la hiérarchie du vivant, de la cellule microscopique à l'écosystème, et des écosystèmes à la Biosphère, au sens donné à ce terme et à cette notion (introduits en 1875 par le géologue Eduard Suess) par Vernadsky dans les années 1920. C'est le grand système de la « nature vivante » qui anime, et à vrai dire transforme, depuis un temps immémorial, la surface de la Terre, grâce au flux énergétique continu du rayonnement solaire. Ce grand retour vers une théorie générale de la nature, de l'économie de la nature, à l'échelle du monde, a été peu remarqué dans l'entre-deux-guerres, malgré quelques exceptions, dont l'étonnante pensée de Georges Bataille<sup>67</sup>. Cette vision globale de la Terre, demeure de la vie dans le cosmos, s'enracine dans la tradition romantique de la « science humboldtienne », déjà présente dans la grandiose vision cosmique de la Biosphère de Vernadsky, ancêtre de James Lovelock, le père de la fameuse « hypothèse Gaïa ». Le concept Gaïa est désormais largement reconnu, non seulement dans la communauté des sciences de la Terre et de la Vie, mais bien au-delà dans la mouvance écologiste alternative, y compris l'écoféminisme. Avec sa principale collaboratrice, l'éminente microbiologiste américaine Lynn Margulis, et quelques autres chercheurs d'avant-garde, comme Peter Westbroek ou Tyler Volk, « Jim » Lovelock ravive, avec des arguments nouveaux, la métaphore organique dans la pensée géologique (ou plutôt biogéologique) moderne, dans notre « théorie de la Terre », notre extraordinaire demeure cosmique (« Home Planet ») dont l'âge de 4,55 milliards d'années a été découvert dans les années 1950, après le projet Manhattan, c'est-à-dire la fabrication de la bombe atomique et l'essor de la géochimie isotopique<sup>68</sup>. La tradition holistique de la Terre comme « planète vivante », aux racines mythologiques et philosophiques très anciennes, illustrée au Siècle des Lumières par le « Système de la Terre » du docteur James Hutton (1726-1797), un ami intime d'Adam Smith, revient donc de nos jours, d'une manière inattendue, par la grande porte du paradigme biogéochimique de la nouvelle science « interdisciplinaire et holistique » du système Terre (*Earth System Science*). Le changement de perspective est radical par rapport à la métaphore mécaniste de la tradition géophysique classique

<sup>67</sup> Gérald Berthoud connaît bien mieux que moi l'œuvre de Georges Bataille (1897-1962). Sur l'histoire des relations entre l'énergétique (la thermodynamique) et l'économie qui précèdent la révolution bioéconomique de Georgescu-Roegen, voir Juan Martinez-Alier, with Klaus Schlüppmann, *Ecological Economics: Energy, Environment and Society*, Oxford, Basil Blackwell, 1990. Voir la note 74.

<sup>68</sup> Voir Stephen G. Brush, *A History of Modern Planetary Physics*, vol. II, *Transmuted Past*, Cambridge, Cambridge University Press, 1996.

de l'Occident. Cette nouvelle science de la « Terre vivante » se nomme même la géophysologie<sup>69</sup>.

La « révolution carnotienne » a transformé notre image classique de l'économie de la nature. Cependant, malgré l'œuvre révolutionnaire – difficile et encore mal connue – de Nicholas Georgescu-Roegen, le dissident par excellence de la science économique de l'Occident, et les travaux philosophiques fulgurants de Michel Serres dans les années 1970, cette révolution thermo-industrielle, épistémologique et cosmologique, issue de manière proprement romantique, en 1824, du mémoire inouï en son temps du jeune polytechnicien Sadi Carnot (1796-1832), n'a toujours pas transformé la nature de l'économie dominante, et c'est plus que jamais la théorie économique néo-classique qui impose sa loi universelle.

La nouvelle cosmologie de la chaleur, du feu comme disait Sadi Carnot, partie des forges et des « machines à feu » de la Révolution industrielle, a progressivement, d'une manière foudroyante comme un incendie peint par William Turner (1775-1851), envahi toute l'architecture vitruvienne du monde (détruisant le paradigme de l'architecture hydraulique de Bélidor). Avec la révolution thermo-industrielle, on passe bien d'une société froide à une société chaude, pour reprendre la métaphore thermodynamique de Claude Lévi-Strauss. La chaleur transforme le monde, le met au feu, qui crée l'histoire, avec son temps irréversible et irrévocable. C'est cette révolution scientifique que l'hérétique Georgescu-Roegen introduit dans la théorie économique, à l'échelle « macroscopique » de l'économie mondiale, avec son nouveau paradigme qu'il nomma, vers 1974, « bioéconomie ». A ne pas confondre avec le paradigme énergétique de la « bionomie » des frères Eugene P. Odum (1913-2002) et Howard T. Odum (1924-2002), écologistes américains plus largement connus<sup>70</sup> que notre ami économiste mathématicien qui démissionna de l'American Economic Association en 1985, date à partir de laquelle son nom commence à disparaître de l'establishment de la science économique. Plus que d'autres, Georgescu-Roegen était un maître qui nous rendait attentif, comme Galilée dont il citait le livre fondateur de 1638 sur les « deux sciences nouvelles » (*Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*), aux changements d'échelle.

La conceptualisation du clos et de l'ouvert, déjà évoquée, en avance sur son temps, par la philosophie des « deux sources » de Bergson, n'est devenue courante dans la pensée scientifique occidentale qu'assez tardivement, dans l'après-Deuxième Guerre mondiale, avec les développements de la Cybernétique, de la théorie de l'information, de la Théorie générale des systèmes, et de la Thermo-

---

<sup>69</sup> Voir J. Lovelock, *Les Ages de Gaïa*, Paris, Odile Jacob, 1997; *Gaïa. Une médecine pour la planète*, préface de J. Grinevald, Paris, Editions Sang de la terre, 2001. D. Oldroyd, *Thinking about the Earth: A History of Ideas of Geology*, London, Athlone, 1996; P. Westbroek, *Géophysologie: esquisse d'une nouvelle science de la Terre*, Collège de France, Chaire européenne, Leçon inaugurale faite le vendredi 4 octobre 1996, Paris, Collège de France, 1996. D. Schwartzman, *Life, Temperature, and the Earth: The Self-Organizing Biosphere*, New York, Columbia University Press, 1999. T. Volk, *Gaia's Body: Toward a Physiology of Earth*, Cambridge, Mass., MIT Press, 2003; V. Smil, *The Earth's Biosphere: evolution, dynamics, and change*, Cambridge, Mass., MIT Press, 2003.

<sup>70</sup> Voir Ch. A. S. Hall, ed., *Maximum Power: The Ideas and Applications of H. T. Odum*, Niwot, University Press of Colorado, 1995; et E. P. Odum, *Fundamentals of Ecology*, Philadelphia and London, W. B. Saunders, 1971.

dynamique des processus irréversibles, dite aussi de non-équilibre<sup>71</sup>. L'étude de la thermodynamique des systèmes ouverts, hors de l'équilibre, est une nouveauté épistémologique de la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle dont le professeur Ilya Prigogine a fortement souligné la signification philosophique et historique. On n'a cependant pas toujours bien compris toutes les implications pour notre philosophie naturelle et pour notre vision historique du développement intellectuel de l'Europe moderne et de la civilisation industrielle. La thermodynamique dite classique, celle qui dominait, de 1850 à 1950, voire jusqu'au milieu des années 1960, n'était en fait qu'une *thermo-statique*. D'où bien des difficultés, des paradoxes et des impasses, y compris le malentendu de Prigogine vis-à-vis de Georgescu-Roegen. Clifford Truesdell (1919-2000), éminent théoricien et historien des sciences exactes, a parlé, à juste titre, de « la tragédie de la thermodynamique classique ». On pourrait aussi parler de la tragédie de l'économie néo-classique ! La « révolution carnotienne », comme d'autres révolutions scientifiques, est restée une révolution épistémologique invisible, pour la culture occidentale en général et pour les économistes du développement en particulier<sup>72</sup>.

Loin d'éclairer le nouvel « état de nature » (au sens de Moscovici) de l'âge d'or transitoire des combustibles fossiles, en somme de l'ère éphémère de l'*Homo hydrocarbonus*, né il y a à peine deux siècles avec les moteurs de la révolution thermo-industrielle, la prestigieuse science économique occidentale, mathématique, arithmomorphique et mécaniste, comme l'explique notre ami Georgescu-Roegen<sup>73</sup>, masque le « métabolisme industriel », proprement bioéconomique, refoulant en somme « la part maudite » de l'entropie<sup>74</sup>. Cette situation institutionnelle et socio-épistémologique, quasi-religieuse, de « splendide isolement », qui sépare l'analyse économique des autres sciences, aussi bien humaines que naturelles, aveugle notre civilisation militaro-industrielle de la Puissance sur les transformations environnementales planétaires qu'elle provoque ou accélère au nom du Progrès, de la Croissance, du Développement ou de la raison d'Etat. Cette logique « économique » de la division du travail (depuis sa conceptualisation par

---

<sup>71</sup> Voir les travaux de thermodynamique de non-équilibre de l'École de Bruxelles fondée dans l'entre-deux-guerres par Théophile de Donder (1872-1957) et développée par Raymond Defay (1897-1990), Paul Glansdorff (1904-1999) et surtout Ilya Prigogine (1917-2003). Les idées théoriques de cette école ont largement débordé les sciences de la nature et se retrouvent, plus ou moins explicitement, aussi dans les sciences humaines.

<sup>72</sup> Voir N. Georgescu-Roegen, *op. cit.* et J. Grinevald, *op. cit.* Voir aussi le livre très controversé de P. Mirowski, *Plus de Chaleur que de Lumière : L'économie comme physique sociale, la physique comme économie de la nature*, Paris, Economica, 2001 (trad. de l'anglais). Cet essai historique et épistémologique est dédié « Aux philosophes de l'économie les plus pénétrants du XX<sup>e</sup> siècle : Thorstein Veblen, Nicholas Georgescu-Roegen ». Malheureusement, Mirowski n'explore pratiquement pas la « révolution bioéconomique » de Georgescu-Roegen associée à l'interprétation économique et écologique de la Loi de l'Entropie. Voir R. L. Nadeau, *The Wealth of Nature : How Mainstream Economics Has Failed the Environment*, New York, Columbia University Press, 2002.

<sup>73</sup> N. Georgescu-Roegen, *La Science économique : ses problèmes et ses difficultés*, Paris, Dunod, 1970 (trad. de l'anglais). Voir aussi E. R. Weintraub, *How Economics Became a Mathematical Science*, Durham, Duke University Press, 2002.

<sup>74</sup> Voir *La Part maudite, précédé de La Notion de dépense* (Paris, Minuit, 1949) de Georges Bataille, cité in J. Grinevald, *Energie et civilisation : de Vitruve à Carnot et retour*, Université de Paris X-Nanterre, 1979, inédit. Voir la note 67.

Adam Ferguson et Adam Smith) s'inscrit profondément dans la partition – au sens politique du terme – entre l'Homme et la Nature instituée par la « modernité » occidentale. Ce qu'on appelle les « Temps modernes », c'est bien une vision du monde, singulièrement hégémonique et eurocentrique<sup>75</sup>.

Au XIX<sup>e</sup> siècle, l'ampleur de l'industrialisation (et de la croissance démographique), bien faible en comparaison de l'explosion des indices numériques du XX<sup>e</sup> siècle<sup>76</sup>, ne rivalise pas encore – comme depuis les années 1950, et plus encore de nos jours avec l'essor industriel de la Chine – avec les ordres de grandeur de la géochimie et de l'étude quantitative (relativement récente) des cycles biogéochimiques<sup>77</sup>, dont on commence à peine à comprendre le rôle régulateur dans la géophysiosologie de la Biosphère-Gaïa (et de son système climatique). La question des échelles spatio-temporelles est fondamentale. Mais cela implique aussi une nette distinction entre la critique de l'anthropocentrisme nécessaire aux sciences naturelles et la nécessité d'un « humanisme bien ordonné » (Claude Lévi-Strauss<sup>78</sup>) pour la survie de l'humanité. Il faut dépasser une certaine « croyance occidentale »<sup>79</sup> qui a volé en éclats avec « le siècle des bombes » (Sven Lindqvist).

L'anthropologie critique de notre collègue et ami Gérald Berthoud, avec son heuristique « éclairage en retour », constitue plus que jamais une aide précieuse pour tous ceux qui cherchent à reprendre, au-delà de l'illusion du « Grand Partage » (Bruno Latour), le lancinant problème de la diversité des cultures, cette « pluralité des mondes » que l'Occident cherche dans le ciel plutôt que sur la terre<sup>80</sup>.

---

<sup>75</sup> Voir M. Adas, *Machines as the Measure of Men: Science, Technology, and Ideologies of Western Dominance*, op. cit.; L. Pyenson, « The ideology of Western rationality: history of science and the European civilizing mission », *Science and Education*, n° 2, 1993, p. 329-343; et mon épistémologie féministe préférée, Sandra Harding: « La science moderne est-elle une ethnoscience? », in R. Waast, éd., *Les Sciences hors d'Occident au XX<sup>e</sup> siècle*, Paris, ORSTOM, vol. 6, 1995, p. 239-261.

<sup>76</sup> Voir J. McNeill, *Something New Under the Sun: an environmental history of the twentieth century*, op. cit.

<sup>77</sup> J. Grinevald, *The Biosphere and the Noosphere revisited: biogeochemistry and bioeconomics*, op. cit.; W. H. Schlesinger, *Biogeochemistry: An Analysis of Global Change*, San Diego, Academic Press, 1997; V. Smil, *Cycles of Life: Civilization and the Biosphere*, New York, Scientific American Library, 1997; M. C. Jacobson et al., eds., *Earth System Science: From Biogeochemical Cycles to Global Change*, San Diego, Academic Press, 2000.

<sup>78</sup> Voir l'admirable conclusion de *L'Origine des manières de tables (Mythologiques)*, t. III, Paris, Plon, 1968) de Claude Lévi-Strauss, que j'ai reprise, avec un dessin de ma plume, pour une couverture du bulletin *Uni information*, en 1973, puis dans « Révolution industrielle, technologie de la puissance et révolutions scientifiques », *La fin des outils: technologie et civilisation. Cahiers de l'IUED*, n° 5, 1977, p. 151.

<sup>79</sup> G. Rist, *Le Développement. Histoire d'une croyance occidentale*, op. cit.

<sup>80</sup> J. Grinevald, *Science et développement: esquisse d'une approche socio-épistémologique*, op. cit. Voir aussi R. Horton, G. Berthoud et al., *La pensée métisse: Croyances africaines et rationalité occidentale en questions. Cahiers de l'IUED*, n° 19, 1990. Sur l'histoire du thème de la pluralité des mondes jusque dans l'exobiologie et l'astrobiologie actuelles, voir S. J. Dick, *Life on other worlds: the 20th-century extraterrestrial life debate*, Cambridge, Cambridge University Press, 1998. 290 p.; P. Ward and D. Brownlee, *Rare Earth: Why Complex Life is Uncommon in the Universe*, New York, Copernicus, Springer-Verlag, 2000; et *The Life and Death of Planet Earth: How the new science of astrobiology charts the ultimate fate of our world*, New York, Times Books, 2003.

Méthodologiquement, face au grand phénomène de l'industrialisation de la planète, il est clair qu'il nous faut généraliser le mot d'Albert Einstein: «seule la théorie décide de ce que l'on peut observer»<sup>81</sup>. C'était aussi le message de notre ami le linguiste argentin – et sémiologue – Luis Prieto (1926-1996), qui nous apprenait à l'IUED à distinguer la «pertinence» en fonction du point de vue! «Dans l'échange entre la théorie et l'expérience, a écrit François Jacob, c'est toujours la première qui engage le dialogue. C'est elle qui détermine la forme de la question, donc les limites de la réponse. 'Le hasard ne favorise que les esprits préparés', disait Pasteur.»<sup>82</sup> Cela dit, la théorie de l'histoire humaine de la nature, fondée par Serge Moscovici dans son magistral essai de 1968 (en avance sur son temps), est à préciser maintenant dans le cadre scientifique actuel de l'écologie globale de la Biosphère et du nouveau paradigme dénommé en anglais *Earth System Science*, lequel donne toute sa pertinence à «l'heuristique de la peur» (Hans Jonas) qui peut et doit s'associer à la mise en évidence scientifique – un défi philosophico-politique et culturel sans précédent dans l'histoire de l'humanité! – de la crise de la biodiversité et du réchauffement climatique que va provoquer la dérive anthropogénique de l'effet de serre de l'atmosphère de notre Biosphère.<sup>83</sup>

Ce petit essai ne peut s'achever sans exprimer ma reconnaissance et mon amitié à Gérard Berthoud, fidèle compagnon dans la résistance philosophique contre toutes les formes de barbarie, y compris (dans les milieux intellectuels qui se piquent de science et de rationalité) la barbarie del «especialismo»<sup>84</sup>.

*Institut universitaire d'études du développement*  
*Faculté des sciences économiques et sociales*  
*Université de Genève*  
*Jacques.Grinevald@iued.unige.ch*

<sup>81</sup> Cité in W. Heisenberg, *La Partie et le Tout: Le monde de la physique atomique (Souvenirs, 1920-1965)*, Paris, Albin Michel, 1972, p. 113 (trad. de l'allemand).

<sup>82</sup> F. Jacob, *La logique du vivant. Une histoire de l'hérédité*, Paris, Gallimard, 1970, p. 24.

<sup>83</sup> J. Grinevald, «On a holistic concept for deep and global ecology: The Biosphere», *Fundamenta Scientiae*, vol. 8, n° 2, 1987, p. 197-226; «Sketch for a history of the idea of the Biosphere», in P. Bunyard et E. Goldsmith, eds., *GAIA, the Thesis, the Mechanisms and the Implications*, Camelford, Cornwall, Wadebridge Ecological Centre, 1988, p. 1-34; «L'effet de serre de la Biosphère: de la révolution thermo-industrielle à l'écologie globale», *Stratégies énergétiques, Biosphère et Société*, n° 1, 1990, p. 9-34; et «L'effet de serre et la civilisation thermo-industrielle 1896-1996», *Revue européenne des sciences sociales*, t. XXXV, n° 108, 1997, p. 141-146.

<sup>84</sup> J. Ortega y Gasset, *La rebelión de las masas*, Madrid, Editorial Espasa Calpe, 1993 (1<sup>re</sup> éd. 1930), p. 154 (trad. fr.: *La révolte des masses*, Paris, Stock, 1961).