

La difficile conversion à l'écologie de la recherche en économie

Par Quentin COUX

Centre d'économie de la Sorbonne, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Paris

et Gaël GIRAUD

CNRS, Georgetown Environmental Justice Program, Georgetown University, Washington DC

Parce qu'elle a refusé, dans les années 1970, de modifier son cadre d'analyse pourtant remis en cause par le rapport du Club de Rome (1972), l'économie néo-classique se révèle incapable d'appréhender de manière réaliste les défis écologiques contemporains. Une approche alternative, articulée à la thermodynamique, permet cependant de comprendre comment les contraintes écologiques d'un monde fini pèsent sur la dynamique de nos économies.

Les défis écologiques contemporains bouleversent notre compréhension du monde et de la place que l'humanité y occupe – ce dont le concept d'Anthropocène s'efforce de rendre compte. L'économie ne peut se tenir à l'écart de ces bouleversements tant la responsabilité du développement économique passé vis-à-vis de cette situation est évidente, tout comme la place de l'économie dans la transformation de nos économies vers des sociétés bas-carbone et à faible empreinte matérielle. Pourtant, l'analyse économique néo-classique tend à minimiser les conséquences des enjeux environnementaux sur son cadre d'analyse. Cet article explore les origines de cette démarche, avant de formuler des pistes pour sortir de l'ornière et donner aux questions écologiques la place qu'elles méritent dans la discipline économique.

L'environnement et l'économie néo-classique : de l'épuisement des ressources à la soutenabilité

Des travaux économiques sur les ressources naturelles et l'environnement apparaissent dès le XIX^e siècle, notamment autour du charbon. Mais les années 1970 marquent clairement une montée en puissance de ces enjeux dans la discipline. Outre l'intérêt croissant de l'opinion publique pour ces questions, en particulier dans les pays anciennement industrialisés, le débat se cristallise autour de la publication du rapport du Club de Rome sur les limites à la croissance (Meadows *et al.*, 1972). Ce rapport se distingue de deux façons des autres alertes environnementales de la même époque. Premièrement, il repose sur un modèle mathématique, une démarche méthodologique proche de celle des économistes. Les fondements théoriques de ce modèle, issus de la dynamique des systèmes de Forrester, sont cependant radicalement différents des modèles d'équilibre statiques habituellement utilisés par les économistes néo-classiques. Deuxièmement, le rapport remet

en question l'objectif de croissance du PIB qui oriente l'essentiel des politiques économiques (encore aujourd'hui), bien que le Club de Rome ait par la suite évolué vers une position plus modérée.

La réponse de la majorité des économistes à cette provocation va consister à défendre la possibilité de maintenir la croissance de la production malgré les contraintes environnementales, en particulier l'épuisement des ressources. Robert Solow (1974b, pp. 1 et 2), le père de la théorie de la croissance néo-classique, déclare ainsi : « Ayant, comme tout le monde, été amené à lire *The Limits to Growth*, j'ai décidé que je devais découvrir ce que la théorie économique avait à dire sur les problèmes liés aux ressources épuisables ». Le point crucial de cette affirmation est que la théorie économique néo-classique y est conçue *a priori* comme un cadre suffisant pour répondre aux questions liées aux ressources, alors même que ces questions n'ont jamais été envisagées par cette théorie. C'est donc par un processus d'extension « dérivationnelle », au sens d'Uskali Mäki (2009), que la théorie néo-classique va incorporer les ressources dans son champ d'analyse. Contrairement à une approche « ontologique », cette démarche se préoccupe peu du réalisme de la représentation qui en découle, notamment du point de vue des connaissances physiques en ce qui concerne les ressources naturelles.

Le principal point de controverse entre les économistes néo-classiques et le rapport du Club de Rome concerne la prise en compte du changement technique et sa capacité à compenser l'épuisement des ressources. La majorité des économistes considèrent en effet que les hypothèses sous-jacentes au modèle de l'équipe Meadows restreignent trop fortement la possibilité d'améliorer l'efficacité avec laquelle sont utilisées les ressources (Beckerman, 1972 ; Solow, 1973). Elles interdisent le découplage entre croissance de la production et consommation des ressources. On pourrait s'attendre à ce que cette critique

s'accompagne de la part des économistes d'un examen approfondi des techniques liées à l'utilisation des ressources dans le processus économique et des possibilités effectives de découplage ; il n'en est rien.

La réponse de la plupart des économistes néo-classiques se situe au contraire à un niveau purement formel. Ils montrent que sous certaines conditions, dans leurs modèles, la production peut croître de manière indéfinie malgré l'épuisement d'une ressource finie (Solow, 1974a ; Stiglitz, 1974). Pour cela, ils adoptent l'hypothèse d'une productivité illimitée des ressources, sans en fournir une quelconque justification empirique. Aussi trivial que puisse paraître ce formalisme et la pétition de principe qui l'accompagne, il constitue la principale objection des économistes néo-classiques aux limites à la croissance. La substituabilité n'est pas soumise à examen ; au contraire, sa légitimité semble reposer sur le simple prolongement du formalisme standard de la théorie de la croissance, sans fondements empiriques. On retrouve ce postulat, par exemple, dans l'idée, parfois avancée, que la disparition des abeilles induite par les néo-nicotinoïdes, qui viennent d'être réintroduits en France, ne s'accompagnera pas d'un effondrement de l'agriculture mondiale (et donc de la disparition de l'humanité), mais de l'invention de drones qui pratiqueront la pollinisation à l'aide de bras mécaniques téléguidés au moyen de la 5G et de l'intelligence artificielle. La question des ressources énergétiques et minières qui seraient nécessaires pour remplacer les pollinisateurs naturels par des machines est alors systématiquement éludée.

L'extension dérivationnelle de la théorie économique néo-classique pour « absorber » les ressources naturelles est pratiquée à l'identique dans les débats autour de la notion de soutenabilité. À la suite du rapport « Our Common Future » (Brundtland, 1987), le développement soutenable devient en effet le nouveau champ de bataille en économie de l'environnement dans les années 1990. L'approche néo-classique propose alors une interprétation dite « faible » de la soutenabilité, dans laquelle la détérioration du capital naturel peut être compensée par la substitution de capital artificiel. D'une part, la notion ambiguë de capital naturel, introduite par David Pearce (1988), est utilisée pour intégrer la « nature » au sens large dans l'analyse, et non plus seulement les ressources. D'autre part, la substituabilité est étendue à ce nouvel ensemble. Pour Solow (1993), il s'agirait là d'un prolongement « naturel » de l'utilisation qui est faite de la substitution dans l'analyse néo-classique.

Plutôt que de chercher dans les sciences expérimentales des outils pour explorer les nouveaux problèmes que soulève l'environnement, la théorie économique standard entend conserver son cadre d'analyse, à la faveur d'un concept de substituabilité qui devient d'autant plus vague que le « capital naturel » est mal défini. Les conséquences de cette méthodologie obsidionale et de ce manque de rigueur sont multiples. Ainsi, dans la totalité des modèles néo-classiques quantitatifs actuellement disponibles qui prennent en compte l'interaction entre l'économie et le climat, le délai entre l'augmentation de la concentration

en CO₂ de l'atmosphère et l'augmentation de la température est exagérément long, ce qui conduit à sous-estimer gravement l'impact du réchauffement (Dietz *et al.*, 2020). De même, la réduction de la capacité des puits naturels d'absorption des gaz à effet de serre provoquée par leur saturation et par le réchauffement lui-même n'est pas prise en compte (*ibid.*). Enfin, même lorsque la boucle de rétroaction des émissions de gaz à effet de serre sur le réchauffement est correctement modélisée, l'impact de ce dernier sur l'économie ne l'est pas : Woillez *et al.* (2020) montrent que certaines des « fonctions de dommages » les mieux calibrées, utilisées par les modèles intégrés économie-climat, pèchent par un irréalisme alarmant. Jointes à un cadre d'analyse lui-même problématique (dans lequel la monnaie, le secteur bancaire, les déséquilibres structurels, l'instabilité financière, les dettes privées, la biodiversité, etc. sont absents – voir Giraud, 2015), ces défaillances de l'analyse *mainstream* appellent à un renouvellement radical de nos catégories économiques. À titre d'exemple, la prise en compte du réchauffement à l'intérieur d'un cadre macro-dynamique non linéaire, hors équilibre couplé à une boucle de rétroaction climatique un peu moins irréaliste que celle du modèle DICE de Nordhaus, suggère que la trajectoire du *business-as-usual* se traduirait par une décroissance forcée du PIB mondial dans la seconde moitié de ce siècle (Bovari *et al.*, 2018).

Macro-économie et thermodynamique

Il existe néanmoins une alternative à cette approche, incarnée par le courant de l'économie écologique. Dans cette perspective, une interdisciplinarité forte est conçue comme consubstantielle des enjeux environnementaux (Baumgärtner *et al.*, 2008 ; Spash, 2012). Quant aux ressources naturelles, aux services écologiques ou au « capital naturel », ils ne sont plus tenus *a priori* pour substituables au « capital artificiel », et ce quelles que soient les définitions que l'on veuille donner à ces notions. C'est dans cette tradition que l'on peut puiser les ressources scientifiques pour repenser l'analyse économique à l'aune des défis écologiques contemporains.

Dans le sillage des premières intuitions de Georgescu-Roegen (1971), on peut en effet concevoir une économie comme une structure dissipative (au sens de Prigogine, 1997), c'est-à-dire un ensemble métabolique alimenté par un flux d'énergie et de matière qui produit un « travail », complexifie sa structure interne et exsude des déchets (Louis-Napoléon *et al.*, 2020). Le saut conceptuel vis-à-vis des modèles d'équilibre néo-classiques est majeur : la loi de Say (invalidée empiriquement) n'est plus postulée ; la monnaie joue un rôle central, elle n'est plus neutre (ce que confirme l'empirie), et sa quantité connaît des fluctuations endogènes ; enfin, c'est l'investissement (et donc le crédit) qui finance l'épargne (et non l'inverse comme cela est toujours supposé par les modèles néo-classiques). Comme toutes les structures dissipatives, une économie suit des dynamiques hors équilibre, peut « mourir » si l'entrée d'énergie ou de matière est insuffisante, et obéit aux deux premières lois de la thermodynamique : autrement dit, elle ne « consomme » jamais

d'énergie, mais ne fait que la dissiper, c'est-à-dire qu'elle transforme une énergie de basse entropie en une énergie de haute entropie. Désormais, la réalité matérielle de l'économie peut enfin être sérieusement prise en compte. Or, qu'est-ce que l'économie, sinon l'étude des flux matériels entre humains ? L'analyse de ces flux a fait des progrès considérables au cours des dernières années et fournit à présent un ensemble de données précieux pour l'analyse (voir, par exemple, International Resource Panel, 2019).

Le « travail » fourni par une économie peut, par exemple, être compris comme le « travail utile » défini par Robert Ayres (2016) : une extension du travail mécanique qui permet d'inclure le travail électro-magnétique, la production de chaleur, etc. On découvre alors que l'évolution d'une grandeur strictement physique comme le « travail utile » de grandes économies, telles que les États-Unis ou le Japon, suit de près celle d'un agrégat monétaire comme le PIB, sans pourtant se confondre avec lui. Bien sûr, il convient de se garder d'un réductionnisme néo-physiocratique qui serait le miroir inversé du réductionnisme néo-classique : la « valeur » économique d'un concert de musique, par exemple, ne se réduit pas aux flux physiques qui en rendent possible l'exécution. Mais la prise en compte de la réalité matérielle de la production et des échanges économiques permet au moins de sortir du déni dans lequel semble nous enfermer l'analyse néo-classique. Les pics d'extraction des ressources naturelles, passés, en cours ou à venir, peuvent alors être pris au sérieux : le pic du pétrole conventionnel mondial en 2006, le pic du pétrole non conventionnel avant 2060 (et peut-être dès la décennie 2020), le pic du phosphate avant 2040, ou encore le pic du cuivre avant 2060 (Vidal *et al.*, 2016).

L'une des conséquences de cette approche est que la manière dont la production est représentée dans les modèles macro-économiques doit être revue en profondeur. Comme on l'a vu, la fonction de production agrégée a servi de support à la négation des limites à la croissance. Sa nature abstraite et désincarnée permet de formuler des hypothèses de progrès techniques invraisemblables, sans s'interroger sur leur pertinence d'un point de vue physique. Pour contrecarrer cette logique pernicieuse, il convient autant que faire se peut de désagréger la représentation de la production. En nous rapprochant ainsi des processus physiques élémentaires de transformation de la matière et de l'énergie, il devient alors possible d'avoir une discussion plus éclairée sur les potentialités techniques futures. Pour intégrer ces considérations dans l'analyse économique, il est possible de s'appuyer sur les différents modèles désagrégés de la production élaborés notamment par Leontief (1933), Sraffa (1960) et Georgescu-Roegen (1971). C'est dans cette perspective que s'insèrent plusieurs travaux récents en macro-économie écologique (Berg *et al.*, 2015 ; Dafermos *et al.*, 2017). Il convient de prolonger et d'approfondir la réflexion sur cette question si l'on souhaite réellement appréhender les contraintes physiques auxquelles devront faire face nos économies dans leur transition vers des régimes bas-carbone.

Conclusion

Nombreux sont ceux qui, dans l'orbite de la crise financière de 2007-2009, affirment qu'il est urgent de réviser le cadre analytique de la macro-économie contemporaine (Romer, 2016 ; Blanchard, 2016). Parions que les catastrophes écologiques en cours ne tarderont pas à provoquer une remise en cause du même type de la manière dont l'économie néo-classique appréhende les contraintes physiques qui structurent nos économies. Lorsque W. Nordhaus répète qu'une augmentation de la température moyenne à l'échelle planétaire de 6°C à la fin du siècle ne provoquerait qu'une réduction de -10 % du PIB mondial, il contribue à la cécité (et à la décrédibilisation) de notre profession. De même que nos modèles néo-classiques se sont révélés incapables d'alerter sur la gravité du krach financier de 2008, pourtant prévisible, (et en dépit d'avertissements lancés par la communauté scientifique depuis plus d'un demi-siècle), ils sont incapables d'appréhender les dimensions de la crise écologique. Une perte de -10 % du PIB, c'est ce que vient d'enregistrer l'économie française en 2020 à cause de deux mois et demi de confinement. Un réchauffement de +6°C signifierait la fonte du pergélisol sibérien, laquelle entraînerait la libération du méthane qu'il contient, avec pour conséquence la disparition de l'humanité à brève échéance. Il est temps que la discipline économique prenne la mesure de sa responsabilité face à cette possible catastrophe.

Références bibliographiques

- AYRES R. (2016), *Energy, Complexity and Wealth Maximization*, Berlin, Springer.
- BLANCHARD O. (2016), "Do DSGE Models Have a Future?", *Peterson Institute for International Economics, Policy Brief*, pp. 11-16.
- BAUMGÄRTNER S., BECKER C., FRANK K., MÜLLER B. & QUAAS M. (2008), "Relating the Philosophy and Practice of Ecological Economics: The Role of Concepts, Models, and Case Studies in Inter- and Transdisciplinary Sustainability Research", *Ecological Economics*, 67 (3), pp. 384-393.
- BECKERMAN W. (1972), "Economists, Scientists, and Environmental Catastrophe", *Oxford Economic Papers*, 24 (3), pp. 327-344.
- BERG M., HARTLEY B. & RICHTERS O. (2015), "A Stock-Flow Consistent Input-Output Model with Applications to Energy Price Shocks, Interest Rates, and Heat Emissions", *New journal of physics*, 17 (1).
- BOVARI E., GIRAUD G. & MCISAAC F. (2018), "Coping with the Collapse: A Stock-Flow Consistent Monetary Macrodynamics of Global Warming", *Ecological Economics*, 147, pp. 383-398.
- BRUNDTLAND G. H. (1987), *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*, Oxford, Oxford University Press.
- DAFERMOS Y., NIKOLAIDI M. & GALANIS G. (2017), "A Stock-Flow-Fund Ecological Macroeconomic Model", *Ecological Economics*, 131, pp. 191-207.
- DIETZ S., VAN DER PLOEG F., REZAI A. & VENMANS F. (2020), "Are Economists Getting Climate Dynamics Right and Does it Matter?", *CESifo Working Papers*, 8122.
- INTERNATIONAL RESOURCE PANEL (2019), *Mineral Resource Governance in the 21st Century: Gearing Extractive Industries*

Towards Sustainable Development, Nairobi, United Nations Environment Programme.

GEORGESCU-ROEGEN N. (1971), *The Entropy Law and the Economic Process*, Cambridge, MA, Harvard University Press.

GIRAUD G. (2015), « Crise de la "science économique" ? », *Mediapart*, <https://bit.ly/3m96Cuq> et <https://bit.ly/3m95DdJ>

LOUIS-NAPOLÉON A., GIRAUD G., HERBERT E., D'ANGELO Y. & GOUPIL C. (2020), "Macroeconomic Dynamics in a finite world: the Thermodynamic Potentiel Approach", *Ecological Economics*, à paraître.

MÄKI U. (2009), "Economics Imperialism: Concept and Constraints", *Philosophy of the Social Sciences*, 39 (3), pp. 351-380.

MEADOWS D. H., MEADOWS D. L., RANDERS J. & BEHRENS W. W. (1972), *The Limits to Growth*, New York, Universe Books.

PRIGOGINE I. (1997), *End of Certainty*, Kinston, NC, The Free Press.

ROMER P. (2016), "The Trouble with Macroeconomics", *The American Economist*, 20, pp. 1-20.

SOLOW R. M. (1973), "Is the End of the World at Hand?", *Challenge*, 16 (1), pp. 39-50.

SOLOW R. M. (1974a), "Intergenerational Equity and Exhaustible Resources", *The Review of Economic Studies*, 41, pp. 29-45.

SOLOW R. M. (1974b), "The Economics of Resources or the Resources of Economics", *The American Economic Review*, 64 (2), pp. 1-14.

SOLOW R. M. (1993), "An Almost Practical Step toward Sustainability", *Resources Policy*, 19 (3), pp. 162-172.

SPASH C. L. (2012), "New Foundations for Ecological Economics", *Ecological Economics*, 77, pp. 36-47.

SRAFFA P. (1960), *Production of Commodities by Means of Commodities: Prelude to a Critique of Economic Theory*, Cambridge, UK, Cambridge University Press.

STIGLITZ J. E. (1974), "Growth with Exhaustible Natural Resources: Efficient and Optimal Growth Paths", *The Review of Economic Studies*, 41, pp. 123-137.

VIDAL O., FRANÇOIS C., ROSTOM F. & GIRAUD G. (2017), "Global Trends in Metal Consumption and Supply: The Raw Material-Energy Nexus", *Elements*, 13(5), pp. 319-324.

WOILLEZ M. N., GIRAUD G. & GODIN A. (2020), "Economic Impact of a Glacial Period: A Thought Experiment", *AFD Working Paper*.