

L'économie des limites ou les limites de l'économie

version préliminaire

Antonin Pottier

février 2016

Dans un article sur ses précurseurs, Sandmo (2015) se félicite que l'économie de l'environnement soit de plus en plus pertinente, que la méthode néoclassique permette d'embrasser un nombre croissant de cas. Cet article interroge cette assurance confiante dans l'économie de l'environnement en étudiant deux moments particuliers d'histoire de la pensée économique : la publication de *The Coal Question* par Jevons (1865) et la réaction des économistes au rapport Meadows (1972), dit rapport du club de Rome. Ces deux moments correspondent à une irruption de la question des limites que pourrait connaître le système économique. L'analyse montre que l'économie, en tant que science du système économique, ne s'avère pas capable, dans sa version néoclassique, de prendre en charge ce questionnement. Les deux moments analysés montrent en effet que, ou bien d'autres cadres de réflexion sont mobilisés pour penser la question des limites du système économique, ou bien que l'approche néoclassique reformule et déplace la problématique.

Cette contribution est à situer dans une réflexion plus large, dans une interrogation sur les limites des méthodes et des théories économiques. Alors que l'approche néoclassique et les outils qui l'équipent sont souvent perçus comme neutres, nous voudrions au contraire souligner que ces outils peuvent rendre invisibles certains sujets. Si ces questionnements sont fréquents concernant la macro-économie et son histoire, ils sont plus rares en économie de l'environnement, largement tributaire de l'approche néo-classique.

L'article analyse les deux moments successivement avant de conclure.

1 Premier moment : publication de *The Coal Question*

Resituons d'abord le contexte dans lequel s'inscrit la contribution de Jevons sur le charbon. Jusqu'au milieu du XIX^e siècle, l'intérêt des économistes pour les ressources passe par les questions agricoles. La terre est considérée comme la principale ressource à côté du capital et du travail. L'énergie n'est pas considérée en tant que telle. Dans une économie organique, l'énergie est obtenue par le bois de chauffe, le questionnement sur l'approvisionnement énergétique se ramène à la question de la terre et de la nature. Au cours du XIX^e siècle, l'économie se transforme profondément, en particulier en Angleterre. Les activités industrielles et le chauffage domestique utilisent le charbon de manière accrue (Wrigley, 2010). La source d'énergie majoritaire change de nature, du bois au charbon. Une nouvelle problématique émerge, celle des ressources épuisables, en particulier sur l'épuisement des mines de charbon.

Les premiers débats ont lieu dans les années 1860 en Angleterre, le pays où est née la révolution industrielle et où le charbon est le plus utilisé. Le traité Cobden-Chevalier (1860) de libre-échange entre la France et l'Angleterre prévoit de lever les restrictions sur le commerce du charbon et les taxes douanières sur celui-ci. Les Anglais craignent que

ce traité ne livre à l'ennemi les bases de leur réussite industrielle. Ils redoutent l'érosion de leur puissance si le charbon venait à manquer. Le débat est formulé au départ dans les termes d'une rareté absolue. Les études géologiques d'Edward Hull montrent pourtant une grande abondance de charbon (Madureira, 2012). En 1863, le débat est relancé par un questionnement sur les coûts d'extraction du charbon. Selon le nouvel argument, le charbon est peut-être disponible en grande quantité mais son coût sera de plus en plus élevé et menacera bientôt la compétitivité des produits britanniques.

C'est à ce moment du débat qu'intervient l'économiste William S. Jevons, avec un ouvrage qui deviendra populaire et le fera connaître, *The Coal Question* (Jevons, 1906). Après une présentation de l'ouvrage, nous revenons sur ce que peut nous apprendre, sur les limites des méthodes économiques, la publication de cet ouvrage de Jevons.

1.1 Ce que dit *The Coal Question*

Jevons s'intéresse à l'ensemble des questions (techniques, économiques, géologiques) sur le charbon. Il cherche à évaluer les évolutions des coûts de production et des prix du charbon, à partir des maigres données à sa disposition. Il tente d'estimer les quantités de charbon disponibles dans les sous-sols des différents pays, grâce aux rapports géologiques. À une époque où le concept de PIB n'existe pas, il essaye aussi de mesurer l'évolution de la production. Il recourt à des séries temporelles de produits manufacturés, comme l'acier, pour construire des indices de production.

Ces statistiques rudimentaires révèlent l'importance primordiale du charbon pour l'ensemble des processus de production. « Coal in truth stands not beside, but entirely above, all other commodities. It is the material source of the energy of the country—the universal aid—the factor in everything we do. With coal almost any feat is possible or easy ; without it we are thrown back into the laborious poverty of early times » (Jevons, 1906, p. 2). Le charbon est d'une importance capitale pour la Grande-Bretagne.

Pour Jevons, l'utilisation du charbon provoque à la fois l'expansion de la production et le progrès technique, c'est-à-dire ce que nous appelons révolution industrielle (Jevons, 1906, p. 100-136). L'usage du charbon lève les contraintes qui pesaient sur le développement de la métallurgie. Celle-ci faisait un usage effréné du bois, qui concurrençait celui de la marine. Sans le charbon, la Grande-Bretagne n'aurait pu continuer sa production métallurgique, par manque de bois. Surtout, la localisation des activités et des savoirs est cruciale pour le développement économique. La métallurgie a pu se développer car les mines de charbon étaient proches des gisements de minerai de fer, et non loin des centres de production industrielle. À une époque où le charbon est très difficile à déplacer, la proximité est déterminante pour profiter des synergies.

La découverte du charbon et son usage croissant induisent également une chaîne d'innovation. Les mines de charbon ont joué un rôle décisif dans le développement de la machine à vapeur. La première machine à vapeur, celle de Newcomen, consommait beaucoup de charbon pour un rendement très modeste. Sans une source de charbon très bon marché, elle n'aurait trouvé aucun usage industriel. Elle serait restée une curiosité comme les machines d'Héron d'Alexandrie. Or, par chance, les mines de charbon anglaises avaient un problème spécifique d'inondation des puits à résoudre. La machine de Newcomen a été ainsi utilisée pour pomper l'eau qui noie les mines. Grande consommatrice de charbon, elle était alimentée avec les résidus d'exploitation, non commercialisables. Ensuite, les perfectionnements de Watt améliorent le rendement de la machine à vapeur, une fois trouvée une utilisation. La suite d'innovations techniques sur la machine à vapeur la transforme en machine maniable et utilisable pour d'autres usages. Le charbon est également le moteur du

développement du chemin de fer. Cette matière de haute valeur est très concentrée, elle est vendue en ville comme moyen de chauffage. La forte densité de valeur crée les incitations pour un transport rapide de la mine à la ville. Ainsi naît le réseau de chemin de fer, pour transporter le charbon.

Pour Jevons, le charbon est la raison de la compétitivité de la Grande-Bretagne, relativement aux autres nations. Jevons n'explique pas très bien pourquoi le charbon est le facteur différenciant. Il semble que l'accessibilité du charbon soit la seule caractéristique importante. Sans doute imagine-t-il que le coût du capital et le coût du travail peuvent s'égaliser et que, dès lors, seul le coût du charbon fait la différence. Pour Jevons, le faible coût du charbon donne un avantage comparatif à la Grande-Bretagne ; il est responsable de sa situation de croissance. Cette croissance doit s'arrêter avec la fin du charbon bon marché. Cela ne manquera pas d'arriver car le coût du charbon augmente avec la profondeur d'extraction. Dès lors la Grande-Bretagne perdra son avantage comparatif vis-à-vis des autres pays. Conformément aux préoccupations anglaises de l'époque, Jevons s'intéresse beaucoup aux réserves des pays susceptibles de concurrencer l'Angleterre, et notamment les États-Unis.

Jevons réfléchit aussi au rôle du charbon dans l'augmentation de la production industrielle. En fait, Jevons formule une version souterraine de la théorie de l'état stationnaire. Le charbon prend la place de la terre chez Ricardo. Avec la fin du charbon peu cher doit venir l'état stationnaire. La hausse des coûts d'extraction du charbon joue le même rôle de frein à la croissance que la baisse de la productivité de la terre marginale. Mais la théorie de l'état stationnaire n'est pas vraiment applicable si l'économie dépend d'un stock fini. Jevons le remarque bien à deux reprises (p. 201 et p. 460). L'état stationnaire ne peut perdurer, et la décroissance doit lui succéder : par rapport à l'état stationnaire esquissé par Ricardo, « there is, moreover, this most serious and yet obvious difference to be noted. A farm, however far pushed, will under proper cultivation continue to yield for ever a constant crop. But in a mine there is no reproduction ; the produce once pushed to the utmost will soon begin to fail and sink towards zero. *So far, then, as our wealth and progress depend upon the superior command of coal we must not only cease to progress as before—we must begin a retrograde career.* [souligné par Jevons] » Mais cette conclusion a l'air de lui coûter, car à de nombreuses reprises dans le livre, il limite l'impact du charbon à l'atteinte d'un état stationnaire. Dans la préface à la seconde édition, il se rétracte même et avertit que s'il a parlé de fin ou de position instable, ces mots excédaient sa pensée (p. xxx). La démonstration était pourtant logique.

1.2 L'énigme Jevons

Dans son livre, Jevons se livre à une description fine des processus économiques, avec une intrication explicite entre économie et techniques. Il aborde pour la première fois le rôle du charbon dans la révolution industrielle et l'épuisement des ressources naturelles, qui n'étaient pas des thèmes standards pour les économistes. Jevons a choisi une question d'actualité pour écrire un ouvrage qu'il voulait « épatant ». La publication en 1862 d'un aperçu de ses thèses sur l'utilité marginale n'avait rencontré aucun écho. Après plusieurs déconvenues, il souhaite enfin être reconnu (Keynes, 1936, p. 520–521). Pourtant, Jevons réalise un travail de recherche dans une lignée tout autre que celle que suivra l'analyse économique à partir de l'ère néo-classique, alors même que Jevons est un des initiateurs de cette nouvelle approche de l'économie.

De manière plus troublante, il y a un véritable hiatus entre *The Coal Question* (1865), fondé sur l'empirisme et l'observation historique, et son ouvrage suivant *Theory of Political*

Economy (1871), qui lancera la science économique dans la voie de la théorie pure. Pour (Georgescu-Roegen, 1971, p. 2), il s'agit là d'un des faits les plus curieux de l'histoire des relations entre économistes et questions des ressources. Il y a une véritable énigme dans l'histoire de la pensée économique qu'il faut tirer au clair.

En réalité, l'appareil théorique qui fonde *The Coal Question* est celui des *Principles of Political Economy* de Stuart Mill (White, 1991, p. 224). Sa démonstration de l'effet d'un renchérissement des coûts d'extraction du charbon se calque sur la théorie classique de l'état stationnaire. Elle repose sur une formation des prix par le coût de production, dans la lignée de Ricardo. Elle est une reformulation de la théorie classique de l'état stationnaire, où la terre a été remplacé par le charbon.

Cet usage du cadre classique, si tard dans le XIX^e siècle explique pour ce livre n'a pas la faveur des économistes. Schumpeter dans son *Histoire de l'analyse économique* parle avec emphase de Jevons mais ne mentionne à aucun endroit *The Coal Question*. Sans doute Schumpeter estime que *The Coal Question* n'a pas sa place dans un ouvrage qui retrace les découvertes progressives des principes vrais de l'économie (l'analyse économique par opposition aux idées économiques). Keynes (1936) tient également l'ouvrage en piètre estime. Aujourd'hui, les économistes néoclassiques, en majorité, l'ignorent ou le regardent avec condescendance. Si une lecture récente en fait un précurseur de l'approche de la soutenabilité (Missemer, 2012), les penseurs hétérodoxes n'en retiennent souvent que l'effet rebond : un accroissement de l'efficacité dans l'usage d'une ressource ne diminue pas l'usage de cette ressource mais au contraire l'accroît (Jevons, 1906, p. 237-257). L'argument de l'effet rebond est utilisé comme mise en garde contre des politiques d'efficacité énergétique, qui ne sauraient suffire pour limiter la consommation d'énergie (Clark et Foster, 2001).

Plutôt que son rôle comme précurseur de certains concepts actuels, il paraît plus intéressant dans notre questionnement de mettre en avant l'opposition entre l'approche employée dans *The Coal Question* et celle que Jevons défendait par ailleurs. En effet, Jevons ne partage pas les concepts de Ricardo et de Stuart Mill, qui sont à la base de *The Coal Question*. Il considère même ces deux économistes comme *wrong-headed*. Dès 1858-1859, lors de son séjour en Australie, il s'est éloigné de l'économie classique et a commencé à formuler sa théorie de l'utilité marginale (Keynes, 1936, p. 531). Surtout Jevons formule son approche en termes purement hédoniques, là où Ricardo et Mill considèrent les coûts qui rémunèrent des facteurs réels de production. La théorie de la valeur de Jevons contraste fortement avec celle de Mill. Pour écrire *The Coal Question*, Jevons a utilisé le cadre théorique de Mill auquel il ne croit déjà plus, et alors même qu'il possède un cadre alternatif, puisque ses thèses sont parfaitement claires dès 1862. On peut se demander pourquoi.

La question que pose *The Coal Question* est donc celle de savoir pourquoi Jevons a utilisé un appareil théorique qu'il ne trouvait plus convenable. Jevons aurait-il pu écrire *The Coal Question*, formuler ces arguments sur l'épuisement du charbon et la menace pour les progrès de l'économie anglaise dans le cadre néoclassique qu'il était en train d'inventer ?

L'hypothèse de White (1991) est que Jevons a choisi de se loger dans les pas de Mill pour être mieux reconnu. Les *Principes* de Mill sont l'ouvrage d'économie le plus connu à l'époque, et le public cultivé a connaissance des concepts utilisés par Mill. Jevons souhaitait écrire un ouvrage pour les non-spécialistes, avec un fort retentissement, et il avait plus de chances d'y parvenir en partant des concepts familiers du public.

Si l'on accepte la thèse de White, le choix de Jevons d'exprimer ses thèses au sujet du charbon dans un cadre classique ne dit rien sur la pertinence du cadre néoclassique pour traiter de ce sujet. Le choix n'est pas lié à des raisons liées au corpus théorique, mais à des raisons d'opportunité.

Si l'on veut comprendre les effets de l'approche néoclassique, le moment est néanmoins capital. *The Coal Question* n'est pas un ouvrage écrit pour des raisons purement opportunistes. Au-delà de son désir de reconnaissance, Jevons se préoccupait sincèrement de la pérennité des réserves de charbon. La méthode classique lui donne les cadres pour penser cette question et réaliser un ouvrage original. Ses prédictions sur l'avenir du charbon se sont assurément révélées incorrectes, mais son étude historique sur l'impact du charbon dans la révolution industrielle est plutôt confirmée par les historiens actuels, voir par exemple Wrigley (2010); Pomeranz (2010). On peut donc accorder comme crédit à l'analyse classique d'avoir permis à Jevons d'exprimer ses idées sur le sujet du charbon, en plus de la notoriété ainsi gagnée. Ses recherches auraient-elles été possibles avec la méthode néoclassique qu'il invente au même moment ? Si *The Coal Question* peut nous apprendre quelque chose sur l'approche néoclassique, ce n'est pas dans le choix de méthode effectué par Jevons, mais par contraste avec les travaux ultérieurs portant sur des questions similaires.

1.3 Comparaison avec l'approche néo-classique d'Hotelling

Le passage de l'approche classique à l'approche néoclassique, suite aux travaux de Jevons justement, mais aussi de Menger et de Walras, modifie complètement la manière d'appréhender le monde économique. La théorie néo-classique de la valeur est une théorie purement psychologique, fondée sur le plus ou moins grand plaisir ressenti par le consommateur. Cette conception de la valeur, centrée sur la monade de l'*homo œconomicus*, ne fait pas de faire le lien avec les réalités matérielles de la production. La terre est donc forcément hors champ. À l'intérieur d'une continuité de vision du monde et de projet politique, que l'on peut relier à une certaine forme de libéralisme, le paradigme méthodologique change radicalement. L'ensemble des questions abordées par la discipline est redéfini. Le principal projet est de comprendre les conditions d'équilibre dans l'échange. L'approche dynamique des classiques est abandonnée pour une approche statique. La croissance passe au second plan.

Les ressources ne rentrent pas dans ce nouveau cadre conceptuel et ne font pas l'objet de recherches. La période n'est pourtant pas dénuée de préoccupations liées aux ressources. Aux États-Unis, celles-ci sont avant tout portées par le mouvement conservationniste, qui réclame une extraction prudente et modérée des ressources minières, en particulier des énergies fossiles Hays (1999). Dans un contexte politique et social similaire à celui qui avait poussé Jevons à publier son ouvrage, l'économiste américain Hotelling (1931) s'intéresse à l'épuisement des ressources. Les travaux d'Hotelling, réalisés dans le cadre néoclassique, vont nous servir de point de comparaison par rapport aux travaux de Jevons, réalisés dans le cadre classique.

Hotelling cherche à savoir si des fondements économiques peuvent être trouvés aux revendications du mouvement conservationniste. Il veut évaluer si le rythme d'exploitation des ressources est trop élevé par rapport à un optimum social. Hotelling a conscience des limites du cadre statique standard. Mais il dispose d'un outil dynamique encore inhabituel chez les économistes : le calcul des variations. Cet outil permet de poser le problème de la maximisation d'une intégrale et donc de trouver des sentiers dynamiques optimaux.

En partant de la situation d'un extracteur de ressources en position concurrentielle, qui chercherait à maximiser son profit intertemporel actualisé, Hotelling montre que le prix de la ressource suit une trajectoire croissante au niveau du taux d'intérêt. L'optimisation de la valeur sociale de la ressource conduit à la même trajectoire. La conclusion est alors que « the true basis of the conservation movement is not in any tendency inherent in competition under these ideal conditions. » (Hotelling, 1931, p. 143) On se demande donc

ce qu'il faut en conclure. Hotelling remarque que dans le monde réel, des phénomènes de compétition pour l'accès aux ressources se produisent, ce qui entraîne des mouvements cycliques de prix qui causent de grands gaspillages. Mais ces phénomènes ne se laissent pas facilement modéliser avec le calcul des variations. Hotelling peut en revanche étudier le cas d'un producteur unique, c'est-à-dire d'un monopole, cherchant à maximiser son profit. Dans certaines conditions plausibles, le monopole fixe un prix plus élevé que dans la situation concurrentielle, mais qui croît à un rythme plus lent. Le monopole tend donc à ralentir le rythme d'extraction.

Mais Hotelling fausse rapidement compagnie à son sujet initial. Le mouvement conservateur et le rythme d'extraction des ressources ne semblent plus trop l'intéresser. Les ressources du calcul des variations l'attirent beaucoup plus. Elles permettent de traiter des cas plus compliqués, comme lorsque le prix dépend de la quantité de ressources déjà extraites. Hotelling se livre alors à des séries de calcul rébarbatifs. Il a trouvé un terrain de jeu, dont il épuise les possibilités.

L'article d'Hotelling est caractéristique de l'approche néo-classique. Du point de vue de la méthode, il construit, à partir de préconceptions, un monde idéal, formé de marchés concurrentiels, de producteurs maximisateurs et d'un horizon temporel infini. Il explore ensuite ce monde logique et détaille la mécanique de ces abstractions. Au contraire, Jevons suit précisément les liens de causalité entre le charbon et le système productif. Porté par une interrogation sur les coûts de production, il s'intéresse aux réalités techniques et aux données empiriques pour justifier ses arguments.

D'un point de vue substantiel, la problématique est également infléchie par rapport aux classiques et à celle de Jevons. Ceux-ci, et Jevons aussi dans *The Coal Question*, s'intéressaient aux impacts sur la croissance de l'exploitation des ressources, que ce soit de la terre ou du charbon. Hotelling se pose un autre problème. Il cherche, à partir d'hypothèses établies sur le comportement des agents à déterminer le sentier efficace de l'extraction des ressources. Le problème n'est plus macro-économique. Il ne porte plus sur la dynamique du système économique, sur les mutations structurelles de l'économie. Le problème est de savoir comment capter un maximum de valeur à partir d'une ressource donnée. Comme un boursicotier vend ou achète en fonction des cours, le producteur minier extrait des ressources en fonction de son prix. La mine est une réserve de valeur, tout aussi malléable et fongible qu'une action, elle est soumise aux mêmes lois. Les contraintes techniques de la production n'ont pas à intervenir. L'exploitant de la mine gère sa ressource comme un rentier gère son portefeuille.

Il est frappant que cette analyse d'Hotelling corresponde exactement à la caricature qu'a faite de l'approche néoclassique l'économiste marxiste Nicholas Boukharine (1967). Pour lui, l'analyse économique néo-classique représente l'économie politique du rentier. Boukharine décrit la psychologie du rentier. Le rentier vit de ses revenus, tirés de placements dans des sociétés anonymes, sans participer à la sphère de la production, sans être impliqué dans la gestion des usines. Il doit décider de ses occupations, de choisir au mieux ses plaisirs. Le rentier appartient donc à la sphère de la consommation. Les traits psychologiques du rentier se réverbèrent selon Boukharine dans l'analyse néoclassique. Le statut de consommateur conduit l'analyse vers la théorie de la consommation, alors que la production disparaît des préoccupations : la valeur-travail, fondée sur le processus productif, est remplacée par la valeur-utilité, celle du consommateur qui doit choisir entre différents produits. La production est réduite à une simple réserve de valeur qu'il s'agit de décaisser au moment opportun. Cette analyse d'Hotelling détermine toujours l'approche néoclassique de l'économie des ressources, alors même qu'il n'y a aucune preuve que l'arbitrage

intertemporel de la valeur soit déterminant dans les décisions de production des ressources (Livernois, 2009).

2 Second moment : la réponse au rapport du club de Rome

Le second moment de notre étude est celui de la réponse des économistes au rapport du club de Rome. Contrairement au premier moment, où nous avons dû procéder par comparaison, nous avons là une confrontation directe entre la question des limites et la manière dont les économistes néoclassiques ont traité cette question.

2.1 Le rapport du club de Rome

Le rapport Meadows est le fruit de la collaboration entre le Club de Rome et l'équipe de modélisation de Forrester au MIT. Le Club de Rome est un groupe informel, rassemblé autour d'Aurelio Peccei à partir de 1968. Ses membres sont des technocrates : dirigeants, entrepreneurs, scientifiques, administrateurs... Ils sont intéressés par les problèmes de long terme et d'échelle globale, qui sont complexes et inter-reliés, et en particulier les menaces sur le développement matériel : la croissance de la population, la raréfaction des ressources, la pollution croissante.

Pour mieux étudier ces tendances, le Club de Rome passe un partenariat avec l'équipe de dynamique des systèmes de Jay Forrester du MIT. La fondation Volkswagen soutient financièrement le projet. L'équipe de Forrester met au point un modèle du monde. Les grandes variables du système monde (population, production industrielle, production agricole, ressources, pollution) sont représentées. Ces variables sont reliées par des boucles d'interaction, positives ou négatives, calibrées à partir de travaux spécialisés. La production nécessite des ressources et produit de la pollution. L'épuisement des ressources entraîne des coûts croissants de production. La pollution dégrade la productivité agricole et accroît le taux de mortalité. Le rapport Meadows et al. (1972) est le résultat des recherches effectuées à l'aide du modèle global de Forrester. Titré *Limits to growth (Halte à la croissance ?* en français), il connaît un fort retentissement.

Le rapport Meadows se fonde sur de la prospective quantifiée pour appréhender le comportement qualitatif du système global. Comment le système global en croissance exponentielle va-t-il réagir aux contraintes à sa croissance ? Les variables vont-elles tendre vers un plateau, vont-elles osciller autour d'une valeur limite ? Ou bien assiste-t-on à une montée brusque, suivie d'un dépassement de seuils critiques et d'un effondrement ? Pour étudier le comportement du système global, tel que représenté dans le modèle, la méthode procède par l'établissement de scénarios. Diverses hypothèses sont testées, par exemple des ressources deux fois plus importantes que prévues, ou un fort contrôle de la pollution, ou une hausse de la productivité agricole, ou un progrès technique qui permet de recycler les matériaux... Aucune de ces hypothèses, même combinées, ne changent le comportement du système, qui présente une tendance à l'effondrement. Un effondrement signifie que les variables (production agricole et industrielle, population) ne suivent pas une courbe logistique, de montée puis de saturation autour d'une valeur-limite, mais une courbe en U, de montée puis de descente. D'après le modèle, les solutions techniques ne permettent pas de stabiliser le système et d'éviter l'effondrement, tout au plus de le reculer de quelques décennies. La maîtrise de la population et de la production industrielle permettrait au contraire une stabilisation du système global.

Ce modèle, et les conclusions qui en furent tirées, n'était pas sans défaut. Comme l'ordinateur était utilisé pour calculer ce modèle avec de nombreuses variables, beaucoup

ont reproché le rôle d'oracle attribué à une machine. La plupart des critiques sont néanmoins tempérées par la lecture du texte, qui est prudent dans l'interprétation des courbes et rappelle constamment les limites méthodologiques de l'exercice. Les auteurs ont étudié plusieurs scénarios et ils invitent les critiques éventuels à préciser les points précis à modifier dans le modèle, que ce soit en termes de boucles de rétroaction, ou de valeur des paramètres.

2.2 La réponse des économistes

L'histoire de la réaction des économistes est souvent racontée comme le retour de la rationalité économique dans un débat sur les limites de la croissance. D'un côté le rapport Meadows montrerait que la croissance est impossible à prolonger en raison de l'utilisation de ressources dont le stock est fini. Il pêcherait par son calcul en unités physiques et en quantité là où l'économiste doit raisonner en valeur, à l'aide des prix. De l'autre, les économistes montreraient que la croissance est possible grâce au progrès technique et aux substitutions.

Cette façon conventionnelle de voir demande à être remise en question. En vérité, elle manque le déplacement de la question posée et le sens des réponses apportées. Par un retour aux textes de l'époque, nous allons voir comment les économistes ont opéré un déplacement des questions sur les limites à la croissance.

Le Club de Rome s'interroge sur la viabilité du développement occidental, ressources et pollutions comprises. Les économistes ne vont pas répondre sur ce terrain, mais rabattre la question sur la seule disponibilité des ressources à long terme. Comme une troupe de lemmings (Solow, 1974a, p. 2), les économistes se sont jetés en masse sur la question des ressources épuisables. Le problème global, envisagé dans son aspect systémique, est réduit à un problème partiel. Deux raisons peuvent expliquer cette réduction de la viabilité du développement industriel, problème global, à la disponibilité des ressources.

D'une part, les économistes ont cru voir dans le rapport Meadows le retour de Malthus, pour qui les limites à la productivité agricole devaient conduire à un état stationnaire. Nul économiste classique n'est plus raillé dans les enseignements d'économie que Malthus (malgré les tentatives de Keynes pour faire de Malthus un précurseur du concept de demande effective). Les économistes se font un devoir de combattre tout ce qui ressemble de près ou de loin aux thèses de Malthus. Par biais professionnel, les économistes pouvaient donc facilement réduire la question posée à une autre question, dont ils connaissaient parfaitement la réponse et l'argumentation.

D'autre part, le choc pétrolier de 1972 met sur le devant de l'actualité la raréfaction des ressources. Le rapport du Club de Rome acquiert un contenu tangible par le choc pétrolier, et c'est sans doute à la lumière de ces événements que beaucoup d'économistes ont lu le rapport. Or si le choc pétrolier montre la vulnérabilité des économies occidentales à l'apport en énergie, il n'est pas en premier lieu la manifestation d'une rareté naturelle, mais bien un événement géopolitique, visant à protester contre le soutien des États-Unis à Israël dans la guerre du Kippour. Il s'agit donc d'une décision politique et extra-économique. Le choc pétrolier n'a donc rien de la manifestation d'une rareté naturelle, mais pour des raisons complexes, les deux phénomènes resteront associés dans la conscience collective.

On retient donc du rapport Meadows, pour de mauvaises raisons, la question des ressources. Au regard des questions soulevées par l'économie écologique en gestation, cette réception est malheureuse et a tout l'air d'une régression. Elle oriente pourtant le travail des économistes qui cherchent à répondre au rapport Meadows, dans une série d'articles parus

en 1974. De ces contributions va naître l'économie des ressources comme discipline spécialisée. Elles vont forger la sagesse conventionnelle des économistes sur le rôle des ressources et la perpétuation de la croissance (Erreygers, 2009).

L'intervention du théoricien de la croissance Robert Solow (1974a) au congrès annuel de l'association américaine de sciences économiques permet de cerner les contours de l'approche économique des limites à la croissance. Dans une conférence sur l'économie des ressources naturelles, Solow aborde le rapport Meadows sous l'angle de la rareté croissante des ressources épuisables. Il reformule le problème comme la gestion sociale optimale d'un stock de ressources non-renouvelables. Solow découvre le principe de Hotelling (l'écart entre le prix de vente et le coût d'extraction doit croître au taux d'intérêt) comme base de la gestion optimale des ressources épuisables. Il s'interroge pour savoir comment réaliser cette gestion par le biais d'un marché ou d'une planification, et si ce principe fournira vraiment un optimum social. Solow est donc concerné au premier chef par les trajectoires de prix, puis par les instruments qui rapprochent les prix réels des prix d'équilibre, notamment les marchés futurs. La question est donc celle de l'usage optimum des ressources et de la possibilité que les prix de marché guident la réalisation de cet optimum. La viabilité de la croissance de la production industrielle, considérée dans son ensemble, n'est plus une question.

Le processus du déplacement opéré par la méthodologie économique, tant sur le sens de la question que de la réponse, est bien visible dans les articles théoriques publiés dans la *Review of Economic Studies* en 1974.

Comme Solow, Stiglitz (1974) s'intéresse aux sentiers optimaux d'extraction d'une ressource naturelle. Son cadre de référence est la théorie de la croissance. La présence de ressources naturelles pose des problèmes pour la théorie de la croissance optimale parce que certains concepts-clefs comme l'état stationnaire, le sentier de croissance stabilisée, doivent être révisés. La question concrète du Club de Rome (la croissance de la production est-elle confrontée à des limites) est ainsi transformée en une question académique (l'intégration des ressources épuisables dans la théorie de la croissance). En réalité, Stiglitz ne cherche pas à ré-examiner ces concepts. Il va plutôt chercher à voir sous quelles conditions la croissance régulière de la consommation est possible, à quelles conditions sur des paramètres de fonctions analytiques, il existe des sentiers réguliers de croissance. L'analyse de Stiglitz est un pur jeu mathématique formel. Il écrit des équations d'évolution et trouve des conditions pour l'existence d'une croissance continue de la consommation. Il faut que le capital et les ressources naturelles soient substituables et que la part du capital dans la production soit plus importante que la part des ressources, ou bien qu'il existe un progrès technique.

Stiglitz soulève donc deux conditions pour l'existence de sentier où la consommation est maintenue : la substituabilité des facteurs et le progrès technique. Ce sont les conditions autour desquelles tourne toujours le débat. Or il est remarquable que ces conditions ne soient pas reprises dans la conclusion (Stiglitz, 1974, p. 136). Selon Stiglitz, si l'on considère le modèle présenté comme une première approximation raisonnable, la croissance soutenue est faisable et des réserves de ressources représentant trente années de consommation courante ne doivent pas inquiéter. Cette conclusion montre toute l'ambiguïté des modèles économiques théoriques. Il y a une confusion entre le modèle et les valeurs réalistes des paramètres, qui devraient être données par une étude empirique. Le modèle de Stiglitz montre qu'il existe différents régimes selon les valeurs des paramètres. Dans un certain régime (où il y a substituabilité ou progrès technique) la consommation peut se maintenir. Dans d'autres c'est impossible. De cette analyse, rien ne permet de conclure quel est le

régime pertinent pour la réalité. Seule une étude empirique pourrait le révéler. Or, dans sa conclusion, Stiglitz considère que le régime pertinent est le régime favorable, celui qui maintient la croissance. Il s'agit là d'une simple opinion qui, masquée derrière un attirail mathématique, prend les apparences d'un jugement scientifique.

La démarche de Solow (1974b) est également exemplaire de la méthode néoclassique. Solow se pose la question de savoir si une consommation constante au cours du temps est possible dans un modèle de croissance, d'abord sans ressources, puis avec ressources. Pour étudier le modèle de croissance, Solow est conduit à faire des hypothèses. Il étend d'abord son modèle de production pour intégrer les ressources. Il pose une fonction de production sous la forme $Q = F(K, L, R)$, signifiant par là que la production Q est fonction des flux de travail L , de ressources R et du stock de capital K . Solow cherche ensuite les hypothèses pour obtenir un problème « intéressant et substantiel ». Il commence par remarquer que les ressources doivent entrer dans la production, ensuite que le produit moyen de la ressource n'est pas borné. En effet, nous dit Solow, si le produit est borné, alors on ne peut produire qu'un montant fini de production avec la ressource, et la consommation que l'on peut maintenir indéfiniment est nulle. Solow (1974b, p. 34) conclut donc : « The interesting case is one in which $R = 0$ and $Q = 0$, but the average product of R has no upper bound. » Solow dans la suite de son article se consacre donc à ce cas et montre que l'on peut maintenir une consommation constante en substituant du capital aux ressources.

Le raisonnement de Solow pour établir ses hypothèses est caractéristique. La clef est dans le sens du mot « intéressant ». En quoi le cas où le produit moyen de la ressource est borné est inintéressant ? La réponse est simple : ce cas est inintéressant *d'un point de vue mathématique*. En effet, dans ce cas, il est trivial (mathématiquement évident) que la consommation ne peut être maintenue indéfiniment. C'est tout aussi trivial que l'adage que reprennent aujourd'hui les tenants de la décroissance : une croissance infinie est impossible dans un monde fini. Solow écarte donc le cas mathématiquement inintéressant et se concentre sur le cas « intéressant », où la possibilité d'un sentier de croissance maintenue demande un peu d'investigation mathématique. Cette démarche serait normale pour un mathématicien, mais non pour un économiste. Celui-ci doit juger en fait et non en droit. Il devrait s'intéresser au cas pertinent pour la réalité. Le cas mathématiquement trivial est économiquement intéressant si c'est le cas réel. Avant de conduire son analyse sous les hypothèses qui rendent le problème mathématiquement intéressant, Solow devrait nous dire en quoi ces hypothèses s'appliquent au monde réel.

Les travaux de Stiglitz et de Solow ne fournissent qu'une méta-analyse théorique. Ils donnent les conditions de possibilité de tel ou tel monde, en fonction de certains paramètres dans une représentation donnée. Mais cela suffit-il à constituer une réponse des économistes au modèle global du Club de Rome ? Ces travaux ne font que mettre en lumière des mondes possibles, mais la véritable réponse consiste à dire quel monde possible est le monde réel. Sur cela, les économistes restent étrangement muets. Ils ne formulent pas explicitement les jugements de réalité qui rendent leurs modèles crédibles. Leurs modèles révèlent ces jugements de fait mais ceux-ci sont toujours implicites et jamais étayés. À la fin de son article, Solow affirme que l'introduction des ressources épuisables dans un modèle de croissance apporte quelques critères intéressants mais ne renverse pas les principes de base. Cependant ce jugement revient à adopter l'hypothèse d'une élasticité de substitution entre capital et ressources naturelles plus grande que 1, ou de manière équivalente, de l'absence de bornes au produit moyen d'une ressource. Il s'agit là d'une hypothèse cruciale, mais cette hypothèse n'est pas discutée. Solow (1974b, p. 41) glisse simplement, après un tiret que cette hypothèse « would certainly be the educated guess at the moment. » Pourquoi ? On ne le saura pas. On passe d'une hypothèse à un jugement de fait non étayé. Parler

d'avis éclairé est un argument d'autorité, ni plus ni moins.

À l'examen, ce qu'on appelle la réponse des économistes au rapport Meadows apparaît donc étrange. Elle opère d'abord un déplacement de la question posée, de la viabilité du mode de développement occidental, considéré comme un tout, à la question de l'épuisement des ressources. De plus, sur ce terrain, les économistes répondent par des modèles mathématiques qui décrivent des possibilités. Nul ne sait si on peut passer facilement de l'univers potentiel des modèles au monde réel. La question des jugements de réalité n'est pas traitée de front. De la sorte, la réponse apparaît incomplète. Elle n'émet que des possibilités mais n'apporte pas d'éléments sur le fond.

On ne saurait trouver un contraste plus grand avec la méthode suivie par Forrester. Celui-ci procédait par l'analyse de systèmes. Cette méthode, nouvelle à l'époque, spécifie des relations (ou boucles) entre différents composants. Ces relations entre composants, par exemple entre le revenu et la population, ou la production et la pollution, peuvent être estimées à partir de données. Ces interactions et rétroactions peuvent former un réseau très complexe. Le but de l'analyse est d'étudier le comportement émergent du système global, résultant de l'interaction de tous ses éléments. La démarche est donc synthétique et dans l'application de Forrester fortement empirique. Le modèle de Forrester n'était cependant pas si différent des modèles macro-économétriques utilisés par les économistes, il se fonde sur les mêmes outils. Ceux-ci le rejettent pourtant complètement. La méthode de leur réponse consiste à poser des modèles *a priori* et à argumenter à partir de ces mondes fictifs.

Il semble qu'à l'époque les économistes impliqués dans les débats pensaient que leur position allait de soi et était parfaitement justifiée, même sur un plan empirique. Leurs contributions mettent en effet l'accent sur la substituabilité des facteurs et le progrès technique. Présenté ainsi, le jugement de fait implicite des économistes emporte l'adhésion. Les facteurs sont substituables et le progrès technique existe. Mais cette présentation est trompeuse, car elle fait appel à des principes généraux. Ce ne sont pas des catégories métaphysiques qui éluderont le rôle des ressources dans la croissance, mais des conditions spécifiques. Pour qu'il soit possible de maintenir constante la consommation, il faut un progrès technique ou une substituabilité tels que le produit moyen des ressources tende vers l'infini à mesure que la ressource s'amenuise. Cette condition n'a rien d'évidente, et l'appel à un vague « progrès technique » ou une indéterminée « substituabilité » ne suffit pas à la remplir. Si le progrès technique peut se poursuivre quelque temps et augmenter le produit moyen des ressources, il n'est pas déraisonnable de penser que le produit moyen des ressources est, à terme, borné.

Or ce type de progrès technique est déjà inclus dans le rapport Meadows : les scénarios considèrent bien divers types de progrès technique, à la fois sur les ressources (avec un doublement des ressources et une augmentation du taux de recyclage) ou sur la pollution (avec une division par quatre de l'intensité polluante de la production), ainsi que des progrès des techniques agricoles. Un progrès technique qui stagne au bout d'un certain temps n'est pas de nature à remettre en cause les conclusions du rapport Meadows. Les économistes peuvent éluder la question des limites à la croissance, non pas grâce à un certain montant de progrès technique, mais grâce à un progrès technique en croissance exponentielle. Les économistes sauvent, sur le plan théorique, la croissance de la consommation par l'appel à une autre forme de croissance, le progrès technique. La méthode abstraite joue un grand rôle dans le succès de cette réponse.

Conclusion

Les deux moments que nous avons étudiés se présentent comme une rencontre ratée entre la question des limites à la production et l'économie néoclassique, dans le cas de Jevons, et un refus de considérer cette question des limites dans le cas de la réponse des économistes au club de Rome. Pris ensemble, ces deux moments témoignent selon nous d'une incapacité de l'approche néo-classique à pouvoir traiter cette question. En ce sens, l'inexistence d'une économie néoclassique des limites montre les limites de l'économie néoclassique.

Cette incapacité n'est pas due à des développements insuffisants de la théorie mais semble être constitutive de la méthode néo-classique. L'origine de cette incapacité a été reliée à la dimension psychologisante de l'analyse néoclassique, d'une part, et à la méthode d'investigation par des modèles mathématiques reposant sur des hypothèses confortables, d'autre part.

Références

- BOUKHARINE, Nicolas (1967) [1919] — *L'économie politique du rentier : critique de l'économie marginaliste*, Paris : EDI.
- CLARK, Brett et FOSTER, John Bellamy (2001, mars) — « William Stanley Jevons and The Coal Question : An Introduction to Jevons's "Of the Economy of Fuel" », *Organization & Environment* **14**(1), p. 93–98.
- ERREYERS, Guido (2009, janvier) — « Hotelling, Rawls, Solow : How Exhaustible Resources Came to Be Integrated into the Neoclassical Growth Model », *History of Political Economy* **41**(Suppl 1), p. 263–281.
- GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas (1971) — *The Entropy Law and the Economic Process*, Cambridge (Mass.) : Harvard University Press.
- HAYS, Samuel P. (1999) — *Conservation and the gospel of efficiency : the progressive conservation movement, 1890-1920*, Pittsburgh, Pa : University of Pittsburgh Press.
- HOTELLING, Harold (1931, avril) — « The Economics of Exhaustible Resources », *Journal of Political Economy* **39**(2), p. 137–175.
- JEVONS, William Stanley (1906) [1865] — *The Coal Question* (3^e éd.), London : Macmillan, édité par A. W. Flux.
- KEYNES, J. M. (1936, janvier) — « William Stanley Jevons 1835–1882 : A Centenary Allocation on his Life and Work as Economist and Statistician », *Journal of the Royal Statistical Society* **99**(3), p. 516–555.
- LIVVERNOIS, John (2009, janvier) — « On the Empirical Significance of the Hotelling Rule », *Review of Environmental Economics and Policy* **3**(1), p. 22–41.
- MADUREIRA, Nuno Luis (2012, août) — « The Anxiety of Abundance : William Stanley Jevons and Coal Scarcity in the Nineteenth Century », *Environment and History* **18**(3), p. 395–421.

- MEADOWS, Donella H., MEADOWS, Dennis L., RANDERS, Jørgen et BEHRENS III, William W. (1972) — « Rapport sur les limites à la croissance », in *Halte à la croissance ?*, p. 131–304. Paris : Fayard.
- MISSEMER, Antoine (2012, octobre) — « William Stanley Jevons' The Coal Question (1865), beyond the rebound effect », *Ecological Economics* **82**, p. 97–103.
- POMERANZ, Kenneth (2010) [2001] — *Une grande divergence : La Chine, l'Europe et la construction de l'économie mondiale*, Paris : Albin Michel – Maison des Sciences de l'homme.
- SANDMO, Agnar (2015, janvier) — « The Early History of Environmental Economics », *Review of Environmental Economics and Policy* **9**(1), p. 43–63.
- SOLOW, Robert M. (1974a) — « The Economics of Resources or the Resources of Economics », *The American Economic Review* **64**(2), p. 1–14.
- SOLOW, Robert M. (1974b) — « Intergenerational Equity and Exhaustible Resources », *The Review of Economic Studies* **41**, p. 29–45.
- STIGLITZ, Joseph E. (1974) — « Growth with Exhaustible Natural Resources : Efficient and Optimal Growth Paths », *The Review of Economic Studies* **41**, p. 123–137.
- WHITE, Michael V. (1991) — « A Biographical Puzzle : Why Did Jevons Write The Coal Question? », *Journal of the History of Economic Thought* **13**(2), p. 222–242.
- WRIGLEY, E. A. (2010) — *Energy and the English Revolution*, Cambridge : Cambridge University Press.