



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
<http://ageconsearch.umn.edu>
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

Quelle bioéconomie écologique ? Retour sur le débat des années 1970-1980

What bioeconomy? The lessons of a debate in France in the 1970s and 1980s

Romain Debref et Franck-Dominique Vivien



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/economierurale/8789>

DOI : 10.4000/economierurale.8789

ISSN : 2105-2581

Éditeur

Société Française d'Économie Rurale (SFER)

Édition imprimée

Date de publication : 30 juin 2021

Pagination : 19-35

ISSN : 0013-0559

Référence électronique

Romain Debref et Franck-Dominique Vivien, « Quelle bioéconomie écologique ? Retour sur le débat des années 1970-1980 », *Économie rurale* [En ligne], 376 | Avril-juin, mis en ligne le 03 janvier 2023, consulté le 06 janvier 2023. URL : <http://journals.openedition.org/economierurale/8789> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/economierurale.8789>



Creative Commons - Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale 4.0 International - CC BY-NC 4.0
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Quelle bioéconomie écologique ?

Retour sur le débat des années 1970-1980

Romain DEBREF, Franck-Dominique VIVIEN • Laboratoire REGARDS, URCA¹
romain.debref@univ-reims.fr, fd.vivien@univ-reims.fr

La bioéconomie est aujourd'hui un terme très présent dans les feuilles de route des institutions nationales et internationales, comme l'OCDE et la Commission européenne. Il est loin d'être original, comme en témoigne la publication, en 1980, d'un *Cahier du Germes* traitant de « Questions à la bioéconomie ». Celui-ci rassemble les réflexions de trois grands économistes du développement : Nicholas Georgescu-Roegen, René Passet et Ignacy Sachs. Cet article présente leurs théorisations en termes de bioéconomie écologique, en souligne les points communs et les divergences.

MOTS-CLÉS : *bioéconomie, Georgescu-Roegen, Passet, Sachs, écodéveloppement*

What bioeconomy? The lessons of a debate in France in the 1970s and 1980s

Today, bioeconomy is a buzzword used in the roadmaps of international institutions such as the OECD and the European Commission. This term is far from new, as the publication in 1980 of a Cahier du Germes issue on "Questions to the Bioeconomy" shows. This issue contained the analysis of three leading development economists: Nicholas Georgescu-Roegen, René Passet, and Ignacy Sachs. This article details their theorizations of the bioeconomy, revealing their common points and their divergences. (JEL: Q0, O1, B5, N5).

KEYWORDS: *bioeconomy, Georgescu-Roegen, Passet, Sachs, eco-development*

La bioéconomie fait aujourd'hui l'objet d'intenses débats sur le sens à donner à ce terme, la place qu'elle est susceptible d'occuper dans la transition écologique, la perspective économique qu'elle dessine, les multiples impacts économiques, sociaux et environnementaux qu'elle pourrait avoir sur les territoires. Les feuilles de route stratégiques élaborées par les grandes institutions internationales (OCDE, 2009 ; EC, 2012) ou par les États (MAA, 2018 ; NASEM, 2020), qui cherchent à structurer le paysage sociotechnique de ces prochaines décennies, témoignent à leur manière de cette diversité de conceptions. Un travail de caractérisation de ces discours scientifiques et institutionnels nous

a permis d'identifier trois grands types de bioéconomie portés par différentes coalitions d'acteurs qui se concurrencent et que les acteurs de terrain peuvent chercher à combiner (Vivien *et al.*, 2019).

Une première bioéconomie s'appuie sur les promesses des biotechnologies considérées comme le déclencheur d'une nouvelle révolution industrielle et d'une nouvelle phase de prospérité économique. Une deuxième bioéconomie repose sur l'essor de l'exploitation de la biomasse grâce à une diversité de processus technico-économiques permettant une transition vers une société de l'après-pétrole. Une troisième bioéconomie peut être qualifiée d'écologique en ce qu'elle entend répondre avant tout aux questions d'environnement et aux enjeux de soutenabilité et qu'elle plaide pour que le développement des systèmes socioéconomiques à long terme s'inscrive dans les limites de la biosphère.

1. Cette recherche s'inscrit dans le cadre du Programme « Bioéconomie en Champagne-Ardenne » (Bioca) (2016-2020), financé par le PSDR4 (INRAE) et la Région Grand Est.

Nous ne nous intéresserons ici qu'à cette dernière afin de montrer qu'elle ne se réduit pas à la perspective dessinée par Nicholas Georgescu-Roegen, comme nous avons peut-être pu en donner l'impression dans ce précédent article (Vivien *et al.*, 2019). Nous allons voir qu'elle fait l'objet de débats publics à la fin des années 1970 et au tout début des années 1980. Nous en voulons pour preuve l'organisation d'une journée d'étude consacrée à la bioéconomie à Paris, le 5 février 1980, par le Groupe d'exploration et de recherches multidisciplinaires sur l'environnement et la société (Germes). Cette association, née en 1975 à l'initiative de membres du jeune ministère de l'Environnement et de l'Association française pour l'analyse de système, se conçoit comme un « forum hybride » original visant à tisser des liens entre science et société autour des questions d'environnement. Elle se veut un lieu « de confrontation entre disciplines ou de co-construction d'approches pluridisciplinaires », « d'ouverture sur la société civile, l'expérimentation sociale et les expériences internationales » et « de propositions politiques », explique Jacques Theys (2019), qui a été un de ses cofondateurs et principaux animateurs. Les questions qui intéressent les membres du Germes portent, entre autres, sur l'évaluation de l'état de l'environnement et la prospective, les critiques relatives à la croissance et les nouvelles directions que doit prendre le développement, les politiques et les modes de gestion à mettre en œuvre dans le domaine de l'environnement. C'est pour répondre à ces problématiques qu'est publié en 1980, à la suite de cette journée d'étude, un *Cahier du Germes*, intitulé : « Questions à la bioéconomie ». Édité par Christiane Barrier-Lynn, Philippe Mirenowicz et Jacques Theys (1980), ce volume d'un peu plus de 140 pages témoigne du fait que la bioéconomie est une interrogation neuve et vive. Le mot « bioéconomie », précisent les éditeurs de ce *Cahier* en introduction,

est utilisé « ici comme un terme commode pour regrouper un ensemble de tentatives récentes visant à ouvrir l'économie sur les sciences de la matière et les sciences du vivant : sur la biologie, sur la thermodynamique, sur l'écologie ». Plus concrètement, si on en juge par les textes de J. Theys (1980) et C. Barrier-Lynn (1980) qui introduisent ce *Cahier*, le débat organisé par le Germes vise à confronter les travaux de Nicholas Georgescu-Roegen, René Passet et Ignacy Sachs². Leurs bioéconomies écologiques y sont toutefois présentées de manière fragmentaire, voire elliptique, ces auteurs n'ayant pas fourni de textes originaux et synthétiques pour l'édition de ce *Cahier*. On ne trouve pas de trace non plus de la confrontation de leurs différentes bioéconomies. Les articles qui font retour sur la journée d'étude de février 1980 (Bernard, 1980 ; Quiers-Valette, 1980) sont brefs et offrent des cadrages très généraux quant à la thématique abordée et aux enjeux interdisciplinaires qu'elle soulève. Ces propos sont essentiellement des appels à poursuivre la réflexion en matière de bioéconomie, des mises en garde contre les écueils du biologisme ou du « thermodynamisme » et, fidèles en cela à l'esprit de l'association Germes, des invitations pressantes à ce que, le moment venu, nous traduisions cette approche sous forme d'indicateurs et d'instruments de politique afin qu'elle puisse être mise en œuvre.

Le recul dont nous disposons aujourd'hui en matière de bioéconomie nous permet de reprendre ce débat resté en suspens et d'essayer de le mener plus avant. Dans les trois premières parties de cet article, nous passerons ainsi successivement

2. Une autre référence évoquée par C. Barrier-Lynn (1980), bien qu'elle ne relève pas de « réflexions sur les bases de l'économie », est constituée par l'ouvrage d'Ilya Prigogine et Isabelle Stengers (1979). Il en sera question dans notre partie 4 quand nous confronterons les bioéconomies de Passet et de Georgescu-Roegen.

en revue les trois bioéconomies écologiques de Georgescu-Roegen, Passet et Sachs. Une quatrième partie nous permettra d'en faire une comparaison. Nous concluons en montrant en quoi ces débats éclairent ceux qui entourent aujourd'hui la bioéconomie.

La bioéconomie de Nicholas Georgescu-Roegen

La fin des années 1970 voit la diffusion en français des travaux de Georgescu-Roegen, lequel connaît bien la France pour y avoir vécu à la fin des années 1920, quand il faisait sa thèse de statistique à la Sorbonne, sous la direction d'Émile Borel. En 1976-1977, il a séjourné à nouveau dans ce pays, grâce à l'invitation qui lui a été faite par des collègues économistes de l'Université de Strasbourg. L'année suivante, il publie un article dans la *Revue d'économie politique* intitulé « De la science économique à la bioéconomie » (Georgescu-Roegen, 1978). Cette diffusion est aussi assurée par la parution d'un recueil de ses textes, traduits par Ivo Rens et Jacques Grinevald (1979), sous le titre : *Demain la décroissance*, un ouvrage qui sera augmenté et réédité à plusieurs reprises (Grinevald et Rens, 1995) et qui constitue, aujourd'hui encore, l'une des meilleures introductions en français à l'œuvre de Georgescu-Roegen.

Dans la préface qu'ils ont rédigée pour la première édition de ce livre, Rens et Grinevald (1979) précisent que, durant son séjour à Strasbourg, Georgescu-Roegen « a commencé la rédaction d'un nouvel ouvrage intitulé : *Bioeconomics*, que doit publier prochainement Princeton University Press »... lequel, hélas, ne verra jamais le jour. Dans le *Cahier du Germes* qui nous intéresse, c'est encore Grinevald (1980a) qui présente une bibliographie et la perspective bioéconomique de Georgescu-Roegen, ce qui témoigne à nouveau du rôle crucial de passeur qu'il a joué alors pour

la reconnaissance de l'œuvre de ce dernier dans l'espace académique et militant francophone.

Le terme de bioéconomie est apparu sous la plume de Georgescu-Roegen en 1975 à l'occasion de son engagement dans la controverse soulevée par la publication du premier rapport au Club de Rome (Meadows *et al.*, 1972). Dans un premier temps, il s'est rangé aux côtés de Dennis Meadows et de son équipe pour les aider à combattre les arguments des économistes standards en faveur de la poursuite de la croissance qui critiquent ouvertement *The Limits to Growth* (Levallois, 2010). Il s'en éloignera ensuite, en adoptant une position plus radicale que celle qui est au cœur du rapport Meadows, qui n'est autre que la thèse de l'état stationnaire remise au goût du jour par Herman Daly (1972), qui fut son élève. Quand il se saisit du terme « bioéconomie », Georgescu-Roegen (1975a) entend lui donner un autre sens que celui qui prévaut alors dans le domaine de l'économie des ressources naturelles renouvelables³ afin de désigner la problématique de la survie à laquelle est confrontée l'espèce humaine. Comme tout être vivant, l'homme doit lutter contre la loi de l'entropie. Mais, l'évolution biologique de l'espèce humaine – ce que Georgescu-Roegen appelle, à la suite du biologiste Alfred Lotka (1925), l'endosomatisme – s'est poursuivie sur le plan de la technique – ce

3. Le terme de bioéconomie, inventé dans les années 1920 par le biologiste russe F.I. Baranoff, désigne dans les domaines de l'économie des pêches ou de l'économie forestière la double contrainte qui pèse sur l'exploitation de la ressource naturelle renouvelable, à savoir la dynamique de la population biologique et la pression économique qui est exercée sur elle (Clark, 1976, 1985). Une autre acception du terme bioéconomie a été proposée par le naturaliste roumain Grigore Antipa lors de la conférence sur le métabolisme de la mer Noire organisée à Paris en 1933, au sens d'échanges entre les êtres biologiques intra ou inter-espèces (Pahun *et al.*, 2018).

qu'il appelle l'exosomatisme. Dès lors, s'il veut vivre et se développer, l'homme ne doit pas uniquement viser un objectif de basse entropie pour maintenir en état son organisme, celle-ci est aussi nécessaire pour entretenir la base matérielle et énergétique des objets qui l'entourent. « C'est en raison de cette dépendance » exosomatique, écrit Georgescu-Roegen (1975b), « que la survie de l'humanité présente un problème totalement différent de celui de toute autre espèce, car il n'est pas seulement biologique ni seulement économique. Il est bioéconomique ».

Inspiré par Joseph Schumpeter, qui fut son professeur à Harvard dans les années 1930 et qu'il considéra comme son véritable maître à penser en matière d'économie (Bobulescu, 2017), Georgescu-Roegen (1978) propose de raisonner dans cette perspective bioéconomique grâce au concept de « technologie prométhéenne ». Ce concept désigne cette classe particulière de technologies qui, grâce à des sauts à la fois qualitatifs et quantitatifs, permettent, à certaines époques, à l'humanité d'accéder à de nouvelles et abondantes sources d'énergie. Les technologies prométhéennes induisent dès lors des cycles techno-économiques de très longue durée. Ainsi, après « Prométhée I », le Titan qui, selon la mythologie grecque, déroba le feu aux dieux, les hommes ont pu saluer « Prométhée II », en les personnes de Thomas Savery et Thomas Newcomen, qui peuvent être considérés comme les inventeurs de la machine à vapeur au XVIII^e siècle. Grâce à la substitution des sources de basse entropie biologiques par des sources de basse entropie minérales, l'âge du charbon, puis l'âge du pétrole succédèrent à l'âge du bois. Mais, si cette Révolution « thermo-industrielle » – Georgescu-Roegen (1978) reprenant là un concept de Jacques Grinevald (1977) – a pu libérer de formidables quantités d'énergie et de forces productives, avec le temps, elle a aussi confronté

l'humanité à de sérieuses limites écologiques, à travers l'épuisement des énergies fossiles et le bouleversement des grands cycles biogéochimiques. Reprenant une idée que nous trouvons chez Vernardsky (Grinevald, 1990), qui anticipe la notion d'Anthropocène, Georgescu-Roegen (1978) souligne que l'humanité est devenue une véritable force géologique.

L'agriculture occupe une place importante dans cette réflexion bioéconomique. C'est dans le cadre de ses travaux sur l'économie paysanne que Georgescu-Roegen a commencé à introduire des considérations sur la thermodynamique pour analyser le processus économique (Vivien, 1999) : l'histoire de la paysannerie, écrit-il ainsi, est une longue lutte contre l'entropie (Georgescu-Roegen, 1969). Un des premiers articles dans lequel Georgescu-Roegen introduit la notion de bioéconomie comporte une section intitulée : « L'agriculture moderne : un gaspillage d'énergie ». Elle offre une parfaite illustration de la succession des technologies prométhéennes et du remplacement de la basse entropie biologique par de la basse entropie minérale. « C'est même dans l'agriculture que ce processus est le plus frappant, écrit Georgescu-Roegen. Les tracteurs et autres machines agricoles ont supplanté l'homme et les animaux de trait, les fertilisants chimiques ont supplanté fumures et jachères » (Georgescu-Roegen, 1975b).

De fait, en ce début des années 1970, nous voyons se multiplier les études écoénergétiques qui montrent l'augmentation des consommations d'énergie fossile dans les secteurs de l'agriculture et de l'agroalimentaire au cours des trente glorieuses (Pimentel *et al.*, 1973). L'écologue Howard Odum (1971) déclare de manière provocatrice que les pommes de terre sont désormais essentiellement produites grâce à du pétrole ! Georgescu-Roegen (1975b) dénonce aussi cette agriculture insoutenable, y compris du fait de la perte de

biodiversité qu'elle provoque. Il évoque même l'idée d'effet rebond, qui sera reprise ensuite par celui qui fut son dernier doctorant, Kozo Mayumi (Polimeni *et al.*, 2008 ; Giampietro et Mayumi, 2009) : l'économie des techniques agricoles modernes, constate ainsi Georgescu-Roegen (1979), « offre [...] une réfutation fort instructive à la croyance commune en l'orientation positive de toute innovation technologique pour l'économie des ressources ».

L'évolution souhaitable, selon Georgescu-Roegen, est d'inverser cette dynamique. À terme, il est clair pour lui qu'une transition énergétique et écologique va s'imposer. Elle pourrait s'incarner dans l'avènement d'un « Prométhée III » et d'un « nouvel âge du bois », qui serait « différent quand même de celui du passé, précise-t-il, parce que nos connaissances techniques sont plus étendues aujourd'hui » (Georgescu-Roegen, 1978). Après avoir testé la pertinence d'innovations prometteuses, tels le photovoltaïque et l'éolien, qui sont susceptibles d'aller dans ce sens, Georgescu-Roegen (1984) propose le concept de « technologie viable » qu'il définit comme une technologie capable de se reconstruire, tel un organisme vivant, tout en puisant le moins possible de ressources dans son environnement. C'est dans le cadre de ces recherches que Georgescu-Roegen étudie des solutions techniques que l'on rangerait aujourd'hui dans la bioéconomie, au sens où l'entend, par exemple, la Commission européenne (EC, 2012). Nous en voulons pour preuve qu'« à ceux qui font valoir que nous pouvons enfin extraire des protéines des combustibles fossiles », il répond : « La saine raison nous commande de faire l'inverse, c'est-à-dire de transformer la matière végétale en hydrocarbures combustibles – orientation manifeste naturelle déjà explorée par plusieurs chercheurs » (Georgescu-Roegen, 1975b). Et, pour appuyer ses dires, Georgescu-Roegen d'évoquer le fait que, « durant la Deuxième

Guerre mondiale, en Suède notamment, on conduisait des automobiles roulant avec le gaz pauvre obtenu par la combustion du charbon de bois avec du petit bois d'allumage dans un container servant de réservoir ! » (*ibid.*).

L'absence de technologie viable conduit cependant Georgescu-Roegen à prôner la prudence. En attendant l'arrivée de ce nouveau Prométhée, il convient, selon lui, d'économiser le plus possible les ressources fossiles, dont le stock est fini, en les utilisant prioritairement pour répondre aux besoins les plus pressants, notamment de ceux des populations vivant dans les pays du Sud. C'est pourquoi Georgescu-Roegen (1977, 1978) propose une perspective de « décroissance »⁴ à travers l'établissement de son « programme bioéconomique minimal », prônant, entre autres, la mise en œuvre d'une agriculture organique, la lutte contre les gaspillages et la recherche d'une autolimitation des besoins des consommateurs.

La bioéconomie de René Passet

Une deuxième conception de la bioéconomie écologique est développée par René Passet. Elle témoigne du cheminement intellectuel qu'a effectué cet économiste depuis son entrée dans le « Groupe des Dix », un groupe de scientifiques et d'hommes politiques français⁵ qui s'est réuni environ une fois par mois à Paris, entre 1968 et 1976, en vue d'échanges interdisciplinaires sur la complexité, les perspectives

4. Pour une autre interprétation du message de Georgescu-Roegen, nous nous reporterons à Missemer (2017).

5. Le Groupe des Dix est composé initialement de : R. Buron, J. Robin, E. Morin, H. Laborit, G. Rosenthal, J. Baillet, J. Sauvan, J.-F. Boissel, F. Coblenz, B. Weber et A. Laurent. R. Passet, D. Rousset et J. Piette les rejoignirent en 1969. J. de Rosnay en 1971. H. Atlan, J. Attali et H. Leroi-Gourhan en 1972. M. Serres, O. Thibault et M. Rocard en 1973.

de développement à long terme et la prise en compte de l'environnement (Vivien et Dicks, 2019 ; Vivien, 2019). Certaines de ces séances de travail furent consacrées à la lecture de manuscrits émanant des membres du Groupe des Dix – ce fut le cas notamment du *Macroscope* de Joël de Rosnay (1975).

Cet ouvrage, qui se présente comme une introduction à l'approche systémique, dessine aussi une nouvelle perspective en matière de croissance économique, dont la dynamique repose sur ce que de Rosnay (1973, 1975, 1979) appelle la « bio-industrie », à savoir un ensemble de secteurs industriels portés essentiellement par les biotechnologies – une vision fort proche de la bioéconomie promue depuis une décennie par l'OCDE (2009). Cette nouvelle « révolution agricole et industrielle », comme l'appelle de Rosnay (1975), doit permettre de résoudre la faim dans le monde, notamment grâce à la création de bactéries fixatrices de l'azote que promettent certaines manipulations génétiques (de Rosnay, 1973). Elle doit aussi faire de la cellule une usine de traitement de la biomasse afin de produire de l'énergie, des produits chimiques et de nouveaux matériaux. Cette bio-industrie doit aussi permettre à l'homme de sortir du cercle vicieux de l'épuisement des ressources énergétiques et d'insérer ses activités de production dans la biosphère – de Rosnay (1974) parle à son propos d'un ensemble de technologies « douces ». Cela l'amène à inscrire cette révolution bio-industrielle dans la « pensée des limites » du premier rapport au Club de Rome (Meadows *et al.*, 1972), ainsi qu'en témoigne le dernier chapitre du *Macroscope* qui s'intitule : « Scénario pour un monde », « Notes de voyage en écosocialisme ».

La rencontre avec les biologistes et chercheurs des sciences du vivant qui sont membres du Groupe des Dix – Jacques Robin, Henri Laborit, Joël de Rosnay, notamment – est primordiale pour Passet. Au

moment où il intègre cette société savante, il vient de publier *Politiques du développement* (Passet, 1969), un ouvrage qui synthétise les recherches qu'il a menées au cours des années 1960, dans lesquelles il critique la théorie proposée par Walt Rostow (1960) qui lie étroitement croissance et développement à travers différentes étapes par lesquelles doivent passer les sociétés humaines. Les mesures statistiques opérées par Passet (1965, 1966) sur un grand nombre de pays l'ont amené à mettre l'accent sur le franchissement de « seuils de mutation » structurelle et fonctionnelle que connaissent les économies au cours du temps. Passet montre ainsi que les relations économiques que tissent l'*avoir* et l'*être* évoluent au cours du temps, en fonction du niveau de développement de la société. Cette dynamique devrait se poursuivre avec la montée en puissance des services et de l'immatériel dans les économies les plus techniquement avancées qu'a étudiées Passet (1957) dans des travaux antérieurs. Il y a là, selon lui, un défi que l'économie doit relever, en tant que discipline à même de comprendre ces changements de logique et d'en déduire des recommandations en termes de politiques de développement.

Au contact des autres membres du Groupe des Dix, Passet se rend compte que la taille de ce défi est plus grande encore que ce qu'il imaginait. L'économiste du développement qu'il est doit dès lors se lancer dans une révision de son cadre d'analyse que l'on peut suivre pas à pas à travers une série de publications au cours des années 1970 qui s'intitulent « L'économie et le vivant » (Passet, 1974, 1975, 1979). Ce sont des extraits des deux premiers articles qui sont réédités dans le *Cahier du Germes* consacré à la bioéconomie. Le terme de « bioéconomie » apparaît sous sa plume en 1979 dans son ouvrage éponyme *L'économie et le vivant*. Il signifie par là qu'il n'est pas question pour lui de faire de l'économie de l'environnement au sens où

l'entendent les économistes standards ; il préfère parler de « biosphère », au sens des écologues, et redéfinir l'objet même de la science économique, à savoir : « Gérer un patrimoine énergétique, structurer, grâce au travail, de l'énergie par de l'information afin de la rendre utile à l'homme » (Passet, 1975).

Suivant en cela l'argumentaire développé par le Groupe des Dix, au-delà de la biologie et des sciences du vivant, c'est la référence à l'approche systémique qui lui importe avant tout. C'est ce qu'il précise dans la troisième partie de *L'économique et le vivant* où, au terme d'une discussion relative à l'intérêt et aux limites du recours à l'analogie biologique, Passet (1979) revendique l'adoption d'un point de vue « organisationniste » et non pas « organiste ». Cette vision systémique, qui « dégage l'articulation des grandes fonctions qui permettent l'émergence d'une finalité globale, en interdépendance avec son environnement » (Passet, 1979), transparaît pleinement à travers le célèbre schéma des trois sphères figurant en introduction de *L'Économique et le vivant*. La biosphère y apparaît comme un système englobant les systèmes sociaux, eux-mêmes englobant les systèmes économiques.

En adoptant cette représentation héritée de l'écologie systémique, Passet rejette la vision qu'il juge réductionniste de l'économie dominante, laquelle privilégie la reproduction du capital et la rentabilité monétaire à court terme et entend réguler la biosphère et la société par le seul sous-système économique et en particulier sa logique marchande – ce que Passet (1984) appellera bientôt « la logique des choses mortes ». Passet en appelle, à l'inverse, à une « gestion normative sous contrainte » qui doit permettre à la reproduction de la sphère économique d'être indissociable de la reproduction de la biosphère et des humains. L'organisation sociale et politique souhaitée par Passet (1979) s'inspire, elle aussi, des enseignements de la systémique

et de l'étude du vivant. Après avoir reconnu le primat de l'utilité sociale, laquelle, selon lui, relève des valeurs et non de la science, il retient le principe de contrainte minimale avec une décentralisation des décisions par niveaux d'organisation et un bouclage de l'information comme du contrôle allant du bas vers le haut de la société.

La bioéconomie d'Ignacy Sachs

Une troisième conception de la bioéconomie écologique est proposée par Ignacy Sachs, dont un court extrait de l'article intitulé « Économie et écologie » (Sachs, 1976), publié quelques années plus tôt, est réédité dans le *Cahier du Germes* consacré à la bioéconomie (Sachs, 1980a). Sachs n'utilise pas le terme « bioéconomie » dans ses écrits, mais c'est bien de cela dont il s'agit quand il développe des arguments montrant qu'« il est possible de penser à une nouvelle civilisation industrielle du renouvelable, qui obtiendrait le gros de ses ressources à travers l'exploitation de la forêt tropicale, l'aquaculture, l'agriculture et la valorisation des déchets organiques » (Sachs, 1976). Cette perspective, qu'il désignera par le terme de « bio-industrialisation » dans ses publications ultérieures (Sachs, 1989) est davantage développée dans l'ouvrage *Stratégies de l'écodéveloppement* (Sachs, 1980b), paru la même année que ce *Cahier du Germes*.

Le terme « écodéveloppement » est apparu après la Conférence de Stockholm organisée par l'ONU en 1972. Au départ, avoue Maurice Strong (2001), secrétaire général de ce sommet, l'expression est un contenant sans contenu, une formule lancée pour que les pays du Sud acceptent de revenir discuter des questions d'environnement au sein des instances de l'ONU, alors même qu'ils ont déclaré ne pas être concernés par ces enjeux à Stockholm. Cette notion d'écodéveloppement est reprise et approfondie dans le cadre du Symposium PNUE/CNUCED, qui se tient à Cocoyoc,

au Mexique, en 1974. Sachs (1974), qui a fait partie de l'équipe de M. Strong lors de la Conférence de Stockholm, participe à ces débats portant sur les modèles d'utilisation des ressources naturelles. Il associe son nom à cette perspective de l'écodéveloppement conçue au départ pour répondre à la dynamique des économies rurales du Tiers Monde avant de s'élargir peu à peu pour devenir une philosophie générale du développement.

Il s'agit, selon Sachs (1993), d'une « voie moyenne, à égale distance des propositions extrêmes des malthusiens » – comprenons, le diagnostic établi par les rédacteurs du rapport Meadows – et de celles « des chantres de l'abondance illimitée de la nature » et de l'optimisme technologique sans faille que nous trouvons en grand nombre parmi les économistes standards. Avec le temps, les trois piliers de l'écodéveloppement qui sont définis par Sachs (1980b) – autonomie des décisions et recherche de modèles endogènes propres à chaque contexte ; prise en charge équitable des besoins ; prudence écologique – se déclineront en autant de dimensions de la soutenabilité.

Dès le milieu des années 1970, Sachs (1976) s'emploie à définir un « style de développement », « une stratégie écologiquement consciente de développement socio-économique à long terme » qui « doit aspirer à minimiser les prélèvements opérés sur les stocks en dernière instance limités des ressources non renouvelables et s'attacher à ne pas mettre en cause les équilibres thermiques de la planète par un usage excessif d'énergies fossile et nucléaire ». Cette stratégie d'écodéveloppement, comme la désignera bientôt Sachs, « peut et se doit de tirer un meilleur parti possible du flux de l'énergie solaire et des ressources renouvelables obtenues par la bioconversion de cette énergie tout en veillant au déroulement normal des cycles écologiques qui assurent précisément leur

renouvellement ». Elle s'adresse tout particulièrement aux pays tropicaux qui pourraient exploiter la biomasse abondante qu'ils cultivent (canne à sucre, manioc...) et dont ils disposent (forêts, déchets agricoles). Sachs (1980b) lance ainsi l'idée d'une « révolution industrielle » adaptée aux pays du Sud basée sur le végétal.

Cette bio-industrialisation doit s'appuyer sur des « techniques relativement simples et d'ingénierie biologique faisant intervenir des micro-organismes et des enzymes », écrit Sachs (1980a). Elle permettra de produire :

- de la nourriture (avec des « cultures intercalées à l'ombre des arbres », de l'aquaculture plutôt que de l'élevage intensif, des invertébrés comme sources de protéines...);
- des combustibles, liquides (alcools), gazeux (méthane) et sous forme de bois à brûler ;
- des matériaux de construction ;
- mais aussi « une grande variété de plastiques, caoutchouc et autres produits chimiques ». Sachs (1980a) regrette d'ailleurs au passage que « la priorité accordée à la pétrochimie au cours des deux dernières décennies ait fait négliger l'étude de la végétalo-chimie en général, de la chimie forestière en particulier », alors même que « les applications de la chimie enzymatique à la production de polymères exigent encore un important effort de recherche ».

Sachs est conscient que cette bio-industrialisation est susceptible de se traduire par une offre accrue de matière première végétale. Il recommande donc d'évaluer les conséquences écologiques de l'intensification de l'exploitation des forêts et d'utiliser en priorité du bois et des arbustes de mauvaise qualité prélevés dans les sites déjà exploités. Il faudra aussi analyser les complexes technico-industriels de la bio-industrie dans une perspective systémique

afin de développer leurs complémentarités et les concevoir pour éliminer les gaspillages. Cette approche annonce l'écologie industrielle, dont nous savons qu'elle a été déjà mise en œuvre au cours du XX^e siècle, que ce soit dans le cadre du système capitaliste, avec les usines Ford (McCarthy, 2006), ou de l'économie soviétique planifiée (Sarthere *et al.*, 2006). Sachs en appelle aussi à l'exploration des stratégies de transition avec la reconversion partielle des industries existantes, la recherche d'interdépendance négociée entre pays industrialisés et Tiers monde et la mise en œuvre de politiques économiques et sociales permettant la réduction du temps de travail et une meilleure répartition des emplois.

Une comparaison des trois bioéconomies écologiques

Il existe des points communs et des différences entre ces différentes bioéconomies écologiques (cf. *tableau 1*).

Comme l'indique la présence du préfixe « bio », elles se nourrissent des connaissances tirées des sciences de la nature de la part de nos trois économistes grâce à leurs lectures, rencontres et discussions avec des spécialistes du vivant. Par là même, les analyses de ces trois auteurs sont inspirées par l'approche systémique, ce qui les conduit à ne pas séparer leur réflexion sur le développement des systèmes économiques de celles relatives aux dynamiques sociales et environnementales qui l'accompagnent. En d'autres termes, leurs bioéconomies visent à assurer l'insertion du développement économique dans les logiques sociales et environnementales. Passet, comme nous l'avons noté, est probablement celui qui est le plus explicite dans cette référence à l'analyse systémique avec l'élaboration de son schéma des trois sphères englobées les unes dans les autres, lequel est considéré aujourd'hui comme une représentation pionnière en matière d'économie écologique (Martinez-Alier, 2008).

Cette reconnaissance de la complexité des champs de la pensée et de l'action conforte le point de vue critique de ces trois théoriciens vis-à-vis des possibilités d'autorégulation du système économique. « Les mécanismes du marché ne peuvent protéger à l'avenir l'humanité des crises écologiques, ni répartir les ressources de façon optimale entre les générations, même si nous nous efforçons de fixer les prix "justes" », écrit ainsi Georgescu-Roegen (1975b). Compte tenu du fait qu'elles ne sont pas encore nées, les générations futures sont, en effet, exclues des évaluations monétaires et négociations marchandes que peuvent mener les générations présentes. Cela fait écho avec la posture de Passet qui, d'une part, dénonce le réductionnisme monétaire opéré par l'application du calcul économique à l'environnement⁶ et, d'autre part, plaide pour une articulation entre le calcul monétaire et le calcul énergétique⁷.

Sachs se montre de même réticent à ce que la prise de décision collective repose uniquement sur la possibilité d'internaliser les externalités à l'aide de l'analyse coût-avantage. En s'appuyant sur les travaux institutionnalistes de K.W. Kapp (1950), dont il signe la préface à l'édition française de son célèbre ouvrage *Les coûts sociaux dans l'économie de marché*, publié en 1976, Sachs insiste sur le fait que les prix sont l'expression de rapports

6. Voir notamment le chapitre 2 de *L'Économie et le vivant* (Passet, 1979) qui s'intitule : « La réduction du champ de la pensée économique ».

7. « [...] l'utilisation d'un système de mesure conçu en termes énergétiques [...] ne peut [...] prétendre à l'universalité. Indispensable pour exprimer les phénomènes de la biosphère, précieux pour révéler certains mécanismes économiques dissimulés par les valorimètres traditionnels, il ne saurait remplacer le prix dans toutes ses fonctions. Alors se pose un problème de raccordement entre deux instruments d'essence différente, mais également indispensable à l'économiste », écrit Passet (1979).

de force. Il en donne une illustration à travers la capacité qu'ont certains experts et décideurs à manipuler les termes des évaluations économiques de l'environnement (Sachs, 1976). Pour relever le défi de la mesure en matière d'environnement, Sachs (1976) et Passet (1975) s'en remettent à l'idée de recourir à une batterie d'indicateurs sociaux et environnementaux, à l'image des comptes du patrimoine naturel qui commencent à être développés en France à partir de la fin des années 1970 dans le cadre de la comptabilité nationale. Nous noterons que l'analyse de Sachs présente la particularité de mettre aussi l'accent sur la dimension spatiale des activités humaines et sur l'importance à accorder à l'aménagement du territoire.

On peut aussi rapprocher les considérations éthiques développées par ces trois économistes qui illustrent la multi-dimensionnalité de leurs approches du développement. « Ce dont le monde a le plus besoin, c'est d'une nouvelle éthique », déclare Georgescu-Roegen (1975b), laquelle se traduirait par le commandement suivant : « Tu aimeras ton espèce comme toi-même. » Un des maîtres à penser de Sachs est Gandhi, dont il souligne « la place prépondérante qu'y occupe la problématique éthique » (Sachs, 1980b). On ne s'étonnera donc pas que la référence à une autolimitation des besoins soit commune à Georgescu-Roegen et Sachs. Dans son programme bioéconomique minimal, le premier en appelle à ce que l'on se débarrasse de la mode et que l'on se guérisse « nous-mêmes de notre soif morbide de gadgets extravagants » (Georgescu-Roegen, 1975b). À la suite de Gandhi, Sachs (1980b) critique aussi ce qu'il appelle « la société acquisitive » et prône la frugalité. Cette dimension éthique est présente chez Passet, lequel insiste sur ce qu'il appelle le « domaine des valeurs » propres à chaque scientifique. Bien que celles-ci échappent au questionnement scientifique proprement dit, elles n'en apparaissent pas moins

essentielles à ses yeux pour comprendre le sens du questionnement du chercheur en matière de développement. « L'éthique frappe à la porte, écrit Passet, dans la préface à la réédition de *L'Économique et le vivant*. L'entendre – et plus encore lui ouvrir – nous éloignerait-il de l'économie ? [...] L'économie, conclut-il, n'a jamais été aussi grande que lorsqu'elle a su associer une construction théorique, une conception de l'homme et une vision du monde » (Passet, 1996).

Si nous pouvons faire entrer ces trois bioéconomies dans une perspective de soutenabilité forte, elles n'en présentent pas moins des différences de ce point de vue. La bioéconomie de Georgescu-Roegen relève d'une soutenabilité extrêmement forte, beaucoup plus que celles dessinées par Passet et Sachs. Cela tient à la place qu'occupe, chez le premier, la loi de l'entropie dans son analyse du processus économique, un principe qu'il a d'ailleurs étendu à la matière considérée d'un point de vue macroscopique (*matter in bulk*, écrit Georgescu-Roegen, 1977), en proposant même d'en faire une « quatrième loi de la thermodynamique » qui reste controversée (Bianciardi *et al.*, 1993). C'est pourquoi, à coup sûr, Georgescu-Roegen critiquerait Passet pour l'accent mis par ce dernier dans son analyse du processus économique sur l'énergie et sur l'information – et non sur la matière. De fait, la thèse de la dématérialisation est présente en filigrane dans les écrits de Passet (1979) qui datent de cette époque –, une perspective sur laquelle il reviendra plus tard pour la critiquer à son tour (Passet, 2010).

Passet, tout en saluant l'importance de l'œuvre de Georgescu-Roegen pour la percée décisive qu'elle a permis de faire en insérant le développement économique dans les flux énergétiques de la biosphère, ne manque jamais de le critiquer pour sa non-prise en compte de la thermodynamique des structures dissipatives d'Ilya Prigogine. Cette dernière est, aux yeux de

Passet (2010), une « thermodynamique du vivant » ou, pour reprendre le titre d'un autre texte de J. Grinevald (1980b) publié dans le *Cahier du Germes* consacré à la bioéconomie, « une thermodynamique à visage humain ». De son côté, Sachs (1980b) rappelle que les débats en matière d'écodéveloppement ne peuvent faire abstraction des questions relatives au substrat physique et énergétique de l'activité économique. Il renvoie d'ailleurs le lecteur à *The Entropy Law and the Economic Process* (Georgescu-Roegen, 1971). Il s'éloigne toutefois de ce dernier et de ce qui lui semble être un regrettable « retour aux Physiocrates », ainsi qu'il intitule l'extrait de texte réédité dans ce *Cahier du Germes* (Sachs, 1980a). Il préfère se tourner vers les travaux de l'écologue René Dubos (1976) et de son idée de rapports symbiotiques à développer entre l'humanité et la nature, lesquels doivent nous permettre de trouver des façons à la fois socialement utiles et écologiquement prudentes de mise en valeur des ressources naturelles.

Nous noterons d'ailleurs que, dans la période qui suivra la tenue du premier Sommet de la Terre de Rio, Georgescu-Roegen (1993) rejettera violemment la notion de « développement soutenable ». Sachs la critique aussi sévèrement, pointant la responsabilité d'Henry Kissinger dans sa substitution de la notion d'écodéveloppement, jugée trop engagée politiquement pour plaire aux intérêts américains (Sachs, Weber, 1994). *A contrario*, dans la réédition de *L'Économique et le vivant*, tout en réaffirmant la nécessité d'une approche bioéconomique multidimensionnelle, Passet (1996) reprendra ce concept de développement durable à son compte.

Ces différences de points de vue en matière de soutenabilité s'enracinent en partie dans l'analyse des changements techniques. Georgescu-Roegen et Sachs ont à cette époque une réflexion sur l'innovation technique qui est beaucoup plus poussée

que chez Passet⁸. Le premier, comme nous l'avons vu, se focalise sur les « technologies prométhéennes » et le très long terme. C'est le destin de l'humanité dans son ensemble qui semble l'intéresser avant tout. Sachs, lui, met davantage l'accent sur la diversité des sociétés humaines, dont il cherche à hybrider les connaissances technologiques à l'aide du concept de « technologies appropriées » proposé par Ernst Schumacher (1973) (Leonard, 2019), ce qui apparaît comme une position radicalement différente de celle de Georgescu-Roegen (1978) qui envisage parfois ces mêmes sociétés humaines, du fait de l'exosomatisme qui est le leur, comme des espèces biologiques incapables de s'interféconder pour donner naissance à une nouvelle espèce.

Les instruments et politiques relatifs à ces trois bioéconomies écologiques diffèrent aussi quelque peu. À côté de l'auto-limitation des besoins, qui concerne la régulation de la demande, sur laquelle nous avons déjà insisté, Georgescu-Roegen (1975b) en appelle, du côté de la régulation de l'offre, à recourir à une planification mondiale pour l'usage des ressources naturelles. Sachs, qui connaît l'expérience de la planification soviétique, à laquelle il a travaillé, au côté de Kalecki, quand il vivait en Pologne, a une vision différente de la planification : elle doit devenir « participative », en vue notamment de la sélection des technologies appropriées. Bien que l'expression ne figure pas dans ses écrits, nous pourrions parler là de l'instauration d'une « démocratie technique ». La perspective développée par Passet (1979) dans *L'Économique et le vivant* peut être rapprochée de celle-ci puisque figure en arrière-plan de cet ouvrage l'idée d'auto-gestion qui, à cette époque, faisait l'objet

8. C'est plus tard que Passet (2010) investiguera davantage les travaux de Schumpeter.

de larges débats au sein du Groupe des Dix (Vivien et Dicks, 2019).

*
* *

Malgré les importants moyens de communication dont elle fait l'objet, depuis de nombreuses années, l'interrogation demeure forte, aujourd'hui encore, sur le sens à donner à la bioéconomie et les politiques qui l'accompagnent. Il est vrai que la concurrence est rude entre diverses coalitions d'acteurs qui défendent différents modèles de bioéconomie. Les discours institutionnels dominants qui soutiennent des bioéconomies assises sur les biotechnologies ou centrées sur les bioraffineries, comme ceux de l'OCDE ou de l'Union européenne, n'ont intégré les enjeux environnementaux et de développement soutenable que très tardivement et pas de manière prioritaire. C'est, avant tout, la recherche de nouveaux débouchés pour des productions agricoles excédentaires et insuffisamment valorisées qui a conduit, à partir des années 1970, à ce que nous explorions à nouveau la diversité des possibilités techniques d'exploitation de la biomasse à des fins de production de carburant et de nouveaux matériaux grâce à des procédés biotechnologiques ou thermo-chimiques (Nieddu et Vivien, 2015). La dimension environnementale de ces bioéconomies n'a été considérée qu'après coup et pas toujours de manière fondamentale.

Or, comme nous l'avons montré dans cet article, il existe un important et ancien courant d'analyse économique qui considère que la bioéconomie est, avant tout, une manière de penser, à la fois sur les plans idéels

et pratiques, la nécessité de l'insertion de l'économie dans la biosphère. Ce n'est pas un hasard si Georgescu-Roegen et Passet sont considérés comme des pionniers de l'économie écologique (Røpke, 2004) et si Sachs s'est vu attribuer le Boulding Award par l'*International Society for Ecological Economics* en 2010. L'impératif de la soutenabilité forte, dans laquelle s'inscrivent les travaux de ces trois auteurs, apparaît donc incontournable en matière de bioéconomie.

Nous avons aussi montré que cette visée commune ouvre sur une diversité d'analyse économique et de recommandations en termes de cadrages à adopter. Entre décroissance et écodéveloppement, il y a un espace de débat à cerner et à nourrir quant au sens à donner à cette bioéconomie écologique, quant à la perspective de développement à long terme dans lequel elle s'inscrit, quant à son rapport aux contextes écologiques, culturels et territoriaux dans lesquels elle est susceptible de se déployer, quant aux types d'innovations techniques et sociales sur lesquels elle doit s'appuyer, quant aux calculs et indicateurs à mettre en œuvre pour aider à sa gestion et à son pilotage, quant aux systèmes de normes de consommation et d'emploi avec lesquels elle doit être articulée, quant aux types et instruments de politiques publiques qui doivent la soutenir, quant aux instances démocratiques au sein desquelles les choix collectifs la concernant doivent être éclairés et discutés... Ce sont autant de questions qui doivent être inscrites à l'agenda des recherches à mener autour de la bioéconomie contemporaine. ■

Tableau 1. Comparaison entre les différentes bioéconomies écologiques

	Bioéconomie écologique de N. Georgescu-Roegen	Bioéconomie écologique de R. Passet	Bioéconomie écologique d'I. Sachs
Définition	Penser le développement en termes de lutte contre l'entropie de l'espèce humaine (endosomatisme et exosomatisme)	Assurer la reproduction du système économique sous la contrainte de la reproduction de la biosphère et des sociétés humaines	Essor d'une nouvelle civilisation industrielle du renouvelable
Relations nature/économie	Cycles bioéconomiques de très longue période	Seuils de mutation des sociétés humaines / évolution des relations complexes entre l'avoir et l'être	Projet de développement en fonction du contexte social et écologique
Soutenabilité	Énergie et matière Soutenabilité très forte ; objectif de décroissance	Énergie et information Soutenabilité forte ; objectif de développement durable	Énergie, matière et espace Soutenabilité forte ; stratégie d'écodéveloppement
Science, technologie et société	Sortie de l'âge du pétrole et entrée dans un nouvel âge du végétal et du bois pour produire nourriture, énergie et matériaux	Essor d'une bio-industrie basée sur les biotechnologies et les technologies de l'information et de la communication	Bioconversion de l'énergie solaire ; bio-industrialisation ; développement de la végétalo-chimie ; fourniture de nourriture, d'énergie et de matériaux
Politiques et gouvernance	Un programme bioéconomique minimal pour gérer l'attente de l'arrivée de Prométhée III Priorité au développement, nouvelle éthique, pacifisme Agir sur l'offre : statut de patrimoine commun pour les ressources naturelles / Planification de leur usage au niveau mondial Agir sur la demande : sortir de la société de consommation	Primat de l'utilité sociale sur les intérêts individuels Contrainte minimale descendante, bouclage des contrôles entre niveaux d'organisation Définition d'un double ensemble de contraintes environnementales et sociales pour guider le développement économique Calcul économique étendu : calculs monétaires et indicateurs physiques	Démocratie technique autour des « techniques appropriées » Planification participative Auto-contrôle des besoins et frugalité Réduire les inégalités sociales pour faire face aux problèmes environnementaux

Source : les auteurs.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Barrier-Lynn C. (1980). Questions à la bioéconomie. In Barrier-Lynn C., Mirenowicz Ph., Theys J. (dir.), Questions à la bioéconomie, *Cahiers du Germes*, n° 4, juin, pp. 11-23.
- Barrier-Lynn C., Mirenowicz Ph., Theys J. (dir.) (1980). Questions à la bioéconomie, *Cahiers du Germes*, n° 4, juin, 146 p.
- Bernard J.-F. (1980). Premiers commentaires sur la journée d'étude du 5 février : « Questions à la bioéconomie. In Barrier-Lynn C., Mirenowicz Ph., Theys J. (dir.), Questions à la bioéconomie, *Cahiers du Germes*, n° 4, pp. 135-138.
- Bianciardi C., Tiezzi E., Ulgiati S. (1993). Complete recycling of matter in the frameworks of physics, biology and ecological economics, *Ecological Economics*, n° 8, pp. 1-5.
- Bobulescu R. (2017). The original time approach of Georgescu-Roegen, *Oeconomia*, vol. 7, n° 1, pp. 87-109.
- Clark C. W. (1976). *Mathematical bioeconomics. Optimal management of renewable resources*. New York, J. Wiley & Sons, 400 p.
- Clark C. W. (1985). *Bioeconomic modelling and fisheries management*. New York, J. Wiley & Sons, 291 p.
- Daly H. E. (1972). In defense of a steady-state economy. *American Journal of Agricultural Economics*, n° 54, pp. 945-954.
- Dubos R. (1976). Symbiosis between the Earth and Humankind. *Science*, vol. 193, n° 4252, pp. 459-462.
- European Commission (2012). *Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe*. COM(2012) 60, 9 p., http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/official-strategy_en.pdf.
- Georgescu-Roegen N. (1969). Process in farming versus process in manufacturing: a problem of balanced development. In Papi U., Nunn C. (Eds). *Economic Problems of Agriculture in industrial Societies*. London, Macmillan, pp. 497-528.
- Georgescu-Roegen N. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge (Mass.), Harvard University Press.
- Georgescu-Roegen N. (1975a). Bio-economics Aspects of Entropy. In Kubat L., Zeman J., (Eds.), *Entropy and Information in Science and Philosophy*. Elsevier, Amsterdam, pp. 125-142.
- Georgescu-Roegen N. (1975b). L'énergie et les mythes économiques, In *La décroissance : entropie, écologie, économie*, Paris, trad. fr., Sang de la terre, pp. 73-148.
- Georgescu-Roegen N. (1977). The Steady State and Ecological Salvation: A Thermodynamic Analysis. *BioScience*, vol. 27, n° 4, pp. 266-270.
- Georgescu-Roegen N. (1978). De la science économique à la bioéconomie. *Revue d'économie politique*, vol. 88, n° 3, pp. 337-382.
- Georgescu-Roegen N. (1979). *Demain la décroissance : entropie, écologie, économie*. Paris, Ellebore, rééd., 2006, 302 p.
- Georgescu-Roegen N. (1984). Feasible Recipes versus Viable Technologies. *Atlantic Economic Journal*, vol. 12, n° 1, pp. 21-31.
- Georgescu-Roegen N. (1993). Thermodynamics and We, the Humans. In Dragan J. C., Seifert E. K., Demetrescu M. C. (Eds.), *Entropy and Bioeconomics*, Milano, Nagard, pp. 184-201.
- Giampietro M., Mayumi K. (2009). *The biofuel delusion: the fallacy of large-scale agro-biofuel production*. London, Sterling, VA, Earthscan, 338 p.
- Grinevald, J. (1977). Révolution industrielle, technologie de la puissance et révolutions scientifiques. Essai de bibliographie critique. In *La fin des outils. Technologie et domination*, Cahiers de l'IUED, pp. 152-202.
- Grinevald J. (1980a). La perspective bioéconomique de Nicholas Georgescu-Roegen. In Barrier-Lynn C., Mirenowicz Ph., Theys J. (dir.), Questions à la bioéconomie, *Cahiers du Germes*, n° 4, pp. 27-50.
- Grinevald J. (1980b). Ilya Prigogine : une thermodynamique à visage humain. In Barrier-Lynn C., Mirenowicz Ph., Theys J. (dir.), Questions à la bioéconomie, *Cahiers du Germes*, n° 4, pp. 63-78.

- Grinevald, J. (1990). Vernadsky y Lotka como fuentes de la bioeconomía de Georgescu-Roegen. *Ecología Política*, n° 1, pp. 99-122.
- Grinevald, J., Rens I. (1995). Introduction à la deuxième édition. In Georgescu-Roegen N., *La décroissance. Entropie, écologie, économie*, Paris, trad. fr., Sang de la terre, pp. 9-42.
- Kapp K. W. (1950). *Les coûts sociaux dans l'économie de marché*. Paris, Flammarion trad. française, 1976, 345 p.
- Leonard R. (2019). E. F. Schumacher and the Making of 'Buddhist Economics', 1950-1973. *Journal of the History of Economic Thought*, vol. 41, n° 2, pp. 159-186.
- Levallois C. (2010). Can de-growth be considered a policy option? A historical note on Nicholas Georgescu-Roegen and the Club of Rome. *Ecological Economics*, n° 69, pp. 2271-2278.
- Lotka A. (1925). *Elements of Physical Biology*. Baltimore, Williams & Wilkins Co, 460 p.
- Martinez-Alier J. (2008). De l'économie à l'écologie en passant par les Andes (entretien avec M. Saint-Upéry). *Mouvements*, vol. 2008/2, n° 54, pp. 111-116.
- McCarthy T. (2006). Henry Ford, Industrial Conservationist ? Take-back, waste reduction and recycling at the Rouge. *Progress in Industrial Ecology*, vol. 3, n° 4, pp. 302-328.
- Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens III W. W. (Eds.), (1972). *The Limits to growth; a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. New York, Universe Books, 205 p.
- Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (2018). *Une stratégie bioéconomie pour la France. Plan d'action 2018-2020*, <https://agriculture.gouv.fr/une-strategie-bioeconomie-pour-la-france-plan-daction-2018-2020>.
- Missemer A. (2017). Nicholas Georgescu-Roegen and degrowth, *European Journal of the History of Economic Thought*, vol. 24, n° 3, pp. 493-506.
- National Academies of Sciences, Engineering, Medicine (2020). *Safeguarding the Bioeconomy*, <https://www.nap.edu/catalog/25525/safeguarding-the-bioeconomy>.
- Nieddu M., Vivien F.-D. (2015). La chimie verte, une fausse rupture ? Les trajectoires de la transition écologique. *Revue française de socio-économie*, hors-série : Sociologie économique et économie critique. À la recherche du politique, n° 2, pp. 139-153.
- OCDE (2009). *La bioéconomie à l'horizon 2030 : quel programme d'action ?* Paris, OCDE, 367 p.
- Odum H. T. (1971). *Environment, Power, and Society*. New York, Wiley-Interscience, 331 p.
- Pahun J., Fouilleux E., Daviron B. (2018). De quoi la bioéconomie est-elle le nom ? Genèse d'un nouveau référentiel d'action publique, *Natures Sciences Sociétés*, vol. 26, n° 1, pp. 3-16.
- Passet R. (1957). *Problèmes économiques de l'automation*, Paris, Montchrestien, 167 p.
- Passet R. (1965). Phases de développement et seuils de mutation. *Revue juridique et économique du Sud-Ouest*, vol. 14, n° 2, pp. 259-306.
- Passet R. (1966). Développement économique et seuils de consommation. *Revue juridique et économique du Sud-Ouest*, vol. 15, n° 3, pp. 533-555.
- Passet R. (1969). *Politique du développement*. 3^e partie de Garrigou-Lagrange A., Passet R., *Économie politique*, Paris, Dalloz, 440 p.
- Passet R. (1974). L'économique et le vivant. In *Mélanges offerts à André Garrigou-Lagrange*, Bordeaux, Imprimerie Drouillard, pp. 231-241.
- Passet R. (1975). L'économique et le vivant. *Revue économique du Sud-Ouest*, n° 1, pp. 3-18.
- Passet R. (1979). *L'économique et le vivant*. Paris, Payot, 287 p.
- Passet R. (1984). L'économie : des choses mortes au vivant. *Encyclopaedia Universalis*, vol. Symposium (Les enjeux), pp. 831-841.
- Passet R. (1996). Avant-propos de l'édition 1996. In *L'économique et le vivant*, Paris, Economica, pp. 9-22.
- Passet R. (2010). *Les grandes représentations du monde et de l'économie à travers l'histoire*. Paris, Les Liens qui libèrent, 950 p.
- Pimentel D., Hurd L. E., Bellotti A. C., Forster M. J., Oka I. N., Sholes O. D.,

Quelle bioéconomie écologique ?

- Whitman R. J. (1973). Food Production and Energy Crisis. *Science*, n° 182, pp. 443-449.
- Polimeni J. M., Giampietro M., Mayumi K., Blake A. (2008). *The Jevons Paradox and the Myth of Resource Efficiency Improvements*, London, Earthscan, 200 p.
- Prigogine I., Stengers I. (1979). *La nouvelle alliance. Métamorphose de la science*. Paris, Gallimard, 312 p.
- Quiers-Valette S. (1980). Chances et dangers de la bioéconomie. In Barrier-Lynn C., Mirenowicz Ph., Theys J. (dir.), *Questions à la bioéconomie, Cahiers du Germes*, n° 4, pp. 139-140.
- Rens I., Grinevald J. (1979). Introduction à N. Georgescu-Roegen, *Demain la décroissance. Entropie – Écologie – Économie*. Lausanne, Pierre-Marcel Favre, pp. 7-15.
- Røpke I. (2004). The early history of modern ecological economics, *Ecological Economics*, n° 50, pp. 293-314.
- Rosnay J. de (1973). Vers une bio-industrie de l'ammoniac ? *La Recherche*, vol. 4, n° 32, pp. 278-280.
- Rosnay J. de (1974). Production agricole : un bilan énergétique qui se détériore. *La Recherche*, vol. 5, n° 47, pp. 694-696.
- Rosnay J. de (1975). *Le Macroscopie*. Paris, Seuil.
- Rosnay J. de (1979). *Biotechnologies et bio-industrie*. Annexe au rapport de F. Gros, F. Jacob, P. Royer, *Sciences de la vie et société*, Paris, Seuil/La Documentation française, 344 p.
- Rostow W. (1960). *Les grandes étapes de la croissance économique*, Paris, Seuil, trad. française, 207 p.
- Sachs I. (1974). Environnement et styles de développement. *Annales*, n° 3, pp. 553-570.
- Sachs I. (1976). Économie et écologie. In Samuel P., Gautier Y., Sachs I. (dir.), *L'homme et son environnement : de la démographie à l'écologie*, Paris, Retz-CEPL, pp. 185-199.
- Sachs I. (1980a). L'entropie et les lois de la production : retour aux Physiocrates. In Barrier-Lynn C., Mirenowicz Ph., Theys J. (Eds.), *Questions à la bioéconomie, Cahiers du Germes*, n° 4, pp. 141-143.
- Sachs I. (1980b). *Stratégie de l'écodéveloppement*. Paris, Économie et Humanisme/Éditions ouvrières, 140 p.
- Sachs I. (1989). Desarrollo sustentable, bio-industrialización descentralizada y nuevas configuraciones rurales: los casos de India y Brasil. *Pensamiento Iberoamericano*, n° 16, pp. 235-256.
- Sachs I. (1993). *L'écodéveloppement. Stratégies de transition vers le XXI^e siècle*. Paris, Syros, 120 p.
- Sachs I., Weber J. (1994). Environnement, développement, marché : pour une économie anthropologique. Entretien avec Ignacy Sachs. Propos recueillis par J. Weber. *Natures Sciences Sociétés*, vol. 2, n° 3, pp. 258-265.
- Sarthre R., Grdzlishvili I. (2006). Industrial Symbiosis in the former Soviet Union. *Progress in Industrial Ecology*, vol. 3, n° 4, pp. 379-392.
- Schumacher E. F. (1973). *Small is beautiful*. Paris, Seuil, traduction française, 315 p.
- Strong M. (2001). *Ainsi va le monde*. Montréal, Berger, traduction française, 305 p.
- Theys J. (1980). Présentation de la journée d'étude du 5 février 1980 sur la bioéconomie. In Barrier-Lynn C., Mirenowicz Ph., Theys J. (Eds.), *Questions à la bioéconomie, Cahiers du Germes*, n° 4, pp. 3-8.
- Theys J. (2019). Vingt-cinq ans de médiation entre sciences, politique et société : le Groupe d'Exploration et de Recherches Multidisciplinaires sur l'Environnement et la Société (Germes) (1975-2002). *Natures Sciences Sociétés*, vol. 27, n° 2, pp. 191-204. doi:10.1051/nss/2019038
- Vivien F.-D. (1999). From agrarianism to entropy: Georgescu-Roegen's bioeconomics from a Malthusian viewpoint. In Mayumi K., Gowdy J. M. (Eds.) *Bioeconomics and Sustainability: Essays in Honour of Nicholas Georgescu-Roegen*. Cheltenham, Edward Elgar, pp. 155-172.
- Vivien F.-D. (2019). L'économie au prisme du Groupe des Dix : d'une bioéconomie l'autre. *Natures Sciences Sociétés*, vol. 27, n° 2, pp. 147-158. doi:10.1051/nss/2019033
- Vivien F.-D., Dicks H. (2019). De la légende dorée aux querelles d'héritage : le Groupe

des Dix en transversale. *Natures Sciences Sociétés*, vol. 27, n° 2, pp. 125-136. <https://doi.org/10.1051/nss/2019036>

Vivien F.-D., Nieddu M., Béfort N., Debref R., Giampietro M. (2019). The Hijacking of the Bioeconomy, *Ecological Economics*, n° 159, pp. 189-197.