

Économie circulaire et évaluation économique des projets : proposition méthodologique pour un calcul des impacts directs et indirectes

Raimundo Eduardo Silveira Fontenele¹

RÉSUMÉ

Cet article présente quelques propositions méthodologiques visant à intégrer les impacts directs et indirects de l'économie circulaire dans les méthodes traditionnelles d'évaluation économique des projets. Après une brève analyse historique et la classification des méthodes d'évaluation économique, présentation des étapes requises par la méthode des effets, ce qui rend l'utilisation des concepts de systèmes de comptabilité nationale et la matrice d'entrée-sortie afin de déterminer et d'évaluer les effets directs, indirects et primaires des flux d'"entrées" et de "sorties" par rapport aux objectifs nationaux économiques: la croissance économique, la répartition des revenus, l'équilibre budgétaire et le déséquilibre des comptes étrangers. Ensuite, l'économie circulaire est discuté, c'est un modèle économique non linéaire, qui se situe dans le cadre du développement durable et dont le but est de produire des biens et services, ce qui limite la consommation et le gaspillage des matières premières, de l'eau et des ressources naturelles. Après une présentation du modèle linéaire traditionnel de flux circulaire des revenus, l'étude propose une extension de la méthode des effets, avec l'inclusion de l'économie circulaire, pour calculer les impacts directs et indirects.

Mots-clés: Économie circulaire; Évaluation économique; Méthode des effets; Matrice d'entrée-produit

I – Introduction

Depuis le siècle dernier, l'humanité a créé des richesses incomparables à tout autre moment. Cependant, si la production industrielle a énormément contribué à la croissance de l'économie mondiale et à l'amélioration de la qualité de la vie humaine, cette expansion de l'économie a également causé les dommages les plus graves à l'environnement et aux ressources naturelles. La pollution de l'environnement et la destruction écologique sont devenues l'un des problèmes graves du 21^{ème} siècle et l'un des principaux facteurs limitant le développement de l'économie mondiale et préjudiciable à la santé des populations.

L'économie circulaire (EC), bien qu'elle soit un concept récent, est une question qui a été débattue par plusieurs écoles de pensée depuis les années 1970. Parmi celles-ci, on peut citer le design régénératif (LYLE, 1970), l'écologie industriel (CLIFT, GRAEDEL, 2001); le biomimétisme (BENYUS, 2003), le capitalisme naturel (LOVINS et HAWKEN, 2008) et l'économie bleue (GUNTERPAULI, 2010) (FONDATION ELLEN MACARTHUR, 2015).

L'équilibre entre croissance économique, développement durable et préservation de l'environnement a fait l'objet de nombreuses recherches. Un modèle bien discuté dans la littérature est la courbe environnementale de Kuznets (CAK), qui relie l'impact environnemental en fonction du PIB par habitant sous la forme d'une parabole inversée ou U-inversée (SOUSA et al., 2016).

Dans la littérature, les indicateurs quantitatifs de l'IC sont divisés en macro (ville, état, pays), méso (parcs industriels) et micro (produit, organisation et consommateurs individuels),

¹ Professeur à l'Université Fédérale du Ceara, Département d'Économie Appliquée, Docteur em Économie – Université de Paris XIII, eduardo@ufc.br

généralement basés sur des paramètres différents: énergie, masse et par différentes variables (flux, actions, changements de stock) ou des proportions (Linder et al., 2017).

Dans la pratique, la plupart des recherches sont axées sur les concepts et les principes de développement de l'EC ou l'étude de l'ingénierie et des technologies en tant que technologie de production propre. Cependant, dans la construction d'un modèle économique permettant de saisir les impacts de l'EC, les recherches actuelles sont encore très précoces.

Dans le cadre de cette discussion, cet article tente de caractériser l'état de l'art de l'EC, dans le cadre des méthodologies traditionnelles d'évaluation économique, en répondant à la question qui a motivé le travail.

L'objectif de cet article est de présenter une proposition concrète visant à inclure l'EC dans les méthodes d'évaluation économique. Ceci est une tentative de corriger un manque de recherche et de modèles de l'économie circulaire dans le cadre d'une analyse coûts-avantages traditionnelle. En plus de présenter une typologie de ces méthodes, leurs différences théoriques et pratiques, cet article propose également un cadre méthodologique pour incorporer l'EC dans le calcul de la contribution de la chaîne de valeur dans l'économie nationale.

Dans le développement de la recherche, les deux classes d'évaluation économique des projets sont abordées, dont les techniques diffèrent en termes de base théorique. Premièrement, les méthodes dites "prix fictifs", dont les problèmes reposent sur la théorie de l'équilibre général, qui consiste à établir les méthodes en fonction du système de prix utilisé pour évaluer les coûts et les avantages; il s'agit alors du système de prix utilisé successivement pour le calcul financier (système de prix effectif ou prix du marché), et des ajustements de certains prix (taux d'actualisation, taux de change, biens ou facteurs de production négociables internationalement, ...), on arrive au système généralisé des "prix fictifs"; deuxièmement, la méthode des effets, problème fondé sur la pratique de la planification, dont l'approche consiste à établir les méthodes en fonction de l'agent ou du groupe d'agents auxquels les coûts et les avantages ont été définis; c'est alors à partir du calcul dans l'ordre successif pour l'entrepreneur (calcul financier), pour l'État, que l'on arrive au calcul pour la "collectivité" (calcul économique). À cette fin, la méthode des effets repose directement sur les modèles traditionnels des systèmes de comptabilité nationale et des matrices d'entrées-sorties.

Le sujet général de cet article, à savoir les méthodes d'évaluation économique des projets et l'EC, nécessite de délimiter cette présentation. La section 2 présente un résumé du contexte, de la nature et de l'importance de l'EC, ainsi que de l'évolution actuelle de cette économie. Dans la section 3, une analyse des deux techniques d'évaluation économique des projets en ce qui concerne l'inclusion de l'EC est faite, afin de présenter une proposition concrète d'inclusion dans les méthodes d'évaluation économique. Enfin, dans la section 4, une proposition méthodologique pour incorporer EC dans la méthode des effets est présentée, tandis que la section 5 présente les considérations et suggestions finales.

2 – MODÈLE D'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

Les tendances de la croissance démographique, de la croissance de la demande et de la pression qui en résulte sur les ressources naturelles ont obligé les économies actuelles à évoluer vers un modèle plus durable qui assure le développement économique, l'amélioration des conditions de vie et d'emploi, la régénération du "capital naturel".

L'économie circulaire se réfère à un concept économique qui s'inscrit dans le développement durable et dont l'objectif est de produire des biens et des services, en limitant la consommation et le gaspillage de matières premières, d'eau et de ressources naturelles. Il s'agit d'une nouvelle économie non linéaire, basée sur le principe de la fermeture du cycle de vie des produits, des services, des déchets, des matériaux, de l'eau et de l'énergie.

Ce nouveau modèle économique fonctionnant en circuit fermé, catalysé par l'innovation tout au long de la chaîne de valeur, est défendu comme solution alternative pour minimiser la consommation de matière et les pertes d'énergie.

Le concept d'économie circulaire est étroitement lié à celui de l'écologie industrielle. Erkman (2004) indique que l'un des défis de l'écologie industrielle est de s'orienter vers une économie circulaire. C'est un concept qui, selon l'ADEME (2014), fait référence à un «système économique d'échange et de production qui, à tous les stades du cycle de vie du produit (biens et services), vise à accroître l'efficacité de ressources et réduire l'impact sur l'environnement, tout en développant le bien-être des individus».

Le modèle de "l'économie circulaire" a été développé par Pearce et Turner (1990). Les économistes britanniques de l'environnement ont établi les bases des "règles de gestion des ressources" pour le développement durable. Le concept de développement durable repose sur l'idée que les activités économiques se déroulent dans un système mondial naturel doté de ressources limitées et de capacités d'assimilation. Sur cette base, Pearce et Turner formulent l'objectif de «soutenir l'économie dans le cadre de l'écosystème». D'une manière générale, les moyens de parvenir à un développement durable se traduisent par une évolution des principes économiques actuels qui s'harmonise avec les principes écologiques (SIMONIS, 1989). Pearce et Turner ont également formulé cette approche en établissant les «conditions de la compatibilité des économies et de leurs environnements» sur la base de leur modèle «d'économie circulaire» (Pearce et Turner 1990 : p. 42).

Illge (2003) a appliqué les concepts économiques néoclassiques à l'analyse de l'EC. Selon le concept de défaillance du marché, le marché pourrait générer un volume de production et de consommation «socialement optimal» si toutes les activités économiques étaient captées par un marché parfaitement concurrentiel, en supposant que toutes les entités économiques soient pleinement informées et tous les agents se comportent de manière rationnelle (comme «homo economicus»). Cependant, ces conditions idéales ne peuvent pas être trouvées dans les sociétés actuelles ; au contraire, il y a une défaillance du marché qui conduit à des formes et des quantités de production et de consommation "non idéales", généralement associées à des dommages environnementaux excessifs. Le concept de défaillance du marché peut également être appliqué aux marchés des ressources primaires, des biens de consommation, des matières recyclables, des ressources secondaires et des services de traitement des déchets - tous ces marchés étant des éléments de l'économie en circuit fermé.

Le but principal de l'EC est de protéger l'environnement naturel et les ressources naturelles de l'écoulement en boucle fermée du matériau. La réalisation de l'EC exige la coopération de tous les acteurs économiques impliqués dans le flux de matériaux: fournisseurs, fabricants, détaillants, grossistes, distributeurs secondaires, producteurs, consommateurs secondaires et autres. Chaque intervenant impliqué doit échanger ses informations. Par conséquent, l'échange d'informations est considéré comme une condition préalable à la réalisation d'un flux en boucle fermée. Blume et al (2004) dans leur recherche ont étudié le processus de prise de décision du système d'économie circulaire dans la coopération entre entreprises. Wedekind et al (2004) ont étudié la coopération de plusieurs participants et la connexion entre le service et l'offre de transport, ainsi que les possibilités d'élimination des déchets. Pour les auteurs, la création d'un système économique circulaire efficace nécessite les efforts de tous les acteurs de la chaîne de valeur. Ils ont souligné l'importance de la réutilisation et du recyclage des produits. Schwarz et al. (1997) ont étudié la distribution du réseau de cycle industriel à travers les entreprises de production et de réutilisation intégrée des déchets de l'ancienne société.

L'Allemagne est considérée comme l'un des pays qui ont le mieux développé l'EC. Goettsching (1996) a étudié le processus de développement de l'Allemagne en tant que pays

importateur de vieux papiers dans les années 1970 pour devenir un pays exportateur de déchets de papier dans les années 1990. Les auteurs ont également étudié les politiques et réglementations élaborées pendant cette période pour promouvoir l'EC en Allemagne.

L'EC contraste fortement avec la rhétorique commune du paradigme mécaniste de la théorie économique traditionnelle. Contrairement à l'établissement du flux circulaire du revenu linéaire, qui ne tient pas compte des externalités, l'EC introduit le concept d'externalités dans ses analyses. Si l'une entreprise, par exemple, adopte des méthodes de production plus propres, l'entreprise en tire non seulement un avantage économique, mais les consommateurs et la société dans son ensemble bénéficient également d'avantages indirects pour l'utilisation de produits verts et la réduction de la pollution environnementale.

L'EC présente un paradigme qui oppose le modèle d'économie linéaire, qui repose sur le cercle vicieux de la consommation et de la production prédatrices. L'EC présente un ensemble de concepts de recyclage, de régénération, de réutilisation, regroupés dans un modèle basé sur la circularité plutôt que sur la linéarité traditionnelle.

La formation du concept de l'EC est attribuée à une succession de concepts apparus depuis les années 1960, en association avec des principes appelés 3R (réduction, réutilisation et recyclage). Le flux circulaire de l'EC est fermé et peut être défini comme une économie basée sur un "système en spirale" qui minimise l'utilisation de la matière, le flux d'énergie et la détérioration de l'environnement sans restreindre la croissance économique ou le progrès social et technique (STAHEL, 1982). En résumé, l'économie circulaire a pour objectif de préserver le mode de vie actuel, le rendant techniquement viable à long terme, produisant dans un cycle fermé, où les entreprises réutilisent un processus de réparation, de reconditionnement, de recyclage et enfin de réutilisation des matériaux déjà utilisés.

3 CONTEXTE HISTORIQUE ET CLASSIFICATION DES MÉTHODES D'ÉVALUATION ÉCONOMIQUE DE PROJETS

3.1. Problème et son importance

Il y a un consensus dans la littérature qui établit la nécessité d'évaluer, en termes économiques, les impacts environnementaux d'un projet, afin qu'il puisse être incorporé dans les flux du projet. Cependant, comme cette évaluation monétaire est généralement difficile à mesurer, étant donné que c'est une évaluation indirecte des investissements qui affecte la valeur de l'option et la valeur d'existence des ressources environnementales, la détermination du mérite d'un projet dépend d'où l'évaluateur est situé.

Dans un système de l'EC, le profil privé des projets d'investissement devrait être modifié pour analyser leurs effets sur l'économie dans son ensemble. Parmi les ajustements à apporter, nous soulignons l'incorporation des externalités. Cette incorporation est justifiée dans la mesure où les coûts et avantages de nature écologique résultant des processus de production et de la consommation publique ou privée ne sont pas liés au prix du marché, car ils n'ont pas leurs propres marchés.

Dans la littérature, il n'existe aucune information sur l'existence d'un modèle d'évaluation économique des projets d'investissement qui tienne compte des impacts du modèle circulaire. Alors que dans de nombreux pays développés, les institutions financières privées intègrent déjà les impacts environnementaux dans leurs lignes de prêt et de financement au sein d'institutions multilatérales de développement et de coopération technique (Banque mondiale, BID, KFW, PNUD, etc.), l'introduction de l'EC dans l'analyse coûts-avantages des projets d'investissement est un sujet qui présente de nombreuses difficultés techniques et des controverses conceptuelles.

3.2. Contexte historique

Au cours de la dépression des années 30 aux États-Unis un certain nombre de projets publics, en particulier l'irrigation, les centrales hydroélectriques et les travaux contre les inondations, a été recommandé, basé sur l'utilisation des méthodes d'évaluation économique de projets. Ces études, y compris celles liées à la Tennessee Valley Authority – TVA, a comme inspiration théorique les modèles keynésiens et comme instrument de travail le rôle de W. Leontief (Chervel, 1995).

Plus tard, au début des années soixante, une équipe d'économistes français de la coopération technique a travaillé à la rédaction des plans nationaux des anciennes colonies en Afrique. Dans le cadre des travaux, il a été jugé nécessaire de fournir une analyse aux autorités publiques pour un meilleur choix des possibilités d'investissement, compte tenu de la capacité de financement insuffisante pour tous les projets étudiés. C'est dans la même philosophie de travail développée dans les années 30 aux États-Unis que les premières applications de cette technique ont été réalisées, appelées plus tard "la Méthode des Effets".

D'autre part, dans un autre contexte, quelques années après les premières expériences concrètes de la "Méthode des effets", un groupe d'économistes à l'invitation des institutions internationales, était soucieux de justifier le prix du marché effectivement vérifié dans les pays en développement non représentatif de la véritable valeur économique des biens et services. Sur la base de la théorie néo-classique, les "Méthodes Prix de Référence" sont venus avec l'idée de corriger les distorsions de fonctionnement d'une économie qui ont des différences significatives entre les prix du marché et les valeurs économiques. Pour les auteurs de ces méthodes, l'analyse de la rentabilité financière n'est pas satisfaisante pour évaluer les projets publics, étant donné que les perspectives financières ne reflètent pas «réellement» le point de vue collectif.

Il convient de noter, toutefois, en dépit des différences communes entre les deux méthodes (la méthode des effets et la méthode « prix de référence »), qu'il y a une certaine équivalence entre elles, en termes mathématiques, à partir du théorème de dualité. Cependant, sur le plan de la logique théorique et de la manière d'aborder le problème du développement, les deux grandes familles de méthodes diffèrent considérablement (Chervel, 1995).

La nécessité de rouvrir ce débat est maintenant ressentie, en particulier dans le but d'élargir la portée de ces méthodes pour faire face aux problèmes actuels de développement, tels que les problèmes de répartition, de l'environnement et de l'EC.

3.3. Classification des méthodes d'évaluation économique des projets

3.3.1. Correspondance théorique des deux méthodes

Avant de présenter les différences entre la méthode "prix de référence" et la méthode des effets, il est essentiel de montrer la correspondance théorique de ces deux méthodes d'évaluation économique des projets: en premier lieu, l'approche consiste à établir les méthodes en fonction de l'agent ou du groupe d'agents, en fonction de laquelle les coûts et les avantages ont été définis; c'est alors du calcul dans l'ordre successif pour l'entrepreneur (calcul financier), pour l'Etat, que l'on arrive au calcul pour le "collectif" (calcul économique); deuxièmement, l'approche consistant à établir les méthodes en fonction du système de prix utilisé pour évaluer les coûts et les avantages; il s'agit alors du système de prix utilisé successivement pour le calcul financier (système de prix effectif ou prix du marché), et des ajustements de certains prix (taux d'actualisation, taux de change, biens ou facteurs de production négociables internationalement, ...), on arrive au système généralisé des "prix fictifs". Ainsi, on peut démontrer que, d'un point de vue théorique, ces deux méthodes concurrentes sont équivalentes.

Soit deux programmes linéaires qui correspondent: Un programme dit primal (en x) et un autre dit dual (en y).

PROGRAMME PRIMAL → Méthode des Effets	PROGRAMME DUAL → Méthode Prix de Référence
<p>Maximiser $Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$</p> <p>Sous le respect de contraintes $\sum_{j=1}^n A_{ij} x_j \leq b_i$</p> <p style="text-align: center;">$(i = 1, 2, \dots, m)$</p> <p>et $x_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n)$</p>	<p>Minimiser $D = \sum b_i y_i$</p> <p>Sous le respect de contraintes</p> <p style="text-align: center;">$\sum_{i=1}^m a_{ij} y_i \geq c_j \quad (j = 1, 2, \dots, n)$</p> <p>et $y_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m)$</p>

Tableau 1 – Correspondance Théorique des deux approches “Effets” et “Prix de Référence” para Dualité
Source: Chervel (1995)

Soit: x_j les accroissements de production, les projets, (x_j le projet j);
 A_{ij} la matrice des coefficients a_{ij} d'utilisation des facteurs rares i (investissements, devises, terre, travail,...) par le projet j ;
 b le montant des disponibilité en chacun de ces facteurs (b_i la disponibilité en facteur i);
 c la contribution apportée à l'objectif (avantage) par chaque production unitaire (c_j l'avantage unitaire du projet j)

La résolution du programme primal est équivalente à la résolution du programme dual (correspondant aux solutions optimales primales et duals); c'est-à-dire que l'un ou l'autre programme peut être résolu, à condition que l'un des programmes soit résolu.

Ainsi, connaissant la fonction objectif et les contraintes, le programme primal consiste à déterminer la meilleure combinaison possible de x_j qui permet de maximiser la production du groupe d'agents sélectionnés (sélection du projet): c'est la “méthode des effets”.

Le programme dual consiste à déterminer un système de prix "économique" (y_i) qui minimise le coût de production, dans lesquels les projets analysés dans l'approche primal sont rentables et ayant également les mêmes objectifs et contraintes pour effectuer la sélection et le jugement des projets: ce sont les méthodes de "prix de référence".

L'approche primal-dual a permis de démontrer que, pour résoudre le problème, il importe peu que l'analyse soit effectuée par l'une ou l'autre approche, car, à partir des deux procédures, “l'optimum” est atteint. Cependant, malgré la correspondance formelle-dualiste, ces deux approches diffèrent dans leur analyse des objectifs du développement durable et des modèles de croissance durable tels que l'EC.

Premièrement, en ce qui concerne les méthodes de “prix de référence”, la double approche consiste à simuler le programme primal et à calculer les “prix fictifs”, eux-mêmes découplés de l'observation directe d'agents économiques tels que: variables doubles associées à des contraintes primaires. En utilisant des concepts complexes, difficiles à comprendre par les agents impliqués dans un projet et dans une chaîne de valeur, le programme dual ne permet pas d'améliorer continuellement le problème, car il s'agit de calculer le système généralisé de "prix"(c'est-à-dire, définir mathématiquement la fonction sociale "bien-être").

Deuxièmement, la “méthode des effets”, dont l'approche est accessible et facile à comprendre, puisque les concepts en question (par exemple: objectif de croissance, objectif de répartition des revenus, contraintes de capital, devises, terres productives, travail, ...), peuvent être analysés directement avec les différents acteurs sociaux impliqués; c'est-à-dire que l'analyse par la méthode des effets, parce qu'il s'agit d'une approche primaire, est construite et

détaillée explicitement sur la base des concepts de la comptabilité nationale. Étant donné le souci de déterminer l'impact de l'EC sur le calcul économique, le calcul de la valeur ajoutée est la mesure indiquée de la création de richesse d'un pays, mais permet également de montrer et d'évaluer la répartition de cette richesse parmi les principaux agents de l'économie nationale: familles (rémunération versée aux travailleurs); le gouvernement (frais et taxes); institutions financières (intérêts) et entreprises (bénéfices et dividendes aux actionnaires). En outre, la méthode des effets utilise des tableaux d'entrées-sorties, qui donnent une vue d'ensemble des transactions de l'économie nationale, montrant le sort des biens produits, tant pour les consommateurs finals que pour la production d'autres secteurs. Il s'agit donc d'une méthode plus appropriée pour mesurer l'impact des relations intersectorielles résultant du cycle économique à générer par la coentreprise.

Les analyses d'entrées-sorties ont été étudiées en tant qu'outil d'évaluation des émissions de déchets dans l'analyse des processus économiques, largement utilisées dans plusieurs pays. Selon Li (2013), les efforts conjoints des universitaires pour une application pratique de l'analyse des entrées-sorties ont abouti à des résultats. Cependant, avec l'application de la théorie et de la méthode du développement durable dans le système économique, le modèle traditionnel d'intrant-extrant présente encore plusieurs problèmes et lacunes en termes de théorie et de pratique. Les études sont concentrées dans l'économie nationale au niveau macroéconomique, car les tableaux entrées-sorties ne prennent en compte que la nature purement économique des activités économiques, sans tenir compte des problèmes environnementaux causés par les activités économiques (LI, 2013). Par conséquent, les techniques traditionnelles d'analyse des entrées-sorties ont été difficiles à satisfaire pour répondre aux exigences de la gestion de l'environnement et leurs analyses restent au niveau théorique, et la plupart d'entre elles n'ont aucune application liée à l'économie circulaire.

La méthodologie développée dans cette étude est une adaptation de la Méthode des Effets, officiellement présentée en 1976, à partir du "Manuel d'évaluation économique des projets - La méthode des effets" de Marc Chervel et Michel Le Gall. C'est une méthode officiellement reconnue par le ministère de la Coopération et la Banque centrale de coopération économique du gouvernement français pour le financement de ses projets, largement appliquée dans les projets d'irrigation, les projets d'infrastructures routières, les infrastructures ferroviaires, tourisme international, etc., et en dehors de l'espace francophone, dans différents pays d'Europe, d'Asie, d'Afrique et d'Amérique latine. La méthode des effets a également été largement utilisée dans les modèles d'économie de filières de production (FABRE, 1994).

4. PROPOSITION METHODOLOGIQUE POUR L'INCLUSION DE L'ECONOMIE CIRCULAIRE DANS LA METHODE DES EFFETS

4.1 Base conceptuelle: le concept de Valeur Ajoutée

En termes de flux - quelles que soient les opérations effectuées à l'intérieur des frontières des agents économiques -, le processus de production se caractérise pendant une période par l'existence d'un flux d'intrants et d'un flux de production.

L'analyse de ces flux d'intrants et d'extrants, dont la base utilise une répartition du temps en périodes (les "périodes comptables", généralement un an), pour des raisons juridiques et analytiques, distingue les biens et services comme suit: les facteurs de production totalement transformés ("consommés") au cours de la période: ces facteurs sont appelés consommations intermédiaires; les facteurs de production partiellement utilisés au

cours de la période et dont la dégradation totale ne se produit qu'après plusieurs périodes: ces facteurs sont appelés investissements.

La Valeur Ajoutée - VA est défini par l'équation suivante:

$$VA = P - CI \quad (1)$$

Soit:

CI la valeur de la consommation intermédiaire et *P* la valeur brute de la production, la différence $P - CI$ représente la valeur ajoutée ou le produit (*VA*), qui est la contribution supplémentaire d'une ressource, activité ou processus pour la fabrication d'un produit ou la fourniture d'un service par une entreprise.

La nouvelle richesse créée par une activité de production n'est pas mesurée par la valeur brute du produit *P*, mais logiquement par la valeur *P* moins la richesse qu'il a fallu détruire ("consommer") pour la produire. Sur le plan macro-économique, la *VA* est la valeur des biens produits par une économie, après déduction des coûts des intrants achetés à des tiers (matières premières, services, transport, etc.) utilisés dans la production.

En termes de société (d'un pays), la *VA* est une valeur qui correspond à la rémunération des facteurs de production. Il s'agit donc d'une mesure de la création de richesse, c'est-à-dire de la contribution du processus de production considéré à la croissance de l'économie. Sous forme simplifiée, la *VA* de chaque produit est égale à la rémunération des facteurs de production, utilisée pour l'obtenir.

En tant que tel, compte tenu du souci de déterminer l'impact de l'EC sur le calcul économique, le calcul de la *VA* est la mesure indiquée de la création de richesse d'un pays, mais permet également de montrer et d'évaluer la répartition de cette richesse entre les principaux agents de l'économie nationale: ménages (rémunération versée aux travailleurs), le gouvernement (frais et taxes), institutions financières (intérêts) et entreprises (bénéfices et dividendes aux actionnaires).

Pour faciliter la compréhension de la méthode des effets, la méthodologie est présentée dans le cadre de la chaîne de production ou d'études de la chaîne de valeur, sur la base d'une liste d'informations nécessaires pour calculer la contribution de la chaîne de valeur dans l'économie nationale. La structure de la proposition méthodologique est composée de deux parties. La première partie est consacrée à la présentation conceptuelle de la chaîne de valeur et à la méthodologie de calcul de sa contribution à l'économie nationale. La deuxième partie vise à transformer la méthode des effets étape par étape, basée sur un modèle d'économie linéaire, avec un calcul détaillé des impacts directs et indirects d'une chaîne de valeur découlant des activités d'EC.

4.2 Construction et Consolidation des comptes de Production-Exploitation des Agents Economiques de la Chaîne

Afin de calculer la contribution de la chaîne de valeur à l'économie, il est d'abord nécessaire, après définition de tous les agents impliqués dans les flux d'opérations, de construire les comptes de production et d'exploitation de chaque agent de la chaîne, qui devraient contenir les informations suivantes: composition de la valeur brute de la production, en précisant la destination (marché intérieur, autoconsommation et exportation); Composition des dépenses en consommation intermédiaire, avec indication de l'origine (marché intérieur ou importation); Composition de la valeur ajoutée en termes de rémunération des facteurs de production (salaires, taxes, impôts, intérêts et solde - résultat brut de l'exploitation) (CHERVEL, LE GALL, 1976).

L'analyse de la contribution de la chaîne à l'économie est obtenue à partir de la consolidation des comptes de production-exploitation. Cette consolidation est une technique comptable dont le principe consiste à éliminer le double comptage des opérations en remplaçant les comptes individuels des agents par un compte exclusif indiquant les flux commerciaux de la chaîne avec le reste de l'économie.

Le processus de consolidation des comptes individuels des agents dans un compte en chaîne implique le passage de l'analyse financière à l'analyse économique du point de vue de la société. L'analyse économique s'obtient donc en établissant le compte consolidé de la chaîne de valeur de tous les agents impliqués.

Notez que la valeur globale de cet ensemble est égale à la somme des valeurs globales des agents individuels:

$$VA_{chaîne\ de\ valeur} = \sum VA_{Agents\ de\ la\ chaîne\ de\ valeur} \quad (2)$$

De même, la valeur ajoutée de la chaîne de valeur est obtenue par la balance:

$$V_{chaîne\ de\ valeur} = P_{chaîne\ de\ valeur} - CI_{chaîne\ de\ valeur} \quad (3)$$

4.3. Méthode de Calcul des Impacts Directs et Indirects par la Méthode des Effets

L'idée centrale de l'application de la méthode des effets dans les études d'impact sur la chaîne de valeur est due, entre autres, à la possibilité de déterminer et d'évaluer les effets directs, indirects et primaires de leurs flux d'intrants et de produits, par rapport aux objectifs nationaux: croissance économique, répartition des revenus, solde budgétaire et déséquilibre des comptes extérieurs. Une fois les comptes de la chaîne de valeur consolidée établis, vous devez suivre deux étapes: calcul des effets directs et des effets indirects.

Le calcul des effets directs consiste à obtenir directement à partir du compte de production-exploitation consolidé les éléments de la distribution directe des revenus des différents agents économiques. Les effets directs sont les suivants: les revenus distribués pouvant être obtenus directement à partir du compte d'exploitation, car ils constituent des utilisations: rémunération du personnel (permanent ou temporaire); Frais administratifs et taxes liés à l'activité; Charges financières et produits bruts d'exploration. Sont également ajoutés les tarifs d'importation et les droits de douane qui peuvent être inclus dans le montant de la consommation intermédiaire directement importée par les agents de la chaîne; Le montant des subventions ou indemnités plus la valeur de la production sera déduit. En termes de création de richesse (impact sur la croissance économique), les effets directs constituent une valeur ajoutée directe:

$$P = CI_{Importé} + CI_{Locale} + VA_{Directe} \quad (4)$$

Onde:

P = Valeur de la production globale de la chaîne de valeur;

$CI_{Importée}$ = Consommation intermédiaire importée par les agents au prix CAF – Coût Assurance Fret;

CI_{Locale} = Consommation intermédiaire achetée localement;

$VA_{Directe}$ = VA du compte de production + Frais et taxes des CI importés.

4.3.1. Calculs des effets indirects

Les effets indirects représentent les activités économiques induites par le fonctionnement de la chaîne de valeur sur les autres agents de l'économie. Il est important de

souligner que le calcul des effets indirects permet de mesurer le degré d'intégration de l'activité productive de la chaîne dans l'économie nationale. En pratique, les effets indirects sont calculés de deux manières: en séparant les chaînes de valeur et / ou en utilisant un tableau d'échanges inter-industriels (TEI).

L'application du tableau entrées-sorties pour calculer les effets indirects simplifie et permet une estimation plus rapide des valeurs des consommations intermédiaires en composantes indirectes. Concrètement, on obtient des coefficients techniques appelés "coefficients de connexion", qui expriment (en %) la part moyenne des importations et la valeur ajoutée dans chaque unité de production d'un domaine d'activité. Le calcul consiste à multiplier chaque consommation intermédiaire locale de "niveau 1" obtenu dans le compte consolidé production-exploitation par les coefficients de liaison de la branche d'activité correspondante, permettant ainsi d'estimer les valeurs des importations indirectes et de la valeur ajoutée avec ses composants:.

$$Importation_{Indirecte} = \sum(CI_i \times Coefficient\ d'importation_i) \quad (5)$$

$$Valeur\ Ajoutée_{Indirecte} = \sum(CI_i \times Coefficient\ de\ valeur\ ajoutée_i) \quad (6)$$

Chaque coefficient consiste en une expression numérique des effets indirects propagés sur le système économique, dès lors qu'une certaine activité augmente la consommation intermédiaire locale. Par exemple, on suppose que dans la sous-branche "conditionnement", les coefficients d'importation et de valeur ajoutée fournis par les statistiques officielles sont respectivement 0,35 et 0,65. Dans ce cas, pour chaque unité monétaire d'achat de "conditionnement", il en résulterait une perte de 0,35 dollar en devises (importations) et la création de 0,65 dollar dans l'économie locale en termes de valeur ajoutée par les différents agents des sous-filiales respectives des activités "en avant" de cette production. L'obtention de ces coefficients se fait de préférence au moyen d'un tableau d'échanges inter-industriels (TEI) avec contenu d'importation.

L'équilibre ressources-emplois qui forme le TEI peut s'écrire comme suit:

$$X = AX + Y \quad (7)$$

Où:

X est le vecteur colonne des productions locales de chaque bien ou service;

A, la matrice des coefficients techniques; e

Y, le vecteur colonne des demandes finales en biens et services locaux.

De la relation (7) on tire:

$$X = (I - A)^{-1} Y \quad (8)$$

Où: $(I - A)^{-1}$ désigne l'inverse de la matrice $(I - A)$ et I étant la matrice unité.

L'expression (8) montre ce que devrait être l'augmentation de la production locale X pour satisfaire une nouvelle demande locale Y. A partir des taxes à l'importation et des taux de valeur ajoutée directe des productions locales, nous obtiendrons l'augmentation des importations:

$$iX = i(I - A)^{-1} Y$$

Et l'accroissement de la valeur ajoutée:

$$vX = v(I - A)^{-1}Y$$

Engendrés par la demande finale nouvelle Y .

On peut vérifier que l'on obtient ainsi une ventilation de la valeur totale de Y entre un accroissement des importations et un accroissement de valeur ajoutée:

- La valeur totale de la demande finale nouvelle est égale à la somme des valeurs des demandes finales nouvelles de chaque bien ou service, c'est-à-dire à $y_1 + y_2 + \dots + y_j + \dots + y_j$ désignant la demande finale j . Ceci s'écrit de façon plus synthétique: uY , u étant un vecteur ligne dont toutes les composantes sont égales à 1.

$$\text{Or, } iX + vX = (i + v)X$$

Et d'après (8):

$$iX + vX = (i + v)(I - A)^{-1}Y \quad (9)$$

Comme la somme des éléments de chaque colonne est égale à 1, est la suivante

$$u = uA + i + v$$

D'où:

$$i + v = u(I - A)$$

Et en portant dans (9):

$$iX + vX = u(I - A)(I - A)^{-1}Y$$

Soit:

$$iX + vX = uY$$

Ainsi, la valeur totale de la nouvelle demande finale (uY) est séparée en une augmentation des importations (iX) et une augmentation de la valeur ajoutée (vX). Ces importations et cette valeur ajoutée contenue dans la nouvelle demande finale sont respectivement libellés en importations incluses et en valeurs ajoutées à cette demande finale.

4.4. Proposition Méthodologique d'Inclusion de EC dans le Calcul des Impacts Directs et Indirects Primaires par la Méthode des Effets

Il existe un consensus sur le rôle fondamental de la gestion des déchets et des ressources dans la transformation d'un nouveau paradigme de production basé sur le passage d'un modèle linéaire à un modèle circulaire où la valeur des matériaux et des ressources est maintenue dans la chaîne d'approvisionnement.

Les résidus apparaissent systématiquement tout au long de la chaîne d'approvisionnement à la suite d'activités économiques et commerciales (KURZ, 2006; BEAMON, 1999; PARFITT et al., 2010). La quantification des résidus dans la chaîne représente l'une des tâches les plus complexes puisque la chaîne d'approvisionnement du produit est interconnectée et fragmentée dans différents secteurs industriels.

L'EC dispose de plusieurs outils d'analyse, dont certains sont des méthodes permettant de quantifier les flux de matières ou des méthodes d'analyse d'impact (matrice entrées-sorties, analyse du cycle de vie), tandis que d'autres se concentrent davantage sur le développement de produits (écoconception) ou sa reprise dans la chaîne de valeur (logistique inverse). Dans

cette étude, il est proposé d'étendre la méthode des effets pour inclure l'EC dans la quantification des impacts économiques directs et indirects.

La matrice d'entrées-sorties a été utilisée récemment pour intégrer les informations financières aux données sur les déchets physiques et pour relier les déchets à l'activité économique. Les exemples incluent: la table régionale du pays de Galles du WIO (JENSEN et al., 2011); le MIO des Pays-Bas, appelé NAMEA (HAAN & KINGING, 1996); le MIO allemand (STAHMER et al. 1998); au MIO au Japon (S. Nakamura & Kondo, 2002, TSUKUI et al., 2015); Australie (REYNOLDS et al., 2014, FRY et al., 2015), Taïwan (LIAO et al., 2015) et France (BEYLOT et al., 2016).

La figure 1 présente une adaptation du modèle linéaire traditionnel du flux circulaire de revenus pour inclure l'EC. Dans la première partie, il est vérifié que le service de production investit des capitaux, de la main-d'œuvre et des intrants intermédiaires pour produire. Le flux de production oriente les biens et services vers les marchés finaux, intermédiaires et de capitaux (investissement). La moitié inférieure de la figure comprend le système de gestion des déchets. Les déchets générés par la production et la consommation entreront dans l'usine de traitement après la sélection et la classification des déchets. Le service de recyclage fournira non seulement la matière première au marché, mais produira également des déchets, et ceux-ci seront renvoyés au service de transit des déchets.

Étant donné le modèle d'économie circulaire de la figure 1, nous pouvons réécrire l'équation de calcul des effets indirects par la méthode des effets, qui utilise la matrice des entrées-sorties, présentée dans la sous-section 4.3.2. Le solde d'utilisation des ressources qui forme le MIP hybride peut être écrit comme suit:

$$Y_i + R_i = \sum_j X_{ij} + \sum_j XR_{ij} + C_i + \sum_j I_{ij} + \sum_j IR_{ij} + Z_j \quad (10)$$

Compte tenu du modèle économique hybride de la figure 1, on peut écrire l'identité comptable macroéconomique Production-Dépenses comme suit: Y: valeur de production de l'économie linéaire, R: valeur de production de l'économie circulaire, C: consommation finale, X: la consommation intermédiaire de l'économie linéaire, XR: la consommation intermédiaire de l'économie circulaire, I: l'investissement du secteur économique linéaire, IR: l'investissement de l'économie circulaire, Z: l'entrée par la réduction des déchets.

$$X_L = AX_L + Y_L \quad (11)$$

$$X_C = AX_C + Y_C \quad (12)$$

Sendo:

X_L , le vecteur colonne des productions locales de chaque bien ou service de l'économie linéaire;

X_C , le vecteur colonne des productions locales de chaque bien ou service de l'économie circulaire;

A , la matrice des coefficients techniques;

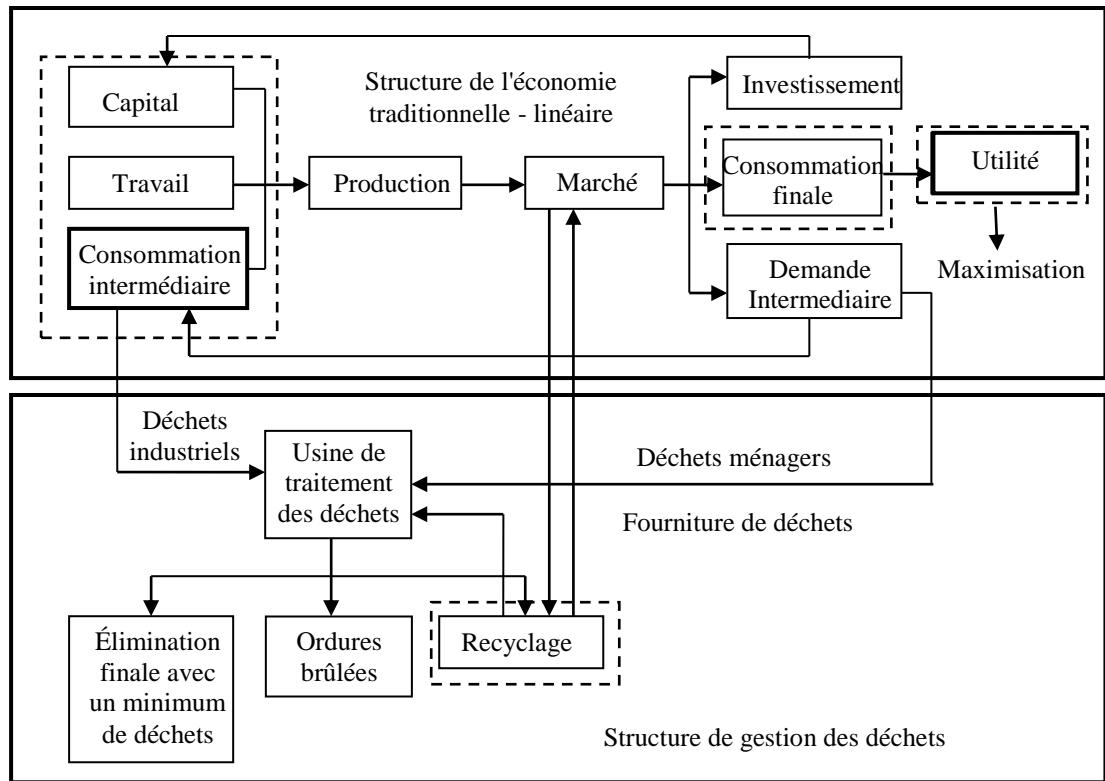


Figure 1: Modèle d'économie circulaire
Source: L'auteur

Y_L , le vecteur colonne des demandes finales en biens et services locaux de l'économie linéaire;

Y_C , le vecteur colonne des demandes finales en biens et services locaux de l'économie circulaire.

A partir des relations (11) et (12) on tire:

$$X_L = (I - A)^{-1}Y_L \quad (13)$$

$$X_C = (I - A)^{-1}Y_C \quad (14)$$

où: $(I - A)^{-1}$ désigne l'inverse de la matrice e I , étant la matrice unité..

Les expressions (13) et (14) montrent respectivement les augmentations de la production locale de X_L et de X_C afin de satisfaire une nouvelle demande locale de Y_L et de Y_C . Connaissant les taux d'importation et les taux de valeur directe de la production locale, respectivement, de l'économie linéaire et circulaire, nous obtiendrons l'augmentation des importations:

$$i_L X_L = i_L (I - A)^{-1} Y_L \quad (15)$$

$$i_C X_C = i_C (I - A)^{-1} Y_C \quad (16)$$

Et l'accroissement de la valeur ajoutée:

$$v_L X_L = v_L (I - A)^{-1} Y_L \quad (17)$$

$$v_C X_C = v_C (I - A)^{-1} Y_C \quad (18)$$

Compte tenu de l'importation et de la valeur ajoutée de la production locale, respectivement des économies linéaires et circulaires, on peut estimer les impacts indirects causés par les activités économiques induites par le fonctionnement de la chaîne de valeur sur les autres agents de l'économie. Il est important de souligner que le calcul des effets indirects permet de mesurer le degré d'intégration de l'activité productive de l'EC dans l'économie nationale. L'obtention de ces coefficients se fait de préférence au moyen d'une matrice d'entrées-produits avec un contenu d'importation. Si le système national des comptes nationaux ne dispose pas de cette matrice, les coefficients peuvent également être obtenus par : études sectorielles, branches d'activités ou chaînes de valeur, dont les analyses montrent les comptes de production et les soldes d'utilisation des ressources, des comptes nationaux, ainsi que par des études antérieures plus spécifiques relatives aux branches d'activité ou aux produits, avec lesquelles la technique de séparation de la chaîne de valeur a été développée.

5 CONSIDERATIONS FINALES

Récemment, de nombreux pays ont adopté l'EC en tant que modèle de développement alternatif pour économiser des ressources, améliorer l'efficacité de l'utilisation des ressources et protéger l'environnement. C'est une nouvelle économie, caractérisée par une augmentation significative de la productivité des ressources environnementales, par la nécessité de restaurer le capital naturel, dont beaucoup ne sont pas liés à l'efficacité économique.

Une proposition concrète visant à inclure l'EC dans les méthodes d'évaluation économique était l'objectif de ce travail. Cette proposition, ainsi que les instruments d'analyse avec un accent plus fort de la théorie néoclassique, contribuent à résoudre les problèmes économiques, sociaux et environnementaux dans le processus de prise de décision. Ceci est une tentative de corriger un manque de recherche et de modèles de coentreprises dans le cadre d'une analyse coûts-avantages traditionnelle. Après avoir contextualisé le flux linéaire des revenus traditionnels et incorporé la question de l'EC dans l'identité macroéconomique des produits et des dépenses, l'article présente un cadre méthodologique permettant d'incorporer l'EC dans le calcul de la contribution de la chaîne de valeur à l'économie nationale.

Traditionnellement, la méthode des effets permet de fournir l'équilibre financier des agents impliqués dans la chaîne de valeur, de manière à permettre, en termes monétaires, la contribution de ces agents à la création de richesse, dans sa distribution parmi les agents de l'économie: ménages (salaires), institutions financières (intérêts), État (impôts et taxes) et entreprises (résultat net de la participation), ainsi que l'impact de leurs actions sur les finances publiques, la balance des paiements et la création d'emplois; il fournit également des informations pour évaluer l'impact et la pertinence des politiques nationales dans le secteur par rapport aux objectifs fixés. C'est une approche différente des méthodes néoclassiques, car elle établit le rendement économique à partir du calcul de la valeur ajoutée, plus approprié pour estimer la création de richesse d'un pays, et pour savoir sous quelle forme cette richesse est distribuée, parmi les principaux agents de l'économie nationale.

L'examen de la littérature a permis de montrer que l'utilisation de la matrice des entrées-sorties s'est intensifiée pour évaluer l'impact de l'EC. La méthodologie permet d'évaluer les relations entre les secteurs productifs de l'économie, permettant d'identifier les impacts économiques sur la production, l'emploi et les revenus en fonction des variations de la demande finale ou de l'une des composantes (consommation, investissement ou exportation).

La méthode de l'effet a été développée à l'origine pour l'application de la matrice des entrées-sorties dans l'analyse de projets. Elle a été adaptée dans la présente étude pour analyser la contribution économique de l'EC dans l'économie nationale. À l'heure actuelle, le système de comptabilité nationale de l'économie brésilienne n'a pas d'un tableau d'échances inter-industriels (TEI) avec un contenu importé et son adaptation est nécessaire pour incorporer les activités de

l'EC. Par conséquent, pour l'application de cette méthodologie, en l'absence d'un TEI avec ces informations, les effets indirects doivent être calculés par le processus de séparation des chaînes de valeur.

Pour les recherches futures, il est suggéré de détailler ce processus pour permettre l'application de la méthodologie. Il est également suggéré de définir un ensemble de critères d'évaluation, obtenus en appliquant la méthodologie de la méthode des effets pour évaluer la participation de l'EC dans la chaîne de valeur.

Le modèle proposé peut être étendu comme outil d'analyse d'impact, ou de prévisions, avec l'introduction de nouveaux calculs résultant de simulations découlant des variations, entre autres, des quantités produites, de la productivité, du prix, ainsi que des variations découlant de changements futurs - filiales – de la politique économique ou exogène (l'évolution des prix internationaux des matières premières et / ou des produits destinés à l'exportation), de telle manière qu'il permet de prédire ces changements dans la création de valeur ajoutée dans la répartition des revenus entre les agents, entre autres aspects. En outre, le modèle peut également être appliquée non seulement à une année donnée, mais aussi à une série historique, ce qui permet d'obtenir des résultats fournissant des comparaisons de l'évolution du comportement des fonctionnaires de l'EC dans la chaîne de valeur.

Références bibliographiques

ADEME – Agende de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie. **Economie Circulaire: Notions**, p.1-10., 2014. Disponible:

<<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/fiche-technique-economie-circulaire-oct-2014.pdf>> Accès: 18 Juin.2018.

BEAMON, B.M. Designing the green supply chain. **Logistics Information Management**, 12(4), pp.332–342, 1999.

BEYLOT, A. et al. A consumption approach to wastes from economic activities. **Waste Management.**, 2016 Disponible:

<<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956053X1630023X>> . Accès: 15 Juin.2018.

BLUME, V., & HAASIS, H.-D. **Knowledge and decision support management in the circular flow economy**. Paper presented at the Photonics Technologies for Robotics, Automation, and Manufacturing, 2004.

CHERVEL, M. **L'évaluation économique des projets - Calculs économiques et planification**, PUBLISUD, Paris, 1995.

CHERVEL, M., LE GALL, M. **Manuel d'évaluation économique des projets, La méthode des effets**, Ministère de la Coopération, Paris, 1976.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition**, 2015. Disponible:

<www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/towards-a-circular-economy-business-rationale-for-an-accelerated-transition>. Accès:10 Juin.2018.

ERKMAN, S. **Vers une écologie industrielle**. ECLM (137), 2004.

FABRE, P. **Note de méthodologie générale sur l'analyse de filière, Document de formation pour la planification agricole n° 35**, Service de Soutien aux Politiques Agricoles, Division de l'Assistance aux Politiques, FAO, Rome, Italie, 1994.

FRY, J. et al. An Australian Multi-Regional Waste Supply-Use Framework. **Journal of Industrial Ecology**, v.20, Issue 6, (0), p. 1295-1305, 2015. Disponible:

<<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/jiec.12376>>. Accès:15 juin.2018

HAAN, M. De & KEUNING, S.J. Taking the environment into account: The NAMEA approach. **Review of Income and Wealth**, 42(2), pp.131–148, 1996.

ILLGE, L. The Economy of Closed Material Cycles: Environmental-Economic Concepts and Policy, **DIW Berlin Research Notes No. 37**, 2003. Disponible: <https://www.researchgate.net/publication/275950114_The_Economy_of_Closed_Material_Cycles_Environmental-Economic_Concepts_and_Policy> Accès: 17 Août. 2018

JENSEN, C.D. et al. Responsibility for Regional Waste Generation: A Single-Region Extended Input–Output Analysis for Wales. **Regional Studies**, pp.1–21, 2011.

KURZ, H.D. Goods and bads: sundry observations on joint production, waste disposal, and renewable and exhaustible resources. **Progress in Industrial Ecology**, An Int. J., 3(4), pp.280–301, 2006.

LI, S. Study on the Model of Quantitative Evaluation of Circular Economy Development for Industry Manufacturing Based on WIOA, **Applied Mechanics and Materials Online**: 2013-08-08 ISSN: 1662-7482, Vol. 345, pp 384-387, 2013. Disponible: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1023.5497&rep=rep1&type=pdf>> Accès: 15 Juin.2018.

LIAO, M. et al. Identification of the driving force of waste generation using a high resolution waste input–output table. **Journal of Cleaner Production**, 94, pp.294–303, 2015. Disponible: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615001067>> Accès: 15 Août 2017.

LINDER, M.; SARASINI, S.; VAN LOON, P. (2017). A Metric for Quantifying Product-Level Circularity. **Journal of Industrial Ecology**, v. 21, n. 3, p. 545–558, 2017.

NAKAMURA, S. & KONDO, Y. **Waste input-output model: concepts, data, and application**. In Inter-disciplinary studies for sustainable development in Asian countries. Keio: Keio University, pp. 6–25, 2002.

PARFITT, J., BARTHEL, M. & MACNAUGHTON, S. Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 365(1554), pp.3065–81, 2010.

PEARCE, D. and K. TURNER. **Economics of natural resources and the environment**. New York, 1990.

REYNOLDS, C.J., PIANTADOSI, J. & BOLAND, J. A Waste Supply-Use Analysis of Australian Waste Flows. **Journal of Economic Structures**, 3(5), 2014. Disponible: <<https://link.springer.com/article/10.1186/s40008-014-0005-0>> Accès: 18 juin. 2018

SIMONIS, U. Ecological Modernization of Industrial Society - Three Strategic Elements. *Economy and Ecology: Towards Sustainable Development*. F. ARCHIBUGI and P. NIJKAMP. Dordrecht: 119-138, 1989.

SOUSA, L. C. R.; SOUSA, D. S. P.; SANTOS, R. B. N. Curva Ambiental de Kuznets: uma análise macroeconômica entre crescimento econômico e impacto ambiental de 2005 a 2010. **Revista Gestão Sustentabilidade Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 227–246, 2016.

STAHEL, W. **Product-life Factor**. An Inquiry into the Nature of Sustainable Societies, pp. 1-10, 1982.

STAHMER, C., KUHN, M. & BRAUN, N. **Physical input-output tables for Germany**. Eurostat, working paper no. 2/1998/B/a, Luxembourg: European Commission, 1998.

TSUKUI, M., KAGAWA, S. & KONDO, Y. Measuring the waste footprint of cities in Japan- a interregional waste input–output analysis. **Journal of Economic Structures**, p.1-24, 2015. Disponible: <<https://link.springer.com/article/10.1186/s40008-015-0027-2>>. Accès: 15 jun.2018.

WEDEKIND, S., & HAASIS, H.-D. **Integration of service providers into supply chain services and waste disposal transports**. Paper presented at the Photonics Technologies for Robotics, Automation, and Manufacturing, 2004.