

La durabilité de la bioéconomie et des filières biosourcées : outils et enjeux

The sustainability of the bioeconomy and bio-based value chains: tools and issues

Aliénor de Rouffignac¹, Stéphanie Gast², Blandine Laperche³, Marie-France Vernier⁴

¹ Laboratoire ISI, Université du Littoral Côte d'Opale, Dunkerque, France, alienor.de-rouffignac@univ-littoral.fr

² Laboratoire ISI, Université du Littoral Côte d'Opale, Dunkerque, France, stephanie.gast@univ-littoral.fr

³ Laboratoire ISI, Université du Littoral Côte d'Opale, Dunkerque, France, blancine.laperche@univ-littoral.fr

⁴ ESDES Lyon Business School, Lyon, France, mfvernier@univ-catholyon.fr

RÉSUMÉ. La bioéconomie, dans son ambition de substitution du carbone fossile par du carbone renouvelable, est structurée par la création de filières biosourcées. Cependant, l'origine végétale d'une filière ne garantit pas sa durabilité. En considérant la filière comme méso-système, cet article explore la manière dont la durabilité, qu'elle soit considérée comme forte ou faible, est prise en compte dans la littérature académique sur la bioéconomie et les filières biosourcées. À partir du constat du manque d'intégration simultanée des dimensions sociales, environnementales et économiques des dimensions de la durabilité et de la faible quantité de travaux réalisés de manière holistique, nous proposons de mettre en place une méthodologie pour analyser et construire des chaînes de valeur biosourcées et durables en prenant appui sur les principes de l'éco-conception et de l'analyse du cycle de vie, en nous appuyant sur l'exemple de la création d'une micro filière de bourrache dans les Hauts de France.

ABSTRACT. The bioeconomy, in its ambition to replace fossil carbon by renewable carbon, is structured by the creation of bio-based value chains. However, the organic origin of a value chain does not guarantee its sustainability. By considering the value chain as a meso-system, this article explores how sustainability, whether considered strong or weak, is taken into account in the academic literature on the bioeconomy and bio-based value chains. Based on the lack of simultaneous integration of social, environmental and economic dimensions of sustainability and the small amount of work analyzing value chains in a holistic way, we propose to set up a methodology to analyze and build sustainable bio-based value chains based on the principles of eco-design and life cycle assessment, using the example of the creation of a borage micro value chain in the Hauts de France.

MOTS-CLÉS. Bioéconomie, filière biosourcée, durabilité, éco-conception.

KEYWORDS. Bioeconomy, bio-based value chain, sustainability, eco-design.

1. Introduction

Dans le domaine industriel comme dans le domaine agricole, de nouveaux concepts se diffusent dans le but de développer de nouvelles pratiques plus respectueuses de l'environnement et de comprendre leur fonctionnement. Il en est ainsi de l'économie circulaire [GAL 16 ; HOM 18 ; KOR 18], de la décarbonation [STE 21] ou encore de la bioéconomie [DEB 22]. La bioéconomie se rapporte à la valorisation de la biomasse, aux bioraffineries qui permettent de la transformer, et aux produits biosourcés qui en sont issus. Elle repose ainsi sur le développement de filières biosourcées [PAH 18]. Pourtant, les approches tant pratiques que conceptuelles de la bioéconomie sont nombreuses. Dans la sphère institutionnelle (OCDE, Commission Européenne, mais aussi le Conseil économique et social en France), la bioéconomie est surtout perçue comme un nouveau champ où peuvent se déployer les investissements, la création d'entreprises et la mise sur le marché de nouveaux produits et services aboutissant à davantage d'emploi et de croissance. Le pilier économique serait ainsi le point de départ et l'objectif essentiel de la bioéconomie. En privilégiant un seul des axes du développement durable, les perspectives de durabilité de la bioéconomie, et des filières biosourcées qui la compose, sont à questionner. Dans la littérature académique, les auteurs débattent sur les notions de durabilité. Celle-ci est dite « faible », lorsque la technologie est considérée comme le vecteur essentiel du développement à long terme, via sa capacité présumée à se substituer aux ressources épuisées. Elle est dite « forte »,

lorsque les dimensions non seulement économiques et technologiques, mais aussi sociales et environnementales sont prises en compte [LEF 21 ; RUG 21 ; VIV 19].

Dans cette optique de durabilité forte, nous questionnons dans cet article la durabilité des filières biosourcées. Dans quelle mesure les travaux sur les filières biosourcées prennent-ils en compte les dimensions économiques, sociales et environnementales de la durabilité ? Si, comme nous en faisons l'hypothèse, la dimension économique prévaut, quels outils conceptuels et pratiques pourraient être utilisés pour renforcer la prise en compte des dimensions sociales et environnementales de la durabilité ?

Pour répondre à ces questions de manière exploratoire, nous posons les bases d'une méthodologie permettant de concevoir les filières biosourcées dans une perspective de durabilité forte. Cette démarche s'appuie sur deux dimensions. Nous adoptons d'une part, une vision méso-économique qui considère la filière comme méso-système de production, ou comme un « écosystème » constitué d'un ensemble d'acteurs qui interagissent entre eux à différentes étapes de la filière [DE B 88]. D'autre part, nous mobilisons le concept d'éco-conception - défini le plus souvent comme une méthode de conception des produits ou des services en réduisant leurs impacts environnementaux sur toute leur durée de vie [KAR 06] – comme outil de construction de filières biosourcées durables.

Dans une première partie, nous définissons les termes de bioéconomie et de filières biosourcées ainsi que la manière selon laquelle la question de « durabilité » est prise en compte dans la littérature institutionnelle et académique. Dans une deuxième partie, nous interrogeons les conditions dans lesquelles l'éco-conception pourrait contribuer à la construction de filières biosourcées durables. Nous illustrons nos propos en nous appuyant sur des projets de créations de filières biosourcées dans le Nord de la France et cherchons à identifier les critères déterminants d'une prise en compte plus forte des dimensions sociales et environnementales de la durabilité.

2. Bioéconomie et filières biosourcées

2.1. L'analyse des filières biosourcées au cœur de la bioéconomie

En 2009, l'OCDE publie son ouvrage clé « La bioéconomie à l'horizon 2030. Quel programme d'action ? » dans lequel elle est définie comme « un ensemble d'activités économiques liées à l'innovation, au développement, à la production et à l'utilisation de produits et de procédés biologiques. » [OCD 09]. Cependant, sa définition clairement orientée autour de la dimension économique du développement durable n'est pas stabilisée, tant au sein des sciences économiques, qu'au niveau des stratégies politiques prônées par les organisations ou les États. Par la suite, la Commission européenne a adopté cette terminologie en proposant une stratégie de bioéconomie pour l'Europe en 2012, actualisée en 2018.

Si les objectifs visés par cette stratégie européenne mettent d'abord l'accent sur le domaine de l'alimentaire, les produits biosourcés sont également destinés à la bioénergie (chaleur, électricité, biogaz ou biocarburants), à la chimie verte et aux biomatériaux [LAN 22 ; LEW 18]. Ces produits biosourcés, dont l'utilisation est primordiale dans le développement de la bioéconomie [CAL 22 ; KAR 21 ; AXE 20], sont issus de la valorisation de la biomasse, matière organique composée de carbone renouvelable. Ce dernier est en effet l'élément constitutif des polymères qui composent toute ressource d'origine biologique issue d'une production primaire résultant de l'agriculture, de l'élevage, de la foresterie, de la mer (aquaculture et microalgues) ou issue d'une production secondaire (les boues, les eaux usées industrielles et déchets organiques ménagers ou agroalimentaire). La biomasse secondaire est ainsi obtenue à la suite de la transformation de la biomasse primaire et se présente sous forme de résidus organiques [ZAH 20 ; LOK 18].

La bioéconomie fait référence à l'ensemble des filières dites biosourcées qui constituent de fait la structure productive de la bioéconomie. Les filières biosourcées se distinguent des autres filières industrielles (automobile, aéronautique, etc.) par la valorisation de biomasse primaire et secondaire.

Celle-ci implique des étapes de culture, de récolte ainsi que des processus de transformation spécifiques et de réintégration des déchets et des sous-produits dans le processus de production aussi bien en amont de la filière, au niveau agricole, qu'en aval de la filière au niveau de la production de biens à haute valeur ajoutée [LOK 18].

La filière conçue comme un méso-système [DE B 09 ; voir aussi dans ce numéro spécial LAP 23] incite à rapprocher son fonctionnement de celui d'un écosystème d'innovation. Au sein de celui-ci, les interactions entre les acteurs permettent la création de connaissances et d'innovations dans le but de réaliser un intérêt économique commun qui est de générer de la valeur aux niveaux individuel et collectif [LAP 19]. De nombreux auteurs se réfèrent au concept d'écosystème d'innovation. Ainsi, dans leur analyse bibliographique, Granstrand et Holgersson définissent les écosystèmes d'innovation comme « *l'ensemble évolutif d'acteurs, d'activités et d'artefacts, ainsi que les institutions et les relations, y compris les relations de complémentarité et de substitution, qui sont importants pour la performance en termes d'innovation d'un acteur ou d'une population d'acteurs* » [GRA 20]

REMARQUE. Le concept d'écosystème d'innovation s'inspire de l'approche systémique de l'innovation développée par la théorie évolutionniste. De nombreux économistes de l'innovation se sont en effet concentrés sur l'analyse des systèmes d'innovation au niveau national (initialement développé par Freeman, 1987 [FRE 87] et Lundvall, 1992 [LUN 92]) ou sectoriel [MAL 02]. Leur analyse permet d'identifier les organisations et institutions impliquées dans le processus d'innovation, de comparer les performances de ces systèmes dans différents pays, régions et secteurs, et d'évaluer leurs forces et limites afin de guider les politiques publiques.

En rapprochant la notion de filière de celle d'écosystème d'innovation, il est ainsi possible de définir la filière comme un écosystème qui regroupe un ensemble d'acteurs s'appuyant sur des savoirs et technologies communs ou complémentaires qui interagissent pour innover, c'est-à-dire concevoir, produire et commercialiser un ensemble de biens et services. En étudiant les rapports entre les acteurs de la filière, qui sont régis par un ensemble de relations techniques, financières, commerciales et sociales [SEK 87 ; DE B 88 ; VER 22], ce positionnement théorique permettra de mieux prendre en compte l'intégration des enjeux sociaux, économiques et environnementaux nécessaires à l'appréhension de l'ensemble de la filière biosourcée dans une perspective de durabilité forte.

2.2. La durabilité de la bioéconomie et des filières biosourcées en question

Souvent, la dimension renouvelable du carbone constitutif de la biomasse valorisée dans les filières biosourcées conduit à les considérer, de fait, comme reposant sur des principes de circularité, présumant ainsi de leur durabilité intrinsèque.

Cependant, la vision de la durabilité au niveau institutionnel tend, en effet, à reproduire les mécanismes de réflexion de l'économie minérale pour limiter les externalités négatives d'une croissance toujours prônée, mais qualifiée de verte, car reposant sur le développement de filières non plus fossiles, mais biosourcées. Cette vision correspond à la conception de la durabilité faible de l'économie libérale qui stimule la concurrence des entreprises pour le développement de technologies aux impacts environnementaux atténués, mais dans la continuité de la pensée « *business as usual* » qui promet la création d'emplois et un rapport coût-bénéfice avantageux, mais qui entraîne indubitablement des effets rebonds [DEB 21] sans remise en question profonde des stratégies des entreprises.

REMARQUE. Les effets rebonds font référence au paradoxe de Jevons, économiste britannique qui a mis en évidence en 1865 *Sur la question du charbon*, qu'une amélioration de l'efficacité ou de l'efficacité énergétique des procédés pouvaient engendrer une demande accrue de la ressource et entraîner de fait une augmentation de l'exploitation de cette ressource et de la consommation de l'intrant énergétique [DAU 20].

De plus, une sollicitation accrue de la biomasse pour des usages existants et nouveaux, ainsi que la croissance des volumes mobilisés, laissent transparaître des questions sensibles (pressions environnementales, conflits d’usage, acceptabilité sociale, choix éthiques, etc.) attachées aux mutations de ces filières [DEL 15] qui peuvent ainsi s’éloigner d’une conception de durabilité forte du développement de la bioéconomie.

Dans une logique de travail exploratoire, nous menons une revue de littérature systématique qui explore les liens entre la biomasse, les filières et la durabilité. Nous cherchons ainsi à comprendre de quelle manière la durabilité, forte ou faible, est prise en compte dans la littérature académique concernant les filières biosourcées. Ainsi, nous avons construit notre équation de recherche afin que les articles sélectionnés comprennent dans leur titre, leur résumé ou dans les mots clés, la combinaison d’au moins un mot issu des trois groupes de synonymes faisant référence à i) la dimension de la biomasse (biomass, bio-based, bioeconomy) ii) la dimension des filières (value chain, supply chain, production chain) iii) la dimension de durabilité (sustainable, environnement, eco, circular).

ÉQUATION DE RECHERCHE. TITLE-ABS-KEY (("biomass" OR "bio-based" OR "bioeconomy") AND ("value chain*" OR "supply chain*" OR "production chain") AND ("sustainabl*" OR "environnement*" OR "ecolo*" OR "circular"))

Ceci nous a permis d’obtenir un échantillon initial de 3104 documents. Après suppression des doublons, nous avons fait le choix d’exclure les actes de conférences et chapitres d’ouvrage pour ne garder que les articles académiques, et arriver à un total de 1720 documents. Nous avons ensuite utilisé le logiciel VOSviewer qui permet de calculer les occurrences de mots présents dans le titre, les mots clés et le résumé de cette base de données de 1720 documents et dont les plus pertinents sont recensés dans le tableau suivant (Voir tableau 1).

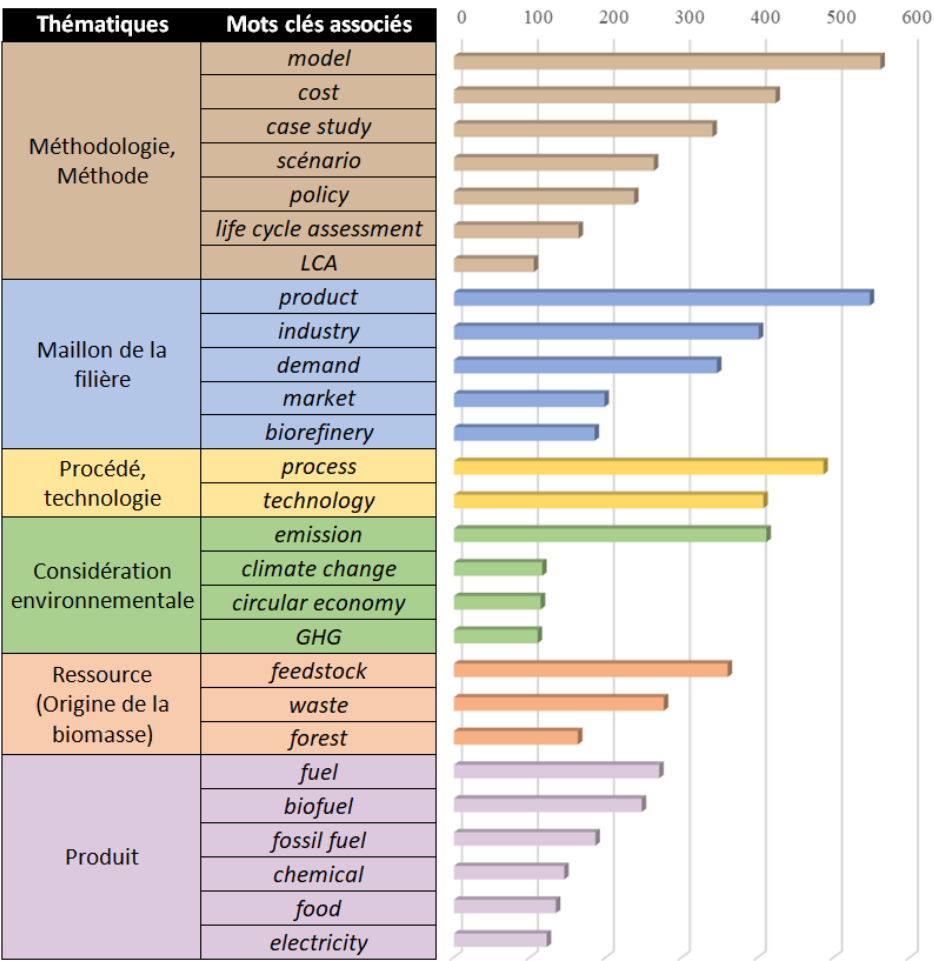


Tableau 1. Occurrences des mots clés présents dans le titre, le résumé et les mots clés des 1720 documents issus de l’équation de recherche sur la durabilité des filières biosourcées (Scopus, Web of Science et Cairn)
Source : Auteurs

L'analyse de ces occurrences et une première exploration du contenu de ces articles nous amènent à plusieurs constats.

Une première lecture des titres et des résumés des articles permet de faire un premier constat : la majorité des travaux n'aborde pas la filière dans son ensemble. Lorsque nous ajoutons la simultanéité des termes « industry », « product », « demand », « biorefinery » et « market » dans notre équation de recherche sur la durabilité des filières biosourcées, nous n'obtenons plus que 6 résultats sur Scopus.

ÉQUATION DE RECHERCHE TITLE-ABS-KEY (("biomass" OR "bio-based" OR "bioeconomy") AND ("value chain*" OR "supply chain*" OR "production chain") AND ("sustainabl*" OR "environnement*" OR "ecolo*" OR "circular") AND ("industry" AND "product" AND "demand" AND "biorefinery" AND "market"))

Plusieurs articles, comme celui de Roy et Tu (2022) [ROY 22], qui ne se focalise que sur la chaîne d'approvisionnement des bioraffineries, indiquent déjà à cette échelle d'analyse restreinte de la filière, un manque de prise en compte des boucles de rétroaction intégrant les influences environnementales (par exemple, via l'évaluation du cycle de vie), économiques (par exemple, via l'analyse technico-économique) et sociales (par exemple, via l'évaluation du cycle de vie social).

Deuxième constat, la base de données sur la durabilité des filières biosourcées se concentre principalement sur des ressources et des produits spécifiques et n'est abordée qu'à travers des méthodologies, des indicateurs, et un nombre de domaines scientifiques restreint. Ainsi, la majorité des travaux se focalise sur les déchets (276 occurrences) et la biomasse forestière (163 occurrences) pour des usages en biocarburant majoritairement, mais également en chimie et électricité. Ces travaux concernent surtout des modélisations et l'optimisation de leur fonctionnement en termes économiques et environnementaux [ZAH 20 ; GAR 22].

Troisième constat, ces travaux s'intègrent dans le domaine de l'énergie, des sciences environnementales et de l'ingénierie. La durabilité est souvent restreinte au volet économique à travers le calcul de coûts (423 occurrences) et au volet environnemental à travers le calcul d'émissions (411 occurrences) de GES (110 occurrences) et l'analyse de cycle de vie (104 + 165 occurrences pour l'acronyme « LCA » pour « life cycle analysis ») sur laquelle nous nous pencherons davantage dans la seconde partie. Parmi ces articles sur la LCA, seulement 13 se focalisent sur l'approche d'analyse de cycle de vie social ou S-LCA.

REMARQUE. L'ACV sociale vise à évaluer les impacts selon des critères sociaux. Il s'agit par exemple d'identifier les effets sociaux importants parmi les acteurs affectés par des changements dans la production : travailleurs, fournisseurs, usagers ou de tenir compte des impacts sur les parties prenantes [MAC 13].

Ainsi, la revue de littérature de Martin et al. (2018) [MAR 18] montre qu'il existe très peu d'analyses du cycle de vie social et d'analyses du cycle de vie durable publiées, indiquant qu'il s'agit d'outils encore immatures et qu'il est donc nécessaire d'améliorer les méthodes et de multiplier les études de cas. Mattila et al. (2018) [MAT 18] déplorent également le manque d'intégration simultanée des considérations locales et globales, déterminantes dans l'évaluation holistique de filières bioéconomiques.

Enfin, aucun terme relatif à une prise en compte du volet social n'est présent dans le tableau d'occurrences. Seul le terme « policy » (263 occurrences) témoigne de l'importance de la considération des politiques publiques dans la durabilité des filières biosourcées sans donner davantage d'informations sur le volet de la durabilité concerné.

Ces constats soulignent une tendance majoritaire des travaux académiques sur la durabilité des filières biosourcées à se positionner dans le champ de la durabilité faible, dans la mesure où des lacunes sont à observer dans la considération conjointe des dimensions économiques, sociales et

environnementales à un niveau holistique et intégré. De plus, les domaines de recherche (sciences de l'ingénieur, énergie) ainsi que la forte occurrence des termes process (486 occurrences) et technology (407 occurrences) laisse penser à la prédominance d'une vision techniciste relative à la conception d'une durabilité faible. Ainsi, l'analyse de la durabilité des filières biosourcées dans son ensemble et dans le cadre d'une bioéconomie orientée vers une perspective de durabilité forte nécessite une approche particulière et inédite permettant d'aborder la filière dans son ensemble et allant au-delà d'une approche strictement économique. Dans la partie suivante, nous explorons de nouvelles méthodes d'étude et d'accompagnement de la création de filières biosourcées au service d'une bioéconomie qui tend vers une durabilité forte. Nous proposons d'analyser les apports de l'éco-conception, qui vise à prendre en compte les impacts environnementaux et sociaux, à l'origine du développement d'un produit en tant que méthode pour accroître la durabilité des filières.

3. L'éco-conception et ses utilisations possibles pour la création de filières biosourcées

3.1. Eco-conception : des produits /services aux filières

L'éco-conception est une méthode consistant à concevoir un produit ou un service dans l'objectif de réduire ses conséquences environnementales négatives sur toute sa durée de vie et peut être élargie aux enjeux sociaux. L'éco-conception s'appuie le plus souvent sur l'analyse du cycle de vie ou ACV [BEL 19]. Cette méthode est considérée comme la plus adéquate pour identifier les impacts écologiques associés à un produit [KAR 06 ; PLO 11 ; MEN 17 ; AUR 19] et est d'ailleurs explicitement mentionnée dans les normes faisant référence à l'éco-conception (ISO ISO/TR 14062 - 2002 et ISO 14006).

La méthodologie de l'ACV comporte quatre phases [POL 07 ; AUR 19]. La première phase consiste à identifier l'objet de l'étude et notamment les différentes étapes du cycle de vie du produit. Dans une deuxième phase, l'inventaire des données consiste à faire la liste des composants, des procédés, des matières et de l'énergie entrants ainsi que la comptabilisation de l'ensemble des rejets. Dans une troisième étape, l'évaluation différencie les flux entrants de matière et d'énergie des flux sortants sur les différentes étapes du cycle de vie. Tous ces flux sont ensuite traduits en impacts selon différents critères environnementaux répartis en trois catégories : les impacts sur l'eau, l'air, ainsi que sur les sols et la santé humaine. Enfin, la dernière phase est celle de l'interprétation des résultats obtenus en faisant des recommandations pour pallier les faiblesses identifiées.

Les résultats de l'ACV permettent alors à l'entreprise d'élaborer sa stratégie-produit et de définir comment concevoir le produit (coûts, matériaux à utiliser, énergie nécessaire, poids du produit final par exemple) pour réduire au mieux l'impact environnemental [BER 09 ; VER 22]. Il s'agit d'éviter notamment que le produit final ait un impact réduit sur l'environnement sur une étape du cycle de vie, mais un impact accru sur une autre étape. Margni et al. (2016) donnent l'exemple des voitures électriques et thermiques, dont les émissions environnementales sont déplacées de l'étape de l'utilisation à l'étape de la production du fait des émissions associées à la centrale électrique, au réseau de distribution et à la production des batteries [MAR 16].

Les effets sur la rentabilité économique sont le plus souvent positifs, l'entreprise bénéficiant par exemple d'une baisse des coûts de production ou d'un produit innovant sur son marché (Voir Encadré 1). Elle peut alors se différencier et communiquer sur sa démarche environnementale auprès de ses acheteurs potentiels [PLO 11 ; VER 22 ; BEL 19].

L'éco-conception concerne le plus souvent les produits et se focalise sur l'entreprise. Nous mentionnerons par exemple une entreprise française fabriquant des vitrines et des équipements frigorifiques pour la grande distribution (Fiche Eco-Initiative 12 -Pole Eco-Conception). La démarche d'éco-conception a généré des changements à différentes étapes du cycle de vie : le choix des matières premières (choix de matériaux composites au lieu de structures métalliques), la fabrication (moindre consommation d'eau et réduction du temps de montage), la logistique

(réduction des coûts de transports et de stockage), l'utilisation (moindre consommation électrique) et la fin de vie (démontage et tri des pièces facilités). La démarche d'éco-conception a permis finalement d'améliorer l'isolation thermique, de réduire la consommation d'énergie, d'obtenir une meilleure ergonomie pour l'utilisateur ainsi qu'une augmentation de la surface vitrée.

Les cas de services éco-conçus sont moins nombreux. Nous pouvons citer l'exemple d'un fabricant français d'appareils électroménagers qui a développé une offre de location d'appareils culinaires auprès des particuliers (Fiche Eco-Initiative 10 - Pole Eco-Conception). La démarche d'éco-conception a entraîné des modifications sur deux étapes du cycle de vie : la fabrication (choix d'un emballage réutilisable et plus résistant ainsi que l'augmentation du nombre de pièces détachées) et la logistique (la création de points de collectes dans les agglomérations).

Encadré 1. *Exemples de produits et de services éco-conçus*

Cette vision dominante de l'éco-conception répond à la nécessité pour les industriels, dans les années 60, de mieux identifier et réduire les impacts environnementaux de leurs activités. Il s'agit pour l'entreprise de limiter les conséquences négatives liées à un produit ou un service sur toute sa durée de vie (conception, production, distribution, utilisation et fin de vie). Contrairement aux stratégies en bout de chaîne, où la pollution est corrigée a posteriori, il s'agit d'une démarche préventive fondée sur une stratégie de réduction de la pollution à la source [TRA 17], elle répond notamment à la politique européenne de réduction des déchets. Elle est le plus souvent définie à partir de la norme ISO 14062, comme l'intégration des aspects environnementaux dans la conception et le développement de produit [BEL 19]. Cette vision de l'éco-conception est fondée sur les sciences de l'ingénieur [PET 15].

En ce qui concerne l'approche en termes de filière, certains auteurs proposent des études d'impact environnemental parfois fondées sur l'éco-conception, qui n'est alors plus appliquée uniquement à un produit. Ainsi, Yakavenka et al. (2020) ont analysé la réduction de l'empreinte environnementale dans une filière alimentaire [YAK 20] et Kazancoglu et al. (2020) ont étudié plusieurs indicateurs dans une filière métallurgique à partir du concept de *supply chain* verte [KAZ 20]. En revanche, Meinrenken et al. (2014) utilisent l'éco-conception avec une ACV conjointement avec des indicateurs clés de performance dans le cas d'une filière boisson [MEI 14]. Enfin, l'éco-conception est appliquée sur les filières agricoles à travers une méthodologie appelée VCA4D, développée par le CIRAD, ayant pour objectif de donner une image holistique des chaînes de valeur dans les différentes dimensions : fonctionnelle, économique, sociale, environnementale.

REMARQUE. Le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD) est l'organisme français de recherche agronomique et de coopération internationale pour le développement durable des régions tropicales et méditerranéennes.

Les étapes de cycle de vie du produit ou du service deviennent alors les étapes allant de la fourniture des intrants jusqu'à la consommation et l'exportation de la production (Figure 2). Le passage de l'analyse du produit à la filière pose de multiples questions : il faut identifier les acteurs de la filière, mesurer les impacts de leurs productions sur toute leur durée de vie, arbitrer entre différentes combinaisons liées aux contributions des acteurs pour réduire l'impact environnemental de la filière, et enfin, déterminer quels seront les indicateurs pertinents à l'échelle de la filière.

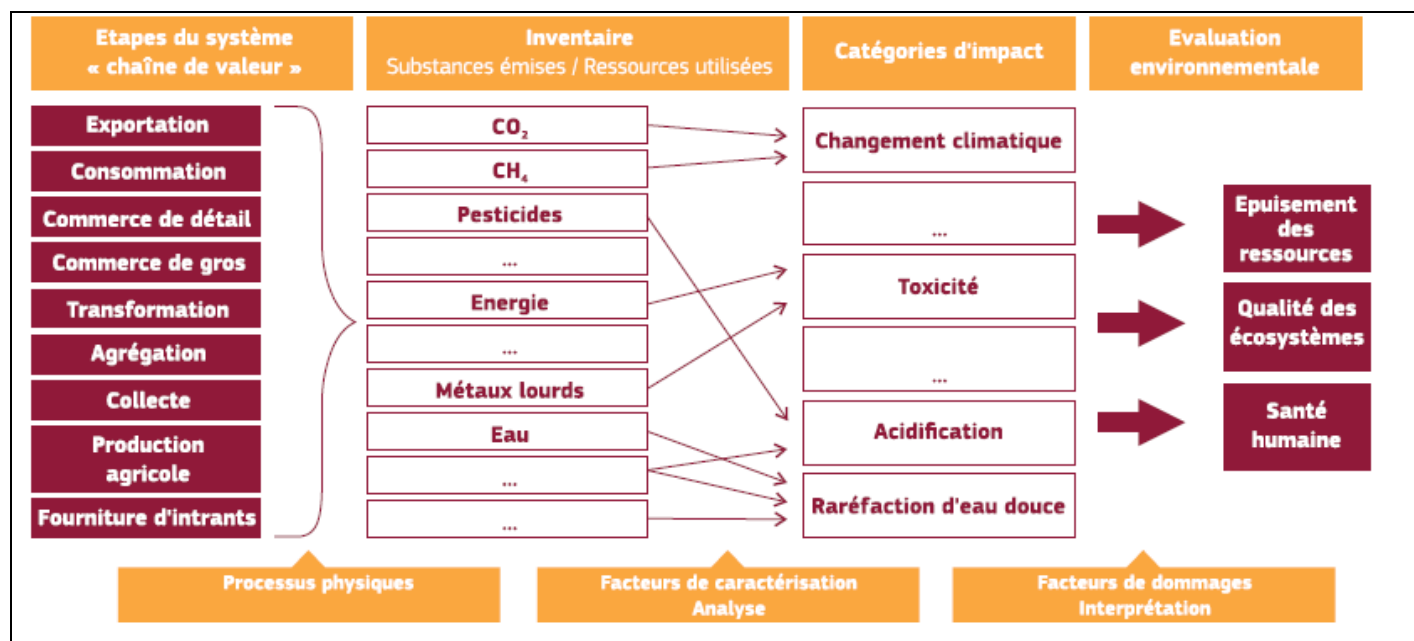


Figure 2. Démarche d'éco-conception dans la filière agricole [AGR 21]

Dans une perspective de durabilité forte, il est nécessaire de réfléchir à un mode d'éco-conception nouveau. Certains auteurs ont approfondi la méthode de l'éco-conception avec la conception durable (*sustainable design*), qui consiste à intégrer les dimensions écologiques, économiques et sociales dans une vision systémique. Elle peut conduire à des changements de comportement dans le système de conception, de production et de consommation [SPA 10]. Petit (2015) propose ainsi de concevoir des produits ou des services permettant de nouvelles relations entre l'homme et l'environnement [PET 15]. Cette nouvelle démarche d'éco-conception consisterait alors à réfléchir à un objet en tant que milieu mettant en relation l'environnement et l'être humain, qu'il soit utilisateur, producteur, distributeur dans une vision holistique de la filière.

Cependant, la démarche d'éco-conception telle qu'elle est utilisée actuellement s'inscrit dans une durabilité faible puisque l'objectif est principalement de trouver des techniques de production plus adaptées au sein du système de production et de consommation existant. L'intégration des dimensions sociales est plus récente et demande d'identifier les impacts sociaux parmi les acteurs concernés par la production. Notre démarche consiste ainsi à prendre appui sur les travaux existants concernant la conception durable, avec notamment l'ACV sociale, et prenant en compte l'intégralité de la filière, comme la méthodologie VCA4D. La prise en compte des acteurs et leurs interactions au sein et autour de la filière permettront de nourrir cette nouvelle approche plus large de l'éco-conception intégrant les dimensions dynamiques qui relient les aspects sociaux, environnementaux et économiques.

3.2. Vers une création d'une micro-filière biosourcée à durabilité forte, l'exemple de la bourrache dans les Hauts de France

Afin d'illustrer ce travail exploratoire sur une nouvelle démarche d'éco-conception plus holistique, nous nous sommes intéressés à un projet de création d'une micro filière de bourrache (*Borago officinalis*) dans les Hauts-de-France, depuis la production de la plante jusqu'à la mise en marché de plusieurs produits finis. Étudier les conditions dans lesquelles elle peut être construite dans une perspective de durabilité forte permet de poser les bases d'une méthodologie potentiellement applicables à d'autres nouvelles filières biosourcées s'insérant dans la bioéconomie.

Dans un contexte de durabilité forte, l'objectif de création de cette micro filière autour de la bourrache est de valoriser les parties distinctes de la plante (feuilles, tiges, graines) pour différents usages. La bourrache est une plante oléagineuse qui se distingue sur le plan commercial pour sa teneur élevée en acide γ -linolénique (GLA) [TEW 19], contenu dans l'huile issue du pressage de ses graines,

qui possède également des propriétés thérapeutiques (contre la polyarthrite rhumatoïde), nutritives, et antioxydantes [LIN 17 ; TEW 19].

REMARQUE. L'acide gamma-linolénique (GLA) est un acide gras de la famille des oméga-6, un groupe d'éléments qui participent au bon fonctionnement de l'organisme et utilisés à destination du marché des cosmétiques, de la nutraceutique et de l'alimentaire, mais aussi dans d'autres segments comme les compléments alimentaires ou la savonnerie.

Enfin, la bourrache étant une plante attractive pour les pollinisateurs, la production de miel de bourrache représente également un marché potentiel à intégrer dans la micro filière. Actuellement, l'acide γ -linolénique et l'huile de bourrache sont principalement importés (Angleterre, Chine...). Cette micro filière pourrait intéresser des partenaires économiques, culturels et locaux dans une volonté de relocalisation de la production et de la diversification d'activités ou de labellisation sur le territoire ou venir compléter une offre culturelle ou touristique localement. La sensibilisation à l'environnement et la création de dispositifs de formation peuvent être des aspects économiques complémentaires au sein de la micro filière à destination des habitants du territoire.

Du point de vue environnemental, la bourrache est une culture à haut potentiel, en raison de ses externalités positives, telles que la diversification des systèmes agroécologiques pour améliorer la biodiversité et la mise à disposition de nectar sur une période de carence pour les abeilles de juin à août [STA 00]. D'autres éléments de la plante ont aussi un intérêt pour l'amélioration de la biodiversité, comme la couleur bleue des fleurs qui façonnent le paysage ou bien les racines pivotantes qui drainent le sol, améliorent la perméabilité du sol, et diminuent l'érosion rendant ainsi disponible de l'azote en surface issu de cultures précédentes. L'implantation d'une nouvelle culture à l'échelle d'une parcelle ou d'un territoire contribue à la mosaïque des paysages et les services écosystémiques associés pour les cultures de proximité, le territoire et ses habitants [DEC 10]. La culture de la bourrache peut être par exemple associée à une autre culture pour piéger les pucerons [SAR 18]. Elle peut aussi se développer de manière aisée sans irrigation ou apport d'intrants important ce qui positionne d'emblée cette plante comme candidate idéale à la contribution d'une bioéconomie à haute durabilité. Cependant, la qualité des sols impacte les apports nécessaires en intrants et les conditions climatiques locales peuvent impliquer la nécessité de mise en place d'infrastructures comme des haies pour la protection contre le vent.

Du point de vue social, la mise en œuvre de cette nouvelle culture permettrait la création de nouveaux emplois, mais nécessite l'acquisition de nouvelles compétences pour les acteurs en charge de la production ou de la transformation. La construction de cette micro filière dépend ainsi des dispositifs politiques multi échelles, susceptibles de représenter des freins ou des leviers de développement de la micro filière mais également d'un écosystème d'acteurs, de la production à la consommation, sur un territoire donné. La mise en relation de ces acteurs, les relations de confiance et de collaboration, des principes de durabilité forte de cette création filière entre les acteurs doivent être animés et partagés afin de garantir la pérennité de la micro filière sur le territoire, ainsi qu'une dynamique pour d'autres projets. C'est un élément déterminant pour que la filière, formant un réel écosystème d'acteurs, puisse générer des innovations de différentes natures : technologiques, sociales et environnementales.

Ainsi, les dimensions économiques, sociales et environnementales, ainsi que les réflexions multi échelles (parcelles, exploitation, territoire local, régional, national) sont des éléments à intégrer au préalable dans le choix du territoire d'implantation d'une micro filière à durabilité forte. Nous proposons les étapes de développement de la filière suivante (figure 3). Premièrement, lorsque le territoire d'implantation a été choisi, il convient de poursuivre les réflexions en prenant en compte simultanément les dimensions environnementales, économiques et sociales, dans les questionnements qui sont soulevés à chaque étape de construction de la micro filière. Le choix de la qualité de la graine, puis des différentes étapes de désherbage et de récolte, influence le rendement de la plante et implique l'utilisation de ressources fossiles ou de main-d'œuvre. La biomasse une fois récoltée doit être séchée

et stockée dans des conditions optimales, afin de garantir la conservation de la quantité de principes actifs, qui seront isolés avec des techniques d'éco-extraction, et qui seront intégrés à une composition et un packaging issu également de filières durables. De plus, les résidus organiques qui résultent de ces étapes de transformation conviennent d'être valorisés dans d'autres filières (alimentaire, méthanisation, biostimulants, etc.) et la logistique doit être également prise en compte notamment au niveau du transport de la biomasse entre les différents lieux de production, de séchage, de stockage et de transformation jusqu'au consommateur final.

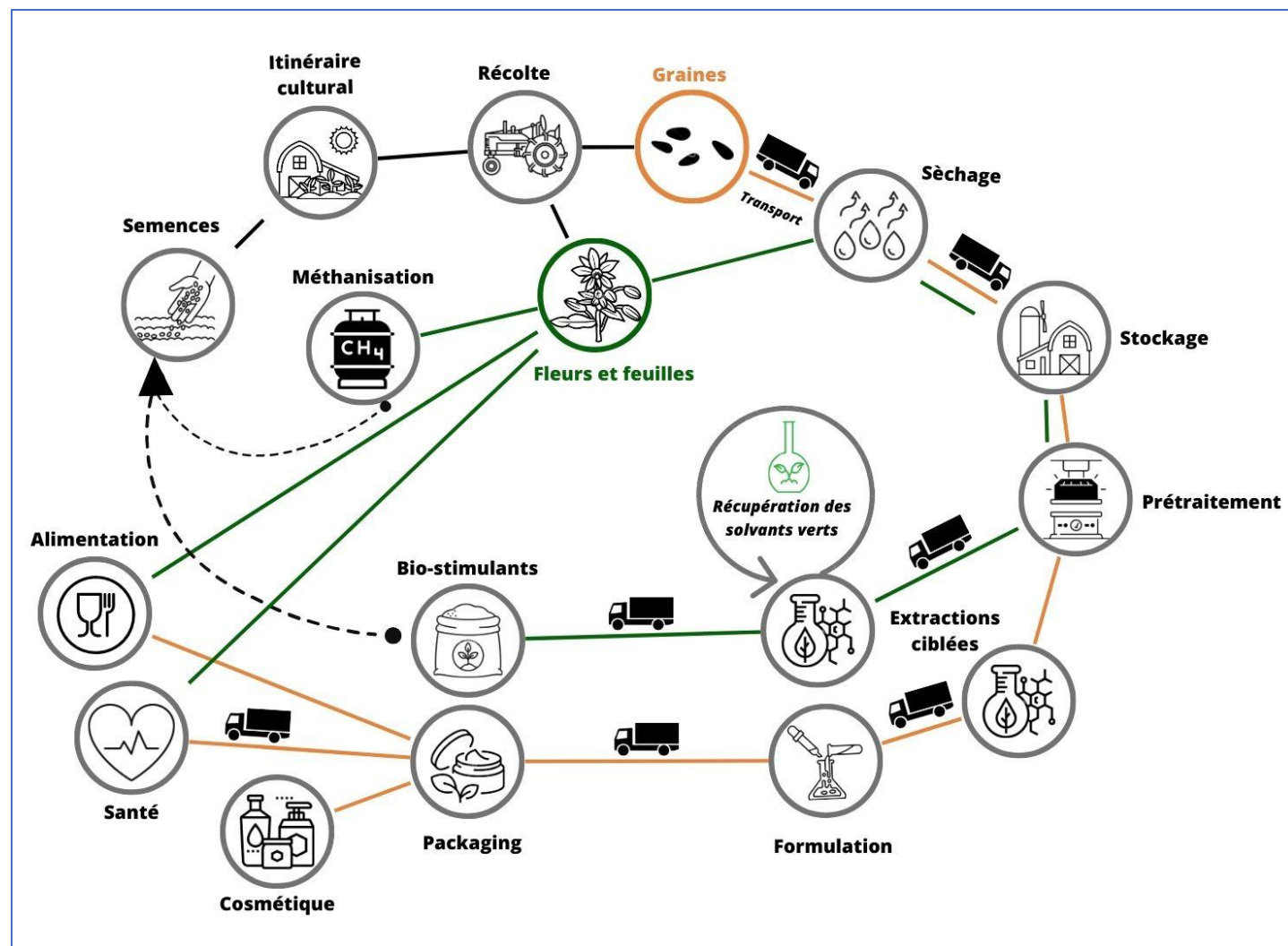


Figure 3. Étapes de la filière bourrache dans une optique de durabilité forte. Source : Auteurs

La prise en compte d'une démarche d'éco-conception à l'échelle de la micro filière locale favoriserait l'intégration de différents scénarii possibles pour atteindre une durabilité forte à chaque étape. Ainsi, le tableau 1 réunit une liste non exhaustive d'indicateurs économiques, sociaux et environnementaux, issu de l'agrégation de différentes ACV classiques, des lignes directrices de l'ACV social inscrites dans la norme ISO 140040-44 du PNUE/ SETAC de 2009, ainsi que de la réflexion portée sur la création de la filière bourrache. Ces indicateurs sont séparés en 2 étapes : la première, préalablement à l'implantation de la filière et deuxièmement, les indicateurs sociaux, économiques et environnementaux à prendre en compte à chaque maillon de la filière (Voir Tableau 3).

Étape 1 : Conditions préalables à la création de la micro filière	
Dimension	Indicateurs
Économique	Potentiels économiques, demande du marché, potentialités de valorisation des co-produits et des différentes parties de la biomasse
Sociale	Cartographie des acteurs (identification des compétences et disponibilité sur le territoire, motivation, intérêts individuels et collectifs), dispositifs politiques multi échelles
Environnementale	Qualité des sols, conditions climatique et topographique, biodiversité, rotation de culture, services écosystémiques, caractéristiques intrinsèques à la biomasse (besoin en eau, intrant, cycle cultural)
Étape 2 : Indicateurs systématiques à appliquer à chacune des étapes de la filière	
Dimension	Indicateurs
Économique	Infrastructure, business model, chiffre d'affaires, brevets, Intrants et porosité avec d'autres filières, technologie et process, etc.
Sociale	Création d'emplois, conditions d'emplois saines, sûres et équitables, engagement public, responsabilité sociale, engagement, droit et accès aux services communautaires, interrelations, etc.
Environnementale	Indicateurs d'impact pour l'air (effet de serre, couche d'ozone, etc.), indicateurs d'impacts pour l'eau (Eutrophisation, écotoxicité, etc.), indicateurs d'impact sur les sols et la santé humaine (épuisement des ressources et des énergies, occupation des sols, toxicité humaine, etc.)

Tableau 2. Indicateurs non exhaustifs dans l'évaluation de la durabilité de filières biosourcées.
Source : Auteurs

Compte tenu de la grande diversité de ces indicateurs et du nombre potentiel de scénarii différents, une comparaison exhaustive entre ceux-ci n’est pas envisageable. Cependant, une réflexion poussée sur plusieurs scenarii, qui intégrerait un minimum d’indicateurs économiques, sociaux et environnementaux, permettrait de guider les choix réalisés par les acteurs et les partenaires dès la création de la micro filière pour viser une forte durabilité.

Conclusion – Discussion

Actuellement, force est de constater que la vision de la bioéconomie qui se développe au niveau des institutions européennes se cantonne à une conception de durabilité faible quant au développement des filières biosourcées sur lesquelles repose la bioéconomie. La revue de littérature systématique conduit à la même conclusion : la littérature académique n’offre pas de méthodes d’analyse globales des filières biosourcées, qui prendraient en compte de manière holistique et intégrée ses dimensions économiques, sociales et environnementales.

Cette recherche s’inscrit dans l’objectif de mettre en place une méthodologie pour analyser et construire des chaînes de valeur biosourcées durable dans une conception de durabilité forte. Nous considérons que l'hybridation de l’approche méso-économique avec les différents outils de l'éco-conception pourrait être utile pour assurer que les impacts environnementaux, sociétaux et économiques ainsi que les volets sociétaux et économiques sont pris en compte dans la construction des filières biosourcées durable. Dans une perspective écosystémique, cette nouvelle démarche implique ainsi de structurer les chaînes de valeur biosourcées circulaires [LOK 18] tout en prenant en compte les dimensions sociales des interactions entre parties prenantes, la relation entre la filière et son territoire ainsi que les dispositifs publics nécessaires à son développement.

Cependant, notre recherche nous a amené à constater que, dans la perspective de durabilité forte, de nombreux choix se présentent en amont, et à chaque étape de la filière. La prise de décision et le suivi de scénarii à l'échelle de la filière dans son intégralité restent complexes, car l'équilibrage des dimensions économiques, sociales et environnementales dépend des boucles de rétroaction entre les choix effectués et entre les différents maillons de la chaîne de valeur. De plus, le phénomène de porosité de filière invite également à effectuer un travail similaire pour chaque intrant (engrais, solvant, produit rentrant dans la formulation du produit fini). Aussi la recherche peut-elle se prolonger par l'élaboration de quelques scénarii de construction d'une filière dans une perspective de durabilité forte compte tenu des boucles de rétroactions, de la porosité des filières, mais également des évolutions de ces composantes et des écosystèmes d'acteurs qui les composent.

La durabilité forte lors de la construction de filières et micro filières est relative et représente une composante évolutive, dynamique et incertaine au regard de la complexité qu'elle exige. Elle est en premier lieu portée par l'écosystème d'acteurs initial, dont l'intérêt de construire une filière dans une perspective de durabilité forte constitue l'un des principaux moteurs. Cet écosystème d'acteurs, également sujet à des dynamiques et évolutions, est confronté à une grande quantité de choix et d'arbitrages qui peuvent être conflictuels, et l'équilibrage entre dimensions économiques, sociales et environnementales ne sera pas toujours assuré. Ainsi, afin d'éclairer au mieux ces choix et les incertitudes qui les accompagnent, les outils d'éco-conception telle que l'ACV ont un rôle à jouer (indicateurs quantitatifs), mais d'autres approches plus socio-économiques sont également nécessaires comme l'analyse des comportements des acteurs et leur sensibilisation à la durabilité en amont de la construction des filières et ses effets de réciprocité.

Au vu de ces constats, la suite de notre travail visera à expérimenter notre approche méthodologique dans le contexte de la création de filières ou micro-filières biosourcées dans la région Hauts-de-France à partir des cas de la bourache que nous avons utilisée comme exemple dans cet article et de sous-filières de l'endive visant à réutiliser les déchets organiques en vue de produire une préparation culinaire fermentée et un film bioplastique.

REMARQUE. Dans le cadre du programme « FermEndive », soutenu par la région Hauts de France et rassemblant un consortium composé de centres de recherche et d'industriels.

Bibliographie

- [AGR 21] AGRINATURA Methodological Brief. Website, 2021 <https://europa.eu/capacity4dev/value-chain-analysis-for-development-vca4d/wiki/1-vca4d-methodology> Consulté le 20 avril 2023.
- [AUR 19] AUREZ, A, GEORGEAULT, L. *Economie circulaire. Système économique et finitude des ressources*, De Boeck, 2019
- [AXE 20] AXELOS, M., BAMIERE, L., COLIN, F., DOURMAD, J.-Y., DURU, M., GILLOT, S., KUREK, B., JEAN-DENIS, M., REQUILLART, V., MERY, J., O'DONOHUE, M., RECOUS, S., STEYER, J.-P., THOMAS, A., THOYER, S., DE VRIES, H., WOHLFAHRT, J. *Réflexion prospective interdisciplinaire bioéconomie - Rapport de synthèse*. INRAE, 2020.
- [BEL 19] BELLINI, B., JANIN, M. « Ecoconception : état de l'art des outils disponibles. Techniques de l'ingénieur. » *L'Entreprise industrielle*, Volume 4, n°G6010, p. G6010-1, 2019.
- [BER 09] BERNEMAN, C., LANOIE, P, PLOUFFE S., VERNIER, M.-F. *Quels retours économiques pour l'entreprise ? Etude*, Pôle National Eco-Conception et Institut de Développement Produit, 2009
- [CAL 22] CALLOIS, J. M. *Le renouveau des territoires par la bioéconomie : Les ressources du vivant au cœur d'une nouvelle économie*. Quae, Paris, 2022.
- [DAU 20] DAUMAS, L. « Is the transition doomed to fail due to the rebound effect? » *Regards croisés sur l'économie*, Volume 26, n°1, p. 189-197, 2020.
- [de B 88] DE BANDT, J. La filière comme méso-système, dans Arena R., Benzoni L., De Bandt J., Romani P.-M., *Traité d'économie industrielle*, Economica, Paris, 1988, p.242-249.

- [DEB 21] DEBREF, R. « Pourquoi faut-il craindre les économies d'énergie et de matières ? Déconstruction d'un mythe de la soutenabilité. » dans FIZAINE, F., GALIEGUE, X. (dir.) *L'économie des ressources minérales et le défi de la soutenabilité 1 : Contexte et enjeux*, ISTE Edition, 2021.
- [DEB 22] DEBREF, R., PYKA, A. MORONE, P. « For an Institutional Approach to the Bioeconomy: Innovation, Green Growth and the Rise of New Development Models. » *Journal of Innovation Economics & Management*, n°38, p. 1-9, 2022.
- [DEC 10] DECOURTYE A., BOUQUET C. « Une gestion des couverts herbacés favorable aux abeilles et à la petite faune de plaine. » *Fourrages*, n°202, p. 117-124, 2010.
- [DEL 15] DELGOULET, É., PAHUN, J. Bioéconomie : enjeux d'un concept émergent. *Centre d'études et de prospectives, Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, Paris*, Document de travail n°10, 2015.
- [FRE 87] FREEMAN, C. (1987). « Technical innovation, diffusion, and long cycles of economic development. » *The Long-Wave Debate: Selected Papers from an IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) International Meeting on Long-Term Fluctuations in Economic Growth: Their Causes and Consequences*. Held in Weimar, GDR, June 10–14, 1985. Springer Berlin Heidelberg, 1987.
- [GAL 16] GALLAUD D., LAPERCHÉ, B. *Circular Economy, Industrial Ecology and Short Supply Chains*, ISTE/ Wiley, London, 2016.
- [GAR 22] GARCÍA-VELÁSQUEZ, C. A., LEDUC, S., VAN DER MEER, Y. « Design of biobased supply chains on a life cycle basis: A bi-objective optimization model and a case study of biobased polyethylene terephthalate (PET). » *Sustainable Production and Consumption*, Volume 30, p. 706-719, 2022.
- [GRA 20] GRANSTRAND O., HOLGENSSON M., « Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. » *Technovation*, Volume 90, p. 102098., 2020.
- [HOM 18] HOMRICH A S, GALVAO G, ABADIA L G, CARVALHO M M. « The circular economy umbrella: Trends and gaps on integrating pathways. » *Journal of Cleaner Production*, n°175, p. 525– 543, 2018.
- [KAR 21] KARDUNG, M.; CINGIZ, K.; COSTENOBLE, O.; DELAHAYE, R.; HEIJMAN, W.; LOVRIĆ, M.; VAN LEEUWEN, M.; M'BAREK, R.; VAN MEIJL, H.; PIOTROWSKI, S.; RONZON, T.; SAUER, J.; VERHOOG, D.; VERKERK, P.J.; VRACHIOLI, M.; WESSELER, J.H.H.; ZHU, B.X. « Development of the Circular Bioeconomy: Drivers and Indicators. » *Sustainability*, Volume 13, n° 1, p. 413, 2021.
- [KAR 06] KARLSSON, R., LUTTROPP, C. « EcoDesign: what's happening? An overview of the subject area of EcoDesign and of the papers in this special issue. » *Journal of cleaner production*, Volume 14, n°15-16, p. 1291-1298, 2006.
- [KAZ 20] KAZANCOGLU Y, SAGNAK M, KAYIKCI Y, KUMAR MANGLA S. Operational excellence in a green supply chain for environmental management: A case study. *Business Strategy & the Environment*, Volume 29, n° 3, p. 1532-1547, 2020.
- [KOR 18] KORHONEN J, HONKASALO A, SEPPÄLÄ J. « Circular Economy: The Concept and its Limitations. » *Ecological Economics*, n°143, p. 37–46, 2018.
- [LAN 22] LANZERATH, D., SCHURR, U., PINSORF, C., STAKE, M. *Bioeconomy and Sustainability: Perspectives from Natural and Social Sciences, Economics and Ethics*. Springer Nature, 2022.
- [LAP 19] LAPERCHÉ, B., LIMA, M., SEUILLET, E., TROUSSE, B. *Ecosystèmes d'innovation : regards croisés des acteurs clés* (No. Hal-02418541), 2019.
- [LAP 23] LAPERCHÉ, B., DE ROUFFIGNAC, A., JULLIAN, N., « Les filières de production. Nouvelles analyses au prisme de la bioéconomie », *Technologie et Innovation*, ce numéro.
- [LEF 21] LEFSTAD, L. « The important role of strong sustainability and the potential of the circular economy in generating a socially and ecologically just future. » *Audens: revista estudiantil d'anàlisi interdisciplinària*, n°4, p. 55-72, 2021.
- [LEW 18] LEWANDOWSKI, I. *Bioeconomy: Shaping the transition to a sustainable, biobased economy*. Springer nature, 2018.
- [LIN 17] LIN TK, ZHONG L, SANTIAGO JL. Anti-inflammatory and skin barrier repair effects of topical application of some plant oils. *International journal of molecular sciences*, Volume 19, n° 1, p. 70, 2017.
- [LOK 18] LOKESH, K., LADU, L., SUMMERTON, L. « Bridging the gaps for a 'circular' bioeconomy: Selection criteria, bio-based value chain and stakeholder mapping. » *Sustainability*, Volume 10, n°6, p. 1695, 2018.
- [LUN 92] LUNDVALL, B-Å. *National Innovation Systems: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Pinter, London, 1992.

- [MAC 13] MACOMBE, C., FALQUE, A., FESCHET, P., GARRABE, M., GILLET, C., LAGARDE, V., LOEILLET, D. *ACV sociales : Effets socio-économiques des chaînes de valeurs*. CIRAD, Montpellier, 2013.
- [MAL 02] MALERBA F. « Sectoral systems of innovation and production. » *Research Policy*, Volume 31, n°2, p. 247-264, 2002.
- [MAR 16] MARGNI M., MUNCH F., PLOUFFE S., SAUVE S., PELLETIER J., REBOLLEDO C., BEAULIEU M., ROY J., PONCE S., « Les outils, les ressources et les savoirs existants dans McDonald, M., Normandin, D. et Sauvé, S., *L' conomie circulaire : Une transition incontournable*, Presses de l'Université de Montréal, 2016.
- [MAR 18] MARTIN, M., R YNE, F., EKVALL, T., MOBERG,  . « Life cycle sustainability evaluations of bio-based value chains: reviewing the indicators from a Swedish perspective. » *Sustainability*, Volume 10, n 2, p. 547, 2018.
- [MAT 18] MATTILA, T. J., JUDL, J., MACOMBE, C., ET LESKINEN, P. Evaluating social sustainability of bioeconomy value chains through integrated use of local and global methods. *Biomass and Bioenergy*, 109, 276-283, 2018
- [MEI 14] MEINRENKEN, C. J., SAUERHAFT, B. C., GARVAN, A. N., LACKNER, K. S. « Combining Life Cycle Assessment with Data Science to Inform Portfolio-Level Value-Chain Engineering: A Case Study at PepsiCo Inc. » *Journal of Industrial Ecology*, Volume 18, n 5, p. 641-651, 2014.
- [MEN 17] MENDOZA, J. M. F., SHARMINA, M., GALLEGOSCHMID, A., HEYES, G., AZAPAGIC, A., « Integrating backcasting and eco-design for the circular economy: The BECE framework. » *Journal of Industrial Ecology*, Volume 21, n 3, p. 526-544, 2017.
- [OCD 09] OCDE (2009). *Bioéconomie à l'horizon 2030. Quel programme d'action ?*, OCDE, Paris.
- [PAH 18] PAHUN, J., FOUILLEUX, E., DAVIRON, B. « De quoi la bioéconomie est-elle le nom ? Genèse d'un nouveau référentiel d'action publique. *Natures Sciences Sociétés*, n 26, p. 3-16, 2018.
- [PET 15] PETIT, V. « L' co-design: design de l'environnement ou design du milieu? » *Sciences du design*, n 2, p. 31-39, 2015.
- [PLO 11] PLOUFFE, S., LANOIE, P., BERNEMAN, C., VERNIER, M. F. « Economic benefits tied to ecodesign. » *Journal of Cleaner Production*, Volume 19, n 6-7, p. 573-579, 2011.
- [POL 07] POLE ECOCONCEPTION, *Traité d'Eco-Conception*, 2007
- [ROY 22] ROY, B. B., TU, Q. « A review of system dynamics modeling for the sustainability assessment of biorefineries. » *Journal of Industrial Ecology*, Volume 26, n  4, p. 1450-1459, 2022.
- [RUG 21] RUGGERIO, C. A., « Sustainability and sustainable development: A review of principles and definitions. » *Science of the Total Environment*, Volume 786, p. 147481, 2021.
- [SAR 18] SARKAR, S. C., WANG, E., WU, S., LEI, Z. « Application of trap cropping as companion plants for the management of agricultural pests: a review. » *Insects*, Volume 9, n 4, p. 128, 2018.
- [SEK 87] SEKKAT, K. « Filières de production : revue de la littérature et comparaison avec la théorie n o-classique. *L'Actualit   conomique*, Volume 63, n 1, p. 118-142, 1987.
- [SPA 10] SPANGENBERG, J. H., FUAD-LUKE, A., BLINCOE, K. Design for Sustainability (DfS): the interface of sustainable production and consumption » *Journal of Cleaner Production*, Volume 18, n 15, p. 1485-1493, 2010.
- [STA 00] STAWIARZ E, WR BLEWSKA A, MASIEROWSKA M, SADOWSKA D. Flowering, Forage Value, and Insect Pollination in Borage (*Borago Officinalis* L.) Cultivated in Se Poland. *Journal of Apicultural Science*, Volume 64, n 1, p. 77-89, 2000.
- [STE 21] STEPHENSON, J. R., SOVACOOOL, B. K., INDERBERG, T. H. J. « Energy cultures and national decarbonisation pathways. » *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, n 137, p. 110592, 2021.
- [TEW 19] TEWARI, D., BAWARI, S., PATNI, P., SAH, A. N. Borage (*Borago officinalis* L.), dans NABAVI, S. M., SILVA, A. S. (dir.) *Nonvitamin and nonmineral nutritional supplements*. Academic Press, 2019
- [TRA 17] TRAN DIEU, L., VERNIER, M. F., « La prévention des déchets : une analyse empirique des déterminants du comportement des entreprises », *Revue d'Economie Industrielle*, Volume 3, n 159, p. 79-111, 2017.
- [VER 22] VERNIER M.-F., ARFAOUI N., CHALLITA S., LANOIE P., PLOUFFE S. « Factors influencing profitability in eco-design: lessons from European and Canadian firms, *Journal of Innovation Economics & Management*, p. In-32, 2022.
- [VIV 19] VIVIEN, F. D., NIEDDU, M., BEFORT, N., DEBREF, R., & GIAMPIETRO, M. « The hijacking of the bioeconomy. *Ecological economics*, n 159, p. 189-197, 2019.

- [YAK 20] YAKAVENKA V, MALLIDIS I, VLACHOS D, IAKOVOU E, ELENI Z. « Development of a multi-objective model for the design of sustainable supply chains: the case of perishable food products. *Annals of Operations Research*, Volume 294, p. 593-621, 2020
- [ZAH 20] ZAHRAEE, S. M., SHIWAKOTI, N., STASINOPOULOS, P. « Biomass supply chain environmental and socio-economic analysis: 40-Years comprehensive review of methods, decision issues, sustainability challenges, and the way forward. *Biomass and Bioenergy*, n°142, p. 105777, 2020.