



HAL
open science

Matériaux biosourcés : Maturité des différentes filières et gisements. Etat des connaissances et avis d'experts

Association Record, P. Roignant, P. Bono, L. Tiers

► **To cite this version:**

Association Record, P. Roignant, P. Bono, L. Tiers. Matériaux biosourcés : Maturité des différentes filières et gisements. Etat des connaissances et avis d'experts. n°20-0817/1A, RECORD. 2021, pp.165. <hal-05071131>

HAL Id: hal-05071131

<https://hal.science/hal-05071131v1>

Submitted on 26 May 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY 4.0 - Attribution - International License

Matériaux biosourcés : Maturité des différentes filières et gisements

Etat des connaissances et avis d'experts



C4H5O2_5 2/ 9/99 THERMC 4H 50 2 0G 300.000 5000.000 1392.000 1
1.64121890E+01 1.20184883E-02-4.40468566E-06 7.30124728E-10-4.42784365E-14 2

**MATERIAUX BIOSOURCES : MATURITE DES DIFFERENTES
FILIERES ET GISEMENTS
ETAT DES CONNAISSANCES ET AVIS D'EXPERTS**

RAPPORT FINAL

décembre 2021

P. ROIGNANT – EVEA
P. BONO – FRD
L. TIERS – IAR



Créée à l'initiative du Ministère en charge de l'Environnement, l'association RECORD est depuis 1989, le catalyseur d'une coopération entre industriels, institutionnels et chercheurs.

Acteur reconnu de la recherche appliquée dans le domaine des déchets, des sols pollués et de l'utilisation efficace des ressources, RECORD a comme objectif principal le financement et la réalisation d'études et de recherches dans une perspective d'économie circulaire.

Les membres de ce réseau (groupes industriels et institutionnels) définissent collégialement des programmes d'études et de recherche adaptés à leurs besoins. Ces programmes sont ensuite confiés à des laboratoires publics ou privés.

Avertissement :

Les rapports ont été établis au vu des données scientifiques et techniques et d'un cadre réglementaire et normatif en vigueur à la date de l'édition des documents.

Ces documents comprennent des propositions ou des recommandations qui n'engagent que leurs auteurs. Sauf mention contraire, ils n'ont pas vocation à représenter l'avis des membres de RECORD.

- ✓ Pour toute reprise d'informations contenues dans ce document, l'utilisateur aura l'obligation de citer le rapport sous la référence :

RECORD, Matériaux biosourcés : Maturité des différentes filières et gisements. Etat des connaissances et avis d'experts, 2021, 165 p, n°20-0817/1A

- ✓ Ces travaux ont reçu le soutien de l'ADEME (Agence de la transition écologique)
www.ademe.fr

Comité de suivi de l'étude :

Fabrice ABRAHAM – RENAULT, Julie AGUILHON – TOTAL, Catherine BAUMGARTNER – EDF, Remy BAYARD – INSA/RECORD, Adrien CHATEAU – ENGIE, Bertrand CHERPIN – RENAULT, Philippe CLEMENT – SNCF, Bénédicte COUFFIGNAL – RECORD, Grégoire DAVID – ADEME, Jade GARCIA – SCORELCA, Isabelle HEBE – ADEME, Emilie MACHEFAUX – ADEME, Valérie MOLINIER – TOTAL, Géraldine PAPIN – TOTAL, Benjamin PERCHERON – SUEZ, Patrick PINENQ – TOTAL, Samuel PUECH – SNCF, Cecilia SAMBUSITI – TOTAL

© RECORD, 2021

RESUME

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un développement croissant des matériaux biosourcés et un contexte de questionnement de plus en plus pressant sur leurs performances environnementales de la part de la société civile et des entreprises intéressées par l'usage de ces matériaux.

Sur la base de trois secteurs applicatifs (bâtiment, transport, emballage), l'étude dresse un état des lieux :

- Des réglementations influant le développement des matériaux biosourcés,
- De leur développement technique et commercial (sur la base d'une liste de matériaux présélectionnés),
- Des outils et méthodes disponibles pour attester de la performance environnementale des produits biosourcés.

Par ailleurs, une analyse critique de plusieurs cas d'analyse de cycle de vie a été conduite afin de tirer des enseignements sur les performances environnementales des matériaux biosourcés.

L'étude a donné lieu à l'organisation de trois ateliers (un par secteur applicatifs) avec l'ensemble des acteurs des chaînes de valeur afin :

- D'identifier les conditions favorables et défavorables au développement des matériaux biosourcés,
- D'élaborer des recommandations à destination des industriels sur les points d'attention sur lesquels cibler les efforts à l'avenir en vue de permettre l'intégration et la généralisation de l'usage des matériaux biosourcés.

Ces ateliers ont conduit à la production de 14 fiches actions et d'un arbre de décision pour accompagner les acheteurs dans leur approvisionnement en matériaux biosourcés.

MOTS CLES

Biosourcé, Biomasse, Fibres végétales, Polymère biosourcé, Marchés, Produits, Fin de vie, Impact environnemental, Mesure, Réglementation, Perspectives, Matériaux, polymères, fibres, biosourcés, transport, bâtiment, emballage

SUMMARY

This study is part of a growing development of bio-based materials and a context of increasingly pressing questions about their environmental performance from civil society and companies interested in using these materials.

Based on three application sectors (building, transport, packaging), the study draws up an inventory:

- Regulations influencing the development of bio-based materials,
- Their technical and commercial development (based on a list of pre-selected materials),
- Tools and methods available to certify the environmental performance of bio-based products

In addition, a critical analysis of several life cycle analysis cases was conducted in order to draw lessons on the environmental performance of biobased materials.

The study led to the organization of three workshops (one per application sector) with all the actors of the value chains in order to:

- Identify the favorable and unfavorable conditions for the development of biobased materials,
- develop recommendations for manufacturers on the points of attention on which to target future efforts to enable the integration and widespread use of biobased materials.

These workshops led to the production of 14 action sheets and a decision tree to support buyers in their procurement of biobased materials.

KEY WORDS

Biobased, Biomass, Natural Fibers, Biopolymers, Markets, Products, End of life, Environmental Impact, Measures, Regulations, Development perspectives, Materials, polymers, fibers, bio-based, end-of-life, transport, building, packaging

SOMMAIRE

Table des matières

A. Objectifs.....	6
B. Programme de travail.....	7
C. Phase 1 : Réalité de marché, dynamique de développement et potentiel d'utilisation.....	7
C.1 Contexte réglementaire, des politiques publiques et normes et définitions associées.....	7
Bâtiment.....	8
Transport.....	13
Emballage.....	16
C.2 Présentation détaillée des matériaux biosourcés et de leurs avantages d'usage.....	23
Acide polylactique (PLA).....	24
Polyéthylène biosourcé (PE).....	26
Polypropylène biosourcé (PP).....	28
PolyÉthylène Téréphtalate biosourcé (PET).....	29
PolyHydroxyAlcanoate (PHA).....	31
Résines à base d'amidon.....	34
Polyuréthanes biosourcés (PU).....	36
Isolants fibres de bois.....	38
Ouate de cellulose.....	40
Isolants souples biosourcés hors bois.....	42
Béton de chanvre.....	43
Béton de bois.....	45
Panneaux de particules allégés.....	47
Wood Plastic Composite.....	48
Pièces plastiques injectées renforcées en fibres végétales.....	49
Pièces thermocompressées à base de non-tissés.....	50
Composites à base de fibres continues et matrices biosourcées.....	51
C.3 Synthèse : dynamiques de marché & taux de pénétration associés.....	53
D. Phase 2 : Evaluation du caractère biosourcé des matériaux : outils de mesure et garanties.....	55
D.1 Etat des lieux des méthodes de mesure du caractère biosourcé des matériaux.....	55
Les normes.....	55
Labels correspondants.....	57
D.2 Etat de l'art des principaux outils utilisés afin d'évaluer totalement ou partiellement l'impact environnemental des matériaux biosourcés.....	59
Les bases de données (BDD) et les analyses du cycle de vie (ACV).....	59
Les labels.....	64
Les autres outils à disposition.....	77
Les éléments à considérer sur la fin de vie.....	78
D.3 Synthèse de la phase 2.....	95
E. Phase 3 : Analyse critique des performances environnementales des matériaux biosourcés et traduction en procédures d'achats pour les industriels.....	96
E.1 Introduction.....	96
Le choix de cas d'étude ACV.....	96
Distinctions entre le secteur du bâtiment et les 2 autres secteurs.....	97
E.2 Bâtiment.....	98
Introduction.....	98
Les revêtements de sol.....	102
Les isolants thermiques.....	105
Les blocs de béton.....	108
Conclusion sur les trois cas d'étude « Bâtiment ».....	110
E.3 Transport.....	111
Objectifs des études.....	111
Description des produits étudiés.....	112
Périmètre de l'étude et unité fonctionnelle (UF).....	112
Methodologie.....	115
Résultats.....	121
Analyses de sensibilité et d'incertitude le cas échéant.....	125
Conclusions sur les trois cas d'étude « Transport ».....	128
E.5 Emballage.....	130

Objectif des études.....	130
Description des produits étudiés	131
Périmètre de l'étude et unité fonctionnelle (UF).....	132
Méthodologie	135
Résultats 138	
Analyses de sensibilité	140
Conclusions sur les trois cas d'étude « Emballage ».....	142
E.6 Conclusion et enseignements	144
F. Conditions de développement des matériaux biosourcés et recommandations liées	144
F.1 Bâtiment.....	144
Rappel du contexte de ce secteur.....	144
Enjeux clés identifiés en attentes de préconisations.....	145
Elaboration des recommandations.....	145
F.2 Transport	149
Rappel du contexte de ce secteur.....	149
Enjeux clés identifiés en attentes de préconisations.....	149
Elaboration des recommandations.....	149
F.3 Emballage.....	155
Rappel du contexte de ce secteur.....	155
Enjeux clés identifiés en attentes de préconisations.....	155
Elaboration des recommandations.....	155
F.4 Conclusions	158
G. Bibliographie.....	162
Etudes et publications	162
Sites internet consultés	162
H. Sigles, acronymes et abréviations.....	164
H.1 Sigles et acronymes	164
H.2 Abréviations	165

A. Objectifs

Le Réseau Coopératif de Recherche sur les Déchets et l'Environnement (RECORD) est un réseau original associant des industriels, des organismes publics et des chercheurs. C'est un lieu privilégié d'échanges ainsi qu'un outil de veille technologique et scientifique dédié à la connaissance, à l'évaluation des impacts sanitaires, environnementaux, économiques et sociaux des filières, et au développement de filières de valorisation et de traitement des déchets liés.

RECORD est amené à constater que la production de matériaux biosourcés¹ :

- Connaît une forte croissance depuis quelques années,
- Bénéficie d'un cadre législatif en faisant la promotion, notamment au travers de la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) ou de Stratégie Nationale de la Bioéconomie (SNB) qui vise à développer l'usage du carbone renouvelable dans une logique de substitution des produits fossiles par des produits biosourcés.

L'usage de ressources renouvelables, associé à des performances équivalentes ou supérieures à celles de l'offre traditionnelle, en font des concurrents sérieux aux produits d'origine pétrosourcée. Les marchés des secteurs du bâtiment, des transports et de l'emballage sont particulièrement intéressés par ces nouvelles alternatives : béton de chanvre dans les bâtiments, intégration de fibres de lin dans les portières de voitures, en passant par l'utilisation de PET biosourcé pour les bouteilles d'eau minérale ou de PLA pour les pots de yaourts, les applications de ces nouvelles matières sont multiples.

Néanmoins, pour que ces matériaux puissent réellement intégrer ces marchés, il faut en assumer toutes les contraintes, dont celle d'avoir un impact environnemental le plus faible possible, et cela sur l'ensemble du cycle de vie :

- En début de chaîne concernant le choix de la matière première (incluant son mode de production),
- En milieu de chaîne avec des matériaux processables sous contrainte industrielle (si possible avec des processus les plus respectueux de l'environnement),
- Ou en fin de vie en ayant des matériaux qui sont en adéquation avec les filières de collecte et de traitement en place (recyclage, valorisation énergétique et compostage).

La France s'est engagée, notamment au travers de la Loi de Transition Energétique Pour la Croissance Verte (LTECV) ainsi que l'Accord de Paris sur le climat (COP 21), à réduire drastiquement ses émissions de gaz à effets de serre et à œuvrer pour un développement économique respectueux de l'environnement. Les produits biosourcés sont distinctement identifiés pour répondre à ces enjeux, notamment dans le secteur du bâtiment. Ainsi, l'article 14 de la LTECV reconnaît que : « L'utilisation des matériaux biosourcés concourt significativement au stockage de carbone atmosphérique et à la préservation des ressources naturelles. Elle est encouragée par les pouvoirs publics lors de la construction ou de la rénovation des bâtiments. ». L'article 144 de la LTECV facilite également l'accès des produits biosourcés dans les commandes publiques puisque la performance environnementale des produits est désormais prise en compte lors des processus de sélection. **Encore reste-t-il à prouver que les produits biosourcés sont meilleurs pour l'environnement, ou s'insèrent dans les filières de gestion de la fin de vie des matériaux..., questions de fond qui motivent la réalisation de la présente étude.**

En effet, plus récemment les matériaux biosourcés ont fait l'objet de critiques quant aux doutes qui peuvent subsister sur leurs performances environnementales. Sans que cette liste ne soit exhaustive on peut citer :

- Le rapport 2019 de Greenpeace : « Bioplastics – the latest form of greenwashing »,²
- ... ou l'expérimentation médiatisée de l'Université de Plymouth³ remettant en cause la fiabilité en conditions réelles des certifications sur la biodégradabilité et le compostage des sacs plastiques.

L'objectif de cette étude est de clarifier les conditions de déploiement des matériaux biosourcés et tout particulièrement la réalité des assertions environnementales liées, afin de créer les conditions d'une attractivité durable et robuste de ces solutions par l'ensemble des acteurs amenés à les utiliser, que ce soit des industriels, des organismes publics ou des particuliers.

¹ Biosourcé / Matériau biosourcé : qui est entièrement ou partiellement issu de biomasse (tels que végétaux, animaux, algues, etc.). Il est normalement caractérisé par sa teneur en carbone biosourcé ou par sa teneur en biomasse. Un produit peut être un matériau de construction, un produit chimique intermédiaire, un produit prêt à être utilisé au quotidien, etc. (ADEME, 2019)

² « [Bioplastics – the latest form of greenwashing](#) », 2019, Greenpeace, ²

³ <https://www.european-bioplastics.org/university-of-plymouth-study-misleads-on-value-of-biodegradable-and-compostable-plastics/>

La réalisation de cette mission s'est appuyée sur les quatre objectifs clefs suivants :

1. Décrire la réalité de marché des matériaux biosourcés, leur dynamique de développement et leur potentiel de substitution tout particulièrement dans le domaine du bâtiment, des transports et de l'emballage.
2. Evaluer le caractère biosourcé des matériaux mis sur le marché (et les méthodes de cette caractérisation) ainsi que les garanties apportées en matière d'écoconception et de communication associée.
3. Réaliser une analyse critique des performances environnementales des matériaux biosourcés et la traduire en procédures d'achats.
4. Conclure sur les conditions de développement des matériaux biosourcés et recommandations liées.

B. Programme de travail

Pour parvenir aux résultats escomptés, les travaux se sont reposés sur une méthodologie structurée en 4 étapes séquentielles :

- Une phase 1 portant sur la présentation des matériaux biosourcés, leur réalité de marché, leur dynamique de développement... ou leur potentiel de substitution.
- Une phase 2 visant à évaluer le caractère biosourcé des matériaux mis sur le marché (et les méthodes de cette caractérisation) ainsi que les garanties apportées en matière d'écoconception.
- Une phase 3 portant sur l'analyse critique des performances environnementales des matériaux biosourcés et leur traduction en procédures d'achats pour les industriels.
- Une phase 4 permettant de conclure sur les conditions de développement des matériaux biosourcés (impliquant des ateliers avec des professionnels) et de formaliser des recommandations opérationnelles pour les 3 secteurs ciblés.

C. Phase 1 : Réalité de marché, dynamique de développement et potentiel d'utilisation

Cette partie permet d'actualiser l'état des développements et des mises sur le marché des matériaux biosourcés, en se basant sur :

- *Une présentation du contexte réglementaire, des politiques publiques et normes et définitions associées,*
- *Une présentation détaillée des matériaux biosourcés et de la réalité des avantages liés à leur usage,*
- *La mise en perspective des dynamiques de marché, des taux de pénétration associés, des perspectives d'utilisation des matériaux biosourcés ... ou des freins liés à leur utilisation.*

C.1 Contexte réglementaire, des politiques publiques et normes et définitions associées

Les matériaux biosourcés s'inscrivent dans un cadre réglementaire qui favorise leur développement, mais aussi le contraint. Ce cadre réglementaire est très varié, il peut prendre plusieurs formes, toucher plus ou moins directement les matériaux biosourcés et peut concerner un ou plusieurs secteurs à la fois. Les différentes réglementations et politiques publiques pouvant avoir un impact sur le développement des matériaux biosourcés ont été ici identifiées et analysées quant à leur potentiel incitatif pour le développement des matériaux biosourcés. Les contraintes qu'elles font peser sur leur développement sont également évaluées, les parties suivantes de l'étude visant à évaluer le potentiel et les freins associés aux matériaux biosourcés pour répondre aux enjeux de ce contexte réglementaire.

Bâtiment

La principale réglementation pouvant avoir un impact sur l'adoption de matériaux biosourcés dans le secteur du bâtiment au niveau européen est la directive 2002/91/EC « the energy performance of buildings ¹ ». Les révisions successives de cette directive portent sur trois axes majeurs :

- L'obligation de standards d'évaluation de la performance énergétique des bâtiments et le renforcement des obligations associées avec les différentes révisions,
- L'obligation de « Nearly zero energy buildings » pour les bâtiments neufs,
- Des obligations de rénovation des bâtiments (obligation des Etats Membres à adopter une stratégie).

Ces mesures vont favoriser l'adoption de matériaux biosourcés qui ont souvent des performances d'isolation thermique supérieures. Cependant, les directives européennes ne prennent pas en compte l'intégralité du cycle de vie des bâtiments pour calculer leur impact environnemental, en particulier dans les « nearly zero-energy buildings » pour lesquels on ne prend pas en compte le stockage de carbone par les matériaux biosourcés et n'intègre pas les GES dans les méthodes de construction.

En France la loi ELAN (RE2020) va plus loin. Outre les performances énergétiques, elle prend en compte les émissions de GES sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment avec pour objectif de réduire l'empreinte carbone des bâtiments de 30 à 40% d'ici 2030. Cet aspect est particulièrement favorable aux matériaux biosourcés qui constituent des stocks de carbone. De plus la loi met en avant le confort thermique, à travers l'abaissement de l'indicateur BBio2, pour lequel les matériaux biosourcés à base de fibres végétales notamment obtiennent de meilleures performances. Le référentiel E+C (Energie Positive et Réduction Carbone), établi à la suite de la RT2012, permet une vision globale du bâtiment d'un point de vue de sa performance énergétique, de son empreinte carbone et de la qualité de l'air et permet de poser des exigences légales concernant les constructions.

Depuis 2012, le label bâtiment biosourcé met en avant les constructions à base de matériaux biosourcés avec différents niveaux de labellisation ayant pour objectif la promotion de ceux-ci sans pour autant d'obligations légales.

¹ https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en

² Le Bbio, ou Besoin Bioclimatique, est l'une des trois exigences de la RT 2012. Ce coefficient représente l'efficacité énergétique du bâti.

a) **Union Européenne : synthèse des réglementations s'appliquant aux matériaux biosourcés**

Loi cadre	Chaîne de valeur	Date de mise en œuvre	Principaux objectifs et enjeux de la loi	Impact concernant l'adoption de produit biosourcé	Normes et définition associés
Directive-cadre déchets 2008/98/CE Directive modificatrice (UE) 2018/851¹	Fin de vie	5 juillet 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Objectif de 70 % de valorisation des déchets de chantier en 2020 - Obligation de hiérarchisation dans le traitement des déchets : <ul style="list-style-type: none"> o Réparation en vue de la réutilisation o Recyclage o Valorisation des déchets organiques par retour au sol o Autres valorisations, notamment énergétique - l'élimination - Confirmation du « principe du pollueur-payeur » selon lequel le producteur de déchets initial doit supporter les coûts de la gestion des déchets et introduction du concept de « responsabilité élargie du producteur » 	- Les filières de recyclage des matériaux pour le bâtiment sont encore émergentes. Les premiers matériaux biosourcés arrivent à peine en fin de vie. L'anticipation de la gestion de leur fin de vie devient un sujet clé afin que la réglementation ne soit pas un frein à leur développement.	NA
DIRECTIVE 2002/91/EC the energy performance of buildings²	Performances énergétiques	2006	<ul style="list-style-type: none"> - Obligation de mettre en place une méthodologie des performances énergétiques des bâtiments et de mettre à disposition des certificats de performances énergétiques lors de la construction, vente ou location - Obligation de mettre en place des objectifs de performances énergétiques minimum de nouveaux bâtiments ou rénovation majeure 	- La mise en place d'indicateur de performances énergétiques et l'obligation « nearly zero-energy buildings » favorise d'adoption de matériaux biosourcés avec des performances isolantes supérieures.	NA
Directive 2010/31/EU the energy performance of buildings	Performances énergétiques	2021	<ul style="list-style-type: none"> - 2021 : tous les nouveaux bâtiments doivent être NZEB (nearly zero-energy buildings³), déjà en vigueur pour les bâtiments publics depuis janvier 2019 - Obligation d'affichage des certificats de performances énergétiques - Obligation de mettre en place des incitations et des aides financières 	- Définition des « nearly zero-energy buildings » qui ne prend pas en compte le stockage de carbone par les matériaux biosourcés dans la construction.	
Directive amending the Energy Performance of Buildings Directive (2018)	Performances énergétiques	2020	<ul style="list-style-type: none"> - Adopter une stratégie long terme (2030/2040/2050) révisée tous les 5 ans pour la rénovation des bâtiments - Prendre des mesures pour inciter et soutenir les investissements - Faire la promotion et sensibiliser les constructeurs et propriétaires aux « Energy performance certificats » - Nouveau cadre pour la méthodologie d'évaluation des performances énergétiques des bâtiment 		

¹ https://www.zeeland.nl/sites/zi-zeeland/files/final_-_eu_public_procurement_and_circular_biobased_construction_report_digitoegankelijk.pdf - P28

² https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en

³ <https://www.buildup.eu/en/news/overview-zero-energy-buildings-does-definition-influence-their-design-and-implementation#:~:text=In%20the%20recast%20Energy%20Performance,couvert%20to%20a%20very%20significant> - Art. 2

Loi cadre	Chaîne de valeur	Date de mise en œuvre	Principaux objectifs et enjeux de la loi	Impact concernant l'adoption de produit biosourcé	Normes et définition associés
Green Deal A Renovation Wave for Europe - greening our buildings, creating jobs, improving lives - plan stratégique (projet)¹	Performances énergétiques	2020	<ul style="list-style-type: none"> - Doubler le taux de rénovation au cours des dix prochaines années afin que ces rénovations mènent à une meilleure efficacité énergétique et des ressources - D'ici 2030, 35 millions de bâtiments rénovés et jusqu'à 160 000 emplois verts créés dans le secteur de la construction - Contribuer à la neutralité carbone 2050 - Elargir le marché des produits et services de construction durable et réviser la législation sur la commercialisation des produits de construction et les objectifs de réutilisation et de valorisation des matériaux 	<ul style="list-style-type: none"> - Favorise d'adoption de matériaux biosourcés avec des performances isolantes supérieures. - Certains matériaux biosourcés sont particulièrement bien adaptés à la rénovation du bâti ancien 	NA

Tableau 1 : Synthèse des réglementations impactant les matériaux biosourcés pour le bâtiment en Europe (RECORD, 2021)

¹ https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave_en et <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=160312220757&uri=CELEX:52020DC0662> et https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en

b) France : synthèse des réglementations s'appliquant aux matériaux biosourcés

Loi cadre	Chaîne de valeur	Date de mise en œuvre	Principaux objectifs et enjeux de la loi cadre	Impact sur l'adoption de produit biosourcé	Normes et définition associés
Décret n° 2012-518 du 19 Avril 2012 relatif au label bâtiment biosourcé	Matières premières Construction	Avril 2012	<ul style="list-style-type: none"> - Critères et définition d'un bâtiment construit à partir de matériaux biosourcés - Il existe 3 niveaux du label qui requièrent un taux minimal d'incorporation de matière biosourcée selon l'usage principal du bâtiment. On distingue trois types d'usage : « Maison individuelle », « Industrie /stockage/service transport » et « autres usage (bâtiment collectif d'habitation, bureaux, commerce, bâtiment agricole, etc.). Pour le niveau 1 il est exigé au moins deux produits de construction biosourcés appartenant ou non à la même famille et remplissant des fonctions différentes. Pour les niveaux 2 et 3 il est exigé l'utilisation d'au moins deux familles de produits de construction biosourcés différentes 	- Mesure qui vise à mettre en avant les matériaux biosourcés mais qui n'impose aucune obligation légale	Certification NF HQE (haute qualité environnementale) Certification NF HPE (haute performance énergétique) certification HQE Bâtiment Durable
Loi transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) (Décret n° 2016-1821 du 21 décembre 2016 Arrêté du 10 avril 2017)¹	Matières premières Construction	2021	<ul style="list-style-type: none"> - Incitation fiscale et incitation fiscale à la construction de bâtiments à énergie positive (BEPOS) - Obligation d'exemplarité de l'état et des bâtiments publics du point de vue énergétique et environnemental 	- Favorise d'adoption de matériaux biosourcés avec des performances isolantes supérieures	
Loi ELAN (évolution du logement, de	Matières premières Construction	Janvier 2022	- Bâtiment tertiaire (>1000m ²) : réduction des consommations d'énergie finale d'au moins 40% dès 2030 puis de 50% en 2040 et 60% en 2050 par rapport à 2010 ²	- Favorise d'adoption de matériaux biosourcés avec des	

¹¹ <https://www.cohesion-territoires.gouv.fr/loi-relative-la-transition-energetique-pour-la-croissance-verte-tepcv#:~:text=La%20loi%20de%20transition%20C3%A9nerg%C3%A9tique,%C3%A9nergie%20C3%A0%20des%20co%C3%BBts%20comp%C3%A9titifs> et <https://www.cohesion-territoires.gouv.fr/loi-relative-la-transition-energetique-pour-la-croissance-verte-tepcv#:~:text=La%20loi%20de%20transition%20C3%A9nerg%C3%A9tique,%C3%A9nergie%20C3%A0%20des%20co%C3%BBts%20comp%C3%A9titifs> et <https://www.monpetitforfait.com/energie/aides/bepos-batiments-energie-positive>

² <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ugjvgAE-IcUJ:https://www.actu-environnement.com/ae/news/Renovation-performance-energetique-loi-Elan-adoptee-32207.php4+&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=fr>

Loi cadre	Chaîne de valeur	Date de mise en œuvre	Principaux objectifs et enjeux de la loi cadre	Impact sur l'adoption de produit biosourcé	Normes et définition associés
l'aménagement, et du numérique)			- Opposabilité du diagnostic de performance énergétique	performances supérieures	isolantes
Loi ELAN - nouvelle Réglementation thermique et Environnementale (RE 2020) – décret en cours d'adoption¹	Matières premières Construction	Janvier 2022	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction de l'empreinte carbone des bâtiments de 30 à 40% d'ici 2030 - Exigences légales sur la qualité de l'air intérieur ainsi que sur le niveau d'empreinte carbone à respecter sur la base du référentiel E+C-² - Prise en compte des émissions de gaz à effet de serre sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment - Prise en compte du confort thermique bâtiment à travers l'abaissement de l'indicateur BBio 	<ul style="list-style-type: none"> - Prise en compte des matériaux dans l'ACV des bâtiments très favorable aux matériaux biosourcés qui constituent des stocks de carbone. La construction et la démolition représentent en effet 50 à 60 % de l'empreinte carbone d'un bâtiment - Prise en compte du confort d'été, favorable aux matériaux biosourcés à base de fibres végétales qui possèdent de meilleures performances sur cet aspect 	
Loi AGECE du 10 février 2020	Fin de vie	1 ^{er} janvier 2022	<ul style="list-style-type: none"> - 2022 création d'une filière pollueur-payeur pour le secteur bâtiment : la nouvelle loi a en effet ajouté les produits ou matériaux de construction du bâtiment dans le champ d'application de la REP, créant ainsi une filière REP pour le BTP. - Reprise gratuite des déchets des professionnels du bâtiment par les déchetteries, s'ils sont triés. 		

Tableau 2 : Synthèse des réglementations impactant les matériaux biosourcés pour le bâtiment en France (RECORD, 2021)

¹ <https://www.weblex.fr/weblex-actualite/loi-elan-focus-sur-la-renovation-energetique-des-batiments> et <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:laxtuCnRD-EJ:https://leshorizons.net/re2020-materiaux-biosources/+&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=fr> et <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ugjvgAE-lcUJ:https://www.actu-environnement.com/ae/news/Renovation-performance-energetique-loi-Elan-adoptee-32207.php4+&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=fr> et <https://www.actu-environnement.com/ae/news/Batiments-neufs-loi-Elan-reglementation-environnementale-2020-32472.php4> et <https://www.lemondedelenergie.com/re-2020-carbone-gouvernement/2020/12/18/>

² Indicateurs relatifs au bilan énergétique et à la performance environnementale du bâtiment sur l'ensemble de son cycle de vie, notamment au regard des émissions de gaz à effet de serre

Transport

La réglementation européenne CAFE 21 fixe désormais à partir du 1^{er} Janvier 2021 un objectif de 95 g de CO₂/km pour les émissions moyennes du parc automobile européen concernant les voitures particulières neuves. Cet objectif est de 81 g/km pour 2025 et 59 g/km pour 2030. Cependant en réalité, chaque constructeur a son propre objectif qui est déterminé en fonction du poids de sa flotte de véhicule ce qui pose un biais puisque plus le parc automobile d'un constructeur est lourd au départ plus le seuil d'émission à ne pas dépasser reste élevé par rapport aux autres constructeurs.

Cette réglementation tend à favoriser l'emploi de matériaux biosourcés et notamment des composites à base de fibres végétales qui permettent un allègement des pièces (jusqu'à moins 40 %) et donc une réduction de la consommation de carburant. Toutefois, cette incitation à l'emploi de matériaux biosourcés est à relativiser. La réglementation et ses objectifs très exigeants en termes d'émission de CO₂ tendent clairement à inciter à l'électrification des motorisations.

Les directives 2005/64 et 2000/53 traitent de la gestion de fin de vie des Véhicules Hors d'Usage (VHU), en effet un VHU doit être réutilisable et/ou recyclable à au moins 85 % en masse et réutilisable et/ou valorisable à 95 % en masse de celui-ci. De plus, elles encadrent la prise en charge des VHU par des centres agréés. Cette directive est aujourd'hui un frein à l'utilisation de matériaux biosourcés. En effet, les matériaux biosourcés utilisés de type composites fibres végétales ne font pas l'objet aujourd'hui de filières de recyclage.

a) **Union Européenne : synthèse des réglementations s'appliquant aux matériaux biosourcés**

Loi cadre	Chaîne de valeur	Date de mise en œuvre	Principaux objectifs et enjeux de la loi cadre	Impact concernant l'adoption de produit biosourcé	Normes et définition associés
Regulation (EU) 2019/631 Réglementation CAFE 21	Production	01/2021	<ul style="list-style-type: none"> - Objectif à l'échelle du parc de l'UE de 95 g de CO₂/km pour les émissions moyennes des voitures particulières neuves immatriculées. Mais en réalité, chaque constructeur possède son propre objectif à respecter, individualisé. - 2021 chaque véhicule émettant moins de 50 g/km de CO₂ comptera pour 1,67 véhicules dans le calcul du taux moyen d'émission du parc. - Objectifs : atteindre le seuil moyen de 81 g/km en 2025 et 59 g/km en 2030 	<p>Favorise les matériaux biosourcés de type composites fibres végétales qui permettent un allègement de la structure de 30% et donc une réduction de la consommation d'essence</p> <p>L'électrification est toutefois la solution majeure pour pouvoir éviter les pénalités associées à la réglementation</p>	NA
Directive homologation recyclage 2005/64	Fin de vie	2006	<ul style="list-style-type: none"> - Les véhicules doivent être réutilisables et/ou recyclables au minimum à 85 % en masse, et réutilisables et/ou valorisables au minimum à 95 %. Le respect de ces exigences est contrôlé lors de la réception par types des véhicules, c'est-à-dire leur homologation 	Réglementation qui est un frein à l'adoption de matériaux biosourcés. Les matériaux composites à base de fibres végétales utilisés dans le transport ne font pas l'objet aujourd'hui de filière de recyclage.	NA
Directive 2000/53/CE du 18 septembre 2000 (VHU1)	Fin de vie	2002	<ul style="list-style-type: none"> - Fixe les objectifs à atteindre en termes de performances environnementales : un taux minimum de réutilisation et de recyclage de 85 % en masse du VHU ; un taux minimum de réutilisation et de valorisation de 95 % en masse du VHU. - Prévoit également que la remise d'un VHU à une installation de traitement se réalise sans aucun frais pour le dernier détenteur. 		NA
Directive (UE) 2018/849 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 modifiant la directive 2000/53/CE relative aux véhicules hors d'usage	Fin de vie	2018	<ul style="list-style-type: none"> - Homogénéisation et reconnaissance (certificat) de la gestion de la fin de vie entre Etats membres. - Droit à la commission d'adopter des actes délégués en fonction des progrès techniques et scientifiques 		NA

Tableau 3 : Synthèse des réglementations impactant les matériaux biosourcés pour le transport en Europe (RECORD, 2021)

b) France : synthèse des réglementations impactant les matériaux biosourcés

Loi cadre	Chaîne de valeur	Date de mise en œuvre	Principaux objectifs et enjeux de la loi cadre	Impact concernant l'adoption de produit biosourcé	Normes et définition associés
Code de l'environnement (les articles R.543-153 et suivants)	Fin de vie	2007	<ul style="list-style-type: none"> - Facilite la prise en charge des VHU par des centres agréés - Arrêté du 14 avril 2020 qui simplifie la procédure et les formalités des agréments des exploitants tout en garantissant un niveau élevé de protection de l'environnement - Obligation de dépolluer les véhicules afin de broyer et séparer les matières restantes pour les recycler 	<p>Application nationale de la réglementation européenne</p> <p>Réglementation qui est un frein à l'adoption de matériaux biosourcés. Les matériaux composites à base de fibres végétales utilisés dans le transport ne font pas l'objet aujourd'hui de filière de recyclage.</p>	NA
Loi de transition énergétique pour la croissance verte du 17 août 2015 (cf. article 224-67 du Code de la consommation)	Fin de vie	01/2017	- 2017 les consommateurs doivent être informés de l'existence de pièces de rechange issues de l'économie circulaire lors de la réparation ou de l'entretien de leur véhicule	NA	NA

Tableau 4 : Synthèse des réglementations impactant les matériaux biosourcés pour le transport en France (RECORD, 2021)

Emballage

Les réglementations sur l'utilisation des emballages en plastique

Au niveau européen l'utilisation des emballages (notamment ceux en plastiques) est encadrée par deux directives principales :

- La directive 2015/720, qui vise une diminution de la consommation des sacs en plastique d'une épaisseur inférieure à 50 microns avec pour objectif d'ici 2025 une réduction de 80 % par rapport à 2010,
- La directive 2019/904 sur les produits plastiques à usage unique (dite « single use directive ») qui interdit désormais les plastiques de types coton-tige, pailles, couverts, contenant alimentaire en polystyrène expansé etc. et les sacs plastiques oxodégradables d'ici juillet 2021.

Dans les deux cas, la réglementation européenne comprend des exceptions qui recouvrent une partie des matériaux biosourcés :

- La directive 2015/720 prévoit la mise en place d'un standard européen commun pour les sacs plastiques biodégradables en conditions domestiques. Deux standards ont aujourd'hui été publiés (2020) après deux ans de retard par rapport au délai (2018) de mise en œuvre de la directive par les Etats membres. Ces standards n'ont toutefois toujours pas été adoptés :
 - **EN 17427** : Packaging — Requirements and test scheme for carrier bags suitable for treatment in well-managed home composting installations,
 - **EN 17428** : Packaging — Determination of the degree of disintegration under simulated home composting conditions.

Les matériaux biosourcés permettant de produire des sacs plastiques répondant à ces standards devront donc être clairement favorisés par cette directive. A noter que certains Etats membres ont déjà adopté des exceptions pour les sacs plastiques biodégradables en conditions domestiques sur la base de standards nationaux ou d'organismes certificateurs tiers¹.

- La directive 2019/904 (« single use directive) prévoit une exception à l'interdiction des produits plastiques à usage unique visé. Les produits en polymères « naturels » ne seront pas interdits. Le texte définit ces polymères naturels comme des polymères qui résultent d'un processus de polymérisation qui s'est produit dans la nature, indépendamment du processus d'extraction par lequel ils ont été extraits.". Face à l'imprécision d'une telle définition, la Commission Européenne a mandaté la publication de guides pour soutenir et préciser la mise en œuvre de la directive au niveau des Etats membres. **Ainsi ce guide réaffirme clairement que les plastiques biosourcés ne sont pas des polymères naturels et ne font pas exception à l'interdiction².** S'il pouvait encore exister un débat sur le statut d'un polymère comme le PHA, celui-ci a été tranché et le PHA n'est pas considéré comme un polymère naturel et ne fait pas exception à l'interdiction. Par ailleurs le guide précise que les produits à usage unique à base de papier ou de carton munis d'un revêtement intérieur ou extérieur en plastique sont partiellement constitués de plastique et entrent dans le champ d'application de la directive". L'obligation de 25 % de matières recyclées dans les bouteilles en plastique devrait être élargie. Des discussions sont en cours pour que cette obligation comprenne la possibilité d'incorporer 25 % de polymères biosourcés³.

Les réglementations sur la fin de vie des emballages en plastique

Concernant la fin de vie des emballages, l'Europe fixe des objectifs progressifs par la directive 2018/852 en termes de recyclage. Les seuils sont fixés à 65% en poids tout emballages confondus qui seront recyclés d'ici 2025 et 70 % pour 2030. Des seuils pour chaque type de matériaux sont fixés notamment pour le plastique qui est de 50 % pour 2025 et 55 % pour 2030. Cette directive devrait avoir un impact contrasté sur l'adoption de matériaux biosourcés en fonction du type de matériaux biosourcés :

- Les polymères biosourcés avec des structures chimiques identiques aux matériaux pétrosourcés devraient se développer sous l'effet de la directive. En effet, ils font déjà pour partie de filière de recyclage et seront privilégiés par les acteurs afin de remplir les objectifs légaux. Les filières étant amenées à se développer (du tri à la source aux solutions technologiques permettant d'accroître les

¹ https://surfrider.eu/wp-content/uploads/2020/07/make_it_right.pdf

² [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021XC0607\(03\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021XC0607(03)&from=EN)

³ <https://www.european-bioplastics.org/guidance-on-single-use-plastics-directive-european-commission-to-stick-to-its-timeline/>

débouchés), le taux de recyclage de ce type de polymère biosourcé devrait croître en parallèle et voir ainsi améliorer sa performance environnementale.

- Par contraste, les polymères biosourcés ayant des structures chimiques différentes sont encore pour la plupart émergents et ne font pas l'objet à ce jour de filière de recyclage. Les acteurs seront donc moins enclins à adopter ces matériaux tant que des filières de recyclage ne seront pas établies. Le montage de filières de recyclage pour les matériaux biosourcés dépendra soit de leur capacité à se substituer à des matériaux difficilement recyclables soit de l'atteinte de seuils technico-économiques (volumes de plastiques consommés) justifiant l'investissement dans une filière de recyclage.

La directive rend également obligatoire la mise en place d'une collecte des biodéchets d'ici fin 2023 pour les Etats membres qui auront la possibilité d'organiser la collecte conjointe des déchets présentant des propriétés de biodégradabilité et de compostabilité semblables et conformes aux normes européennes. Cela tend donc à favoriser le développement des produits biosourcés compostables industriellement et domestiquement qui pourront s'intégrer dans cette voie de fin de vie. Cette possibilité devrait être toutefois limitée à certaines utilisations (sac de biodéchet) de ces matériaux, car les matériaux plastiques biosourcés compostables industriellement ou domestiquement n'apportent pas de valeurs agronomiques au compost ni de pouvoir méthanogène en méthanisation (constats qui sont encore toutefois sujets parfois à débats), qui sont les deux principales voies de valorisation des biodéchets.

En France, les lois suivent les directives européennes en termes de réduction de l'utilisation des emballages, des SUP (single use plastic product) et de la gestion de la fin de vie avec parfois des objectifs parfois plus élevés comme pour la Loi AGECE où il est question d'ici 2025 d'atteindre 100 % de plastique recyclé (loi AGECE, article 5). La France prévoit " la fin de la mise sur le marché d'emballages en plastique à usage unique d'ici à 2040 " (AGECE, article 7).

a) **Union Européenne : synthèse des réglementations s'appliquant aux matériaux biosourcés**

Loi cadre	Chaîne de valeur	Date de mise en œuvre	Principaux objectifs et enjeux de la loi cadre	Impact concernant l'adoption de produit biosourcé	Normes et définition associés
DIRECTIVE (EU) 2015/720 - amending Directive 94/62/EC as regards reducing the consumption of lightweight plastic carrier bags¹⁷	Utilisation des matériaux	2018/2019	Réduire la consommation de sacs en plastique d'une épaisseur inférieure à 50 microns (0,05 millimètre) dans l'Union Européenne. Il existe une exemption pour les sacs très légers, destinés à la protection des produits frais. Les mesures doivent inclure l'un des éléments suivants ou les deux : <ol style="list-style-type: none"> Définissant un niveau de consommation annuel maximal de : <ul style="list-style-type: none"> 90 sacs en plastique légers par personne d'ici fin 2019 (une réduction de 50% par rapport à 2010) 40 sacs en plastique légers par personne d'ici fin 2025 (une réduction de 80 % par rapport à 2010) Veiller à ce que d'ici la fin de 2018, les sacs en plastique légers ne soient pas fournis gratuitement au point de vente des marchandises ou des produits 	Exception prévue pour les sacs plastiques biodégradables en condition domestique Demande de la Commission Européenne pour la mise en place d'un standard européen sur la biodégradabilité des sacs plastiques en conditions domestiques afin de les différencier clairement des sacs biodégradables en conditions industriels et répondant à la norme EN 13432 Standards publiés en 2020 mais non encore adoptés Rapport sur l'impact de directive dans les EM prévu fin 2021	EN 17427 EN 17428 (Publiées mais non adoptées)
Directive (UE) 2019/904 du Parlement Européen et du Conseil du 5 juin 2019 relative à la réduction de l'incidence de certains produits en plastique sur l'environnement	Utilisation des matériaux et fin de vie	2021-2025	<ul style="list-style-type: none"> Interdiction des pailles, des couverts et assiettes, les touillettes à café, les tiges pour ballons, les cotons-tiges Collecte de 90 % des bouteilles en plastique d'ici 2029 – obligation de contenir 25% de plastiques recyclé en 2025 Responsabilité élargie des producteurs (REP) pour les récipients de la restauration rapide Interdiction des sacs plastiques oxodégradable en juillet 2021 	Exception pour les produits en « polymères naturels » mais qui ne comprend pas les plastiques biosourcés. Les papiers et cartons sont considérés comme des polymères naturels s'ils ne sont pas munis d'un revêtement intérieur ou extérieur en plastique.	NA
Directive (UE) 2018/852 du Parlement Européen et du Conseil du 30 mai 2018 modifiant la directive 94/62/CE relative aux emballages	Fin de vie	2020	<ul style="list-style-type: none"> Objectif 2025 : au minimum 65 % en poids de tous les déchets d'emballages seront recyclés 2025 : objectifs minimaux de recyclage pour les matières spécifiques suivantes contenues dans les déchets d'emballages 50 % en poids pour le plastique ; 25 % en poids pour le bois ; 70 % en poids pour les métaux ferreux ; 50 % en poids pour 	Favorise les plastiques biosourcés ayant des structures identiques aux plastiques pétrosourcés et qui font déjà l'objet de filières de recyclage, lesquelles devraient voir leur développement s'accélérer avec la directive.	NA

¹⁷ https://ec.europa.eu/environment/waste/packaging/plastic-bags-directive_en.htm et <https://epthinktank.eu/2017/01/17/plastic-bags-eus-response-to-reducing-consumption/> et https://surfrider.eu/wp-content/uploads/2020/07/make_it_right.pdf

Loi cadre	Chaîne de valeur	Date de mise en œuvre	Principaux objectifs et enjeux de la loi cadre	Impact concernant l'adoption de produit biosourcé	Normes et définition associés
et aux déchets d'emballages			<p>l'aluminium ; 70 % en poids pour le verre ; 75 % en poids pour le papier et le carton</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2030 : au minimum 70 % en poids de tous les déchets d'emballages seront recyclés - 2030 : objectifs minimaux de recyclage pour les matières spécifiques contenues dans les déchets d'emballages : 55 % en poids pour le plastique ; 30 % en poids pour le bois ; 80 % en poids pour les métaux ferreux ; 60 % en poids pour l'aluminium ; 75 % en poids pour le verre ; 85 % en poids pour le papier et le carton 	Lorsque le calcul du taux de recyclage est appliqué au traitement aérobique ou anaérobique des déchets d'emballages biodégradables, la quantité de déchets soumis au traitement aérobique ou anaérobique peut être considérée comme recyclée lorsque le résultat de ce traitement est utilisé comme produit, substance ou matière recyclée	
Paquet Economie circulaire : directive (UE) 2018/851 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 modifiant la directive 2008/98/CE relative aux déchets	Fin de vie	2023	<ul style="list-style-type: none"> - Objectif de réemploi et du recyclage des déchets municipaux de 55 % en 2025, 60 % en 2030 et de 65 % en 2035. - Obligation de mettre en place une collecte séparée des biodéchets d'ici 2023 - Collecte séparée pour les déchets dangereux et textiles - Obligation de la mise en place de filière à responsabilité élargie pour les producteurs d'emballages - Obligation de ne plus admettre en décharge les déchets susceptibles d'être recyclés ou valorisés à compter de 2030 	<p>L'obligation de collecte séparée des biodéchets permet d'envisager une fin de vie des plastiques biosourcés biodégradables en compostage ou méthanisation et tend donc à les favoriser</p> <p>Toutefois seules certaines applications sont recommandées par les autorités publiques pour cette fin de vie, comme celles permettant l'augmentation des volumes de biodéchets collectés</p>	NA
Réglementation de la Commission Européenne sur les « essential requirements » pour les emballages et déchets d'emballages	Fin de vie	En cours – étude sur la faisabilité des mesures en 2020 ¹⁸	<ul style="list-style-type: none"> - La réglementation vise à assurer la réduction de la production de déchets d'emballages, notamment en réduisant les (sur)emballages. Elle ambitionne des exigences plus claires et plus applicables au niveau de l'UE en matière d'emballages, qui seront révisées pour favoriser la conception en vue de la réutilisation et du recyclage des emballages et empêcher la croissance continue de la production de déchets d'emballages. - Parmi les autres mesures qui seront également examinées dans le cadre de cette initiative, on peut citer 	<p>Réglementation en cours d'étude</p> <p>L'exigence de recyclabilité pourrait être un frein à l'adoption des polymères biosourcés avec des structures non identiques aux polymères pétrosourcés et pour lesquels il n'y a pas de filières de recyclage existante.</p>	NA

¹⁸ Effectiveness of the Essential Requirements for Packaging and Packaging Waste and Proposals for Reinforcement Final Report and Appendices, European Commission; March 2020

Loi cadre	Chaîne de valeur	Date de mise en œuvre	Principaux objectifs et enjeux de la loi cadre	Impact concernant l'adoption de produit biosourcé	Normes et définition associés
			<ul style="list-style-type: none"> ○ Exiger que tous les emballages soient réutilisables ou recyclables et fournir une définition exécutoire de l'emballage recyclable ; ○ Limiter l'utilisation de certains matériaux d'emballage à certaines applications, en particulier lorsque d'autres produits ou systèmes réutilisables sont possibles ou les biens de consommation peuvent être manipulés en toute sécurité sans emballage ; ○ Réduire la complexité des matériaux d'emballage, y compris le nombre de matériaux et de polymères utilisés ; ○ Introduire des objectifs de contenu recyclé pour des formats d'emballage spécifiques ; ○ Introduction de critères et d'objectifs minimums obligatoires en matière de marchés publics écologiques (MPE) pour les emballages. 		

Tableau 5 : Synthèse des réglementations impactant les emballages biosourcés au niveau Européen (RECORD, 2021)¹⁹

¹⁹ <https://blog.landot-avocats.net/2018/07/02/dechets-4-nouvelles-directives-paquet-economie-circulaire-au-joue/> et https://ec.europa.eu/environment/waste/target_review.htm et <https://ec.europa.eu/environment/waste/packaging/legis.htm>

b) France : synthèse des réglementations s'appliquant aux matériaux biosourcés

Loi cadre	Chaîne de valeur	Date de mise en œuvre	Principaux objectifs et enjeux de la loi cadre	Impact concernant l'adoption de produit biosourcé	Normes et définition associées
Loi transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) : - Loi n° 2015-992 du 17 août 2015 - Décret n° 2016-1170 du 30 août 2016	Utilisation des matériaux	1er janvier 2020	Interdiction de certains produits plastiques à usage unique : - 2017 : les sacs en matières plastiques à usage unique destinés à l'emballage de marchandises au point de vente autres que les sacs de caisse - 2020 : interdiction de la mise à disposition des gobelets, verres et assiettes jetables de cuisine pour la table en matière plastique.	Exemption d'interdiction pour les gobelets, verres et assiettes qui répondent aux exigences de la norme française homologuée relative aux spécifications pour les plastiques aptes au compostage domestique et teneur minimale biosourcé : 50 % à partir du 1er janvier 2020 et de 60 % à partir du 1er janvier 2025	Teneur en biosourcés : - Norme ISO 16620-2 - Norme CEN/TS 16640 (Contrôle de la teneur en matière biosourcée) Norme de compostage domestique : NF T51-800
Loi EGALIM²⁰ : - Loi n° 2018-938 du 30 octobre 2018 - Décret n° 2016-1170 du 30 août 2016 (modifié)	Utilisation des matériaux	1er janvier 2020 – reporté à 2021 pour certains produits	Elargissement de l'interdiction des produits plastiques à usage unique : pailles, couverts, piques à steak, couvercles à verre jetables, plateaux-repas, pots à glace, saladiers, boîtes et bâtonnets mélangeurs pour boissons	Exemption pour les plastiques biosourcés aptes au compostage domestique	Teneur en biosourcés : - Norme ISO 16620-2 - Norme CEN/TS 16640 (Contrôle de la teneur en matière biosourcée) Norme de compostage domestique : NF T51-800
Loi n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire -	Utilisation des matériaux	2021 /2022/2028	Interdiction de certains produits plastiques à usage unique : - Les récipients et gobelets en polystyrène expansé (boîte à kebab) - Les plastiques "oxo-fragmentables" autres que les sacs (déjà interdits) qui se désagrègent sans vraiment disparaître, tiges pour ballon, confettis	Pas d'exemption pour les plastiques biosourcés	NA

²⁰ EGALIM : Equilibre des relations commerciales dans le secteur agricole et alimentaire et une alimentation saine, durable et accessible à tous

Loi cadre	Chaîne de valeur	Date de mise en œuvre	Principaux objectifs et enjeux de la loi cadre	Impact concernant l'adoption de produit biosourcé	Normes et définition associés
Application nationale de la directive UE sur les plastiques à usage unique (SUP)			<ul style="list-style-type: none"> - 2022 : les sachets de thé et tisane et les jouets dans les menus enfants des fast-foods - Interdiction des films plastiques pour les fruits et légumes - 2028 Les microbilles dans les produits cosmétiques ou de nettoyage. - 2040 objectif non contraignant : Interdiction de l'ensemble des plastiques à usage uniques 		
LOI n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire	Fin de vie	2021	<ul style="list-style-type: none"> - Tendre vers 100 % de plastique recyclé d'ici 2025 - Fin de la mise sur le marché d'emballages en plastique à usage unique d'ici à 2040 - 2021, interdiction des pailles, couverts jetables, touillettes, des boîtes en polystyrène expansé dans la restauration rapide (type boîte kebab), de la distribution gratuite des bouteilles plastiques dans les entreprises, etc. L'indication du logo Triman, accompagné d'une information sur le geste de tri, devient obligatoire - 2022, interdiction des emballages en plastique pour les fruits et légumes de moins de 1,5 kg, obligation d'avoir des fontaines à eau dans les établissements recevant du public, etc. - 2022 harmonisations de l'information des consommateurs sur les caractéristiques environnementales des produits proposés à la vente. Il est notamment interdit de faire figurer sur un produit ou un emballage les mentions "biodégradable", "respectueux de l'environnement" ou toute autre mention équivalente. - 2023, interdiction de la vaisselle jetable dans la restauration rapide pour les repas servis sur place, etc. 	Pas d'exception pour les plastiques biosourcés	NA

Tableau 6 : Synthèse des réglementations impactant les emballages biosourcés en France (RECORD, 2021)

C.2 Présentation détaillée des matériaux biosourcés et de leurs avantages d'usage

Sélection des matériaux à étudier

Les matériaux biosourcés présentés ci-après ont été définis par le comité de pilotage de l'étude sur la base d'un critère de maturité de développement des matériaux :

- TRL8 c'est-à-dire que chacun des matériaux étudiés a fait l'objet de démonstration dans un environnement opérationnel,
- Ce critère se traduit par l'existence d'une première unité commerciale de production,
- Enfin, n'ont été sélectionnés que les matériaux innovants, ayant émergés ces 15 dernières années.

Sur la base de ces échanges la liste suivante des matériaux a été retenue :

Famille		Matériau	Matrice	Maturité
Plastiques biosourcés	Identique à des plastiques classiques	Copolyester semi-aromatique	Polytéréphtalate d'éthylène (PET)	TRL9
		Polyoléfines	Polyéthylène (PE)	TRL9
			Polypropylène (PP)	TRL9
	A structure nouvelle	Amidon	Amidon thermoplastique (ATP)	TRL 9
		Homopolyester aliphatique	Polyacide lactique (PLA)	TRL 9
			PHAs	TRL 9
Polyuréthanes		Polyols + poly-isocyanates	TRL9	
Matériaux biosourcés hors plastiques biosourcés	Isolants biosourcés	Isolants fibres de bois	Polyuréthane, paraffine	TRL 9
		Ouate de cellulose	NA	TRL 9
		Isolants souples biosourcés (hors bois)	PE, PLA..	TRL 9
	Bétons biosourcés	Béton de chanvre	Chaux	TRL 9
		Béton de bois	Ciment	TRL 9
	Panneaux biosourcés	Panneaux allégés	Résines urée-formaldéhydes	TRL9
	Composites biosourcés	Wood-Plastic Composite	PVC, PE, PP	TRL 9
		Pièce plastique injectée renforcée en fibres végétales	PP majoritairement	TRL 9
		Pièce thermocompressée à base de non-tissés (hors coton effiloché)	PP / PE	TRL 9
		Composite à base de fibres continues et matrices biosourcées	Polyester, Epoxy, PA..	TRL 9

na = non applicable

nc = non concerné

Tableau 7 : Liste des matériaux retenus dans le cadre de l'étude (RECORD, 2021)

Présentation générique des matériaux

Ces matériaux sont présentés ci-après en reprenant les éléments clés ci-dessous :

Eléments génériques	Eléments génériques applicatifs	Eléments technico-économiques*
<ul style="list-style-type: none"> • Type de matériaux • Matières premières utilisées (fibres/monomères) • Procédés de production • Taux de biosourcé moyen & méthode de mesure utilisée 	<ul style="list-style-type: none"> • Procédé de transformation • Secteurs d'applications • Applications actuelles • Applications potentielles 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacité de production • Evolution des capacités de production des 5 dernières années • Acteurs producteurs de références

* Sous réserve de disponibilité des informations

Tableau 8 : Eléments clés de présentation des matériaux biosourcés (RECORD, 2021)
Etude RECORD n°20-0817/1A

Acide polylactique (PLA)²¹

- L'acide polylactique est un homopolymère synthétisé par ouverture de cycle à partir de lactides (produits à partir de l'acide lactique). L'acide lactique est obtenu par fermentation bactérienne d'hexoses issues de biomasse (saccharose ou amidon).
- L'acide lactique peut être produit à partir de différentes sources d'hexoses. Les principales sources utilisées actuellement sont l'amidon de maïs (le plus souvent OGM) ou la canne à sucre. La production d'acide lactique compte pour 50% du coût de production du polymère. Le coût de production de l'acide lactique se compose principalement du coût de la matière première et de celui de la purification.
- L'acide lactique peut se présenter sous deux formes isomériques : L(+) ou D(-). Le ratio de ces deux formes et la manière dont le polymère final est obtenu vont grandement influencer les propriétés de la matière. Les grades commerciaux standards sont actuellement composés :
 - Environ à 95 à 97 % de la forme L(+),
 - Environ à 3 à 5 % de la forme D(-).
- Des formes énantiomériquement pures ou en mélange sont de plus en plus disponibles et permettent notamment d'obtenir des PLA résistants à la chaleur. Ces formes sont également plus coûteuses.

Acide polylactique

Volumes : **400 000 T/an**
Taux de biosourcé : **100 %**
Taux de croissance : **+ 10 à 15 % / an**
Avantage : **biodégradable en conditions industrielles (EN 13432, > 1mm)**

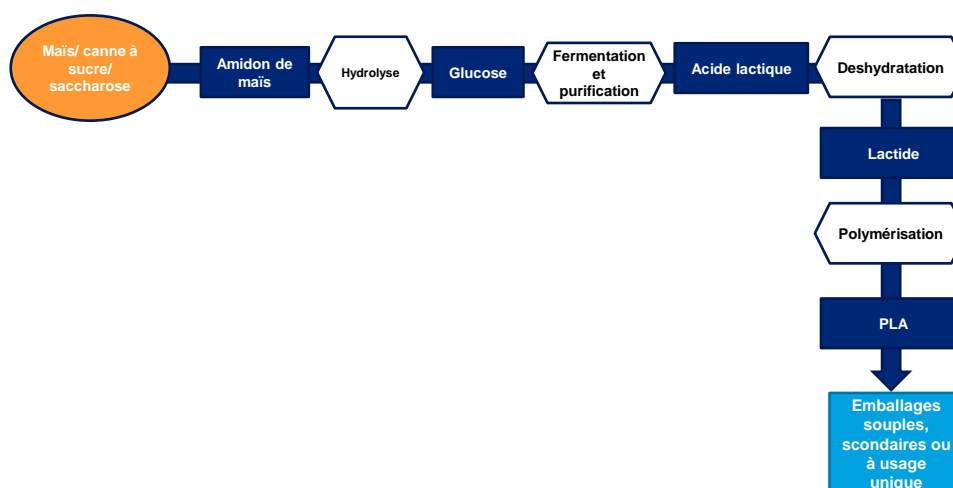


Figure 1 – Etapes du procédé de synthèse de PLA à partir de biomasses²² (RECORD, 2021)

- Malgré le fait que le PLA soit compostable en conditions industrielles, il n'existe pas aujourd'hui de filière spécifique pour ce type de déchets. La voie de fin de vie majoritaire du PLA est donc à ce jour l'incinération. Plusieurs pistes sont en cours de développement pour améliorer la fin de vie du PLA :
 - Développement d'additifs enzymatiques permettant d'en faire un polymère compostable domestiquement (développement de la société Carbiolice),
 - Développement d'un procédé de recyclage chimique qui permettrait d'obtenir des monomères d'acides lactiques et de produire à nouveau du PLA par polymérisation,
 - Projet de filière pour organiser le tri des emballages en PLA et évaluer la faisabilité technico-économique d'une filière du recyclage (projet Re-Cup porté par Danone, 2019).
- La première production industrielle de PLA date de 2002. D'importants travaux de développement ont permis depuis d'améliorer les propriétés thermiques, rhéologiques et mécaniques et d'élargir le spectre des applications possibles du PLA, jusqu'alors réservé à des applications peu exigeantes en termes de propriétés mécaniques ou thermiques.

²¹ <https://www.european-bioplastics.org/market>

²² <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/insights-european-market-bio-based-chemicals>

- Deux leviers sont utilisés par les producteurs ou formulateurs pour améliorer les propriétés du PLA :
 - Polymérisation : les acteurs ont développé des gammes de polymères avec différents ratios des deux formes isomérique d'acide lactique,
 - Formulation : l'ajout de plastifiants ou de copolymères permet d'améliorer la rhéologie et la processabilité du polymère. Toutefois, les formulations se font à partir d'additifs ou de copolymères souvent pétrosourcés, ce qui réduit la teneur en biosourcé du polymère et peut impacter ses propriétés de biodégradabilité.

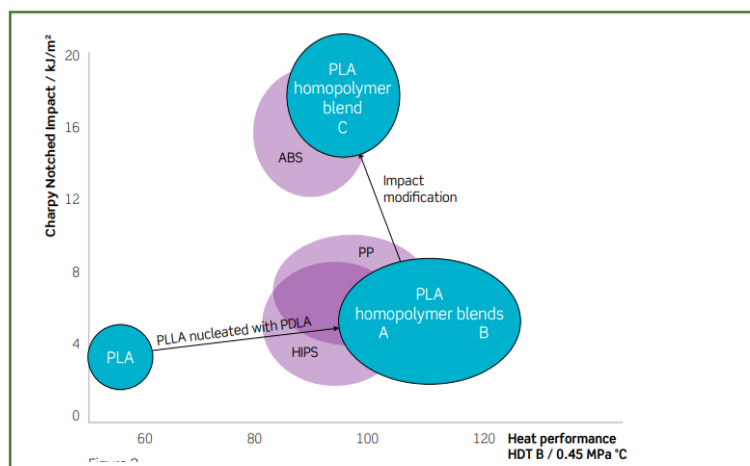


Figure 2 – Exemple de gamme de PLA développée par Total Corbion PLA – alternative possible au polystyrène, polypropylène et au acrylonitrile butadiène styrène²³ (RECORD, 2021)

- En fonction du type de PLA, différentes applications sont aujourd'hui possibles, par injection, extrusion ou thermoformage :
 - PLA standard amorphe : emballages secondaires et produits à usage unique (rasoir, vaisselle jetable, tasses, etc.),
 - PLA stéréospécifique (PDLA ou PLLA) : produits à usage unique soumis à des températures élevées (tasses à café, capsules de café, sachets de thé), pièces électroniques (souris, claviers), cartes bancaires, pièces de tuyauterie/gouttières,
 - Stéréocomplexe de PLA (PDLA+PLLA) : emballages souples (films), matériel électronique, pièces automobiles (filtres à air, pièces d'intérieur, tapis), articles de sport.
- Aujourd'hui 2 acteurs représentent 75 % du marché du PLA. Face à la forte demande pour le PLA, ces producteurs ont annoncé récemment l'augmentation de leur capacité de production. En 2020, en effet, la demande était jugée supérieure à l'offre.

Producteur de PLA	Capacité de production	Biomasse
Naturework	150 kt + 10 % en 2021	Amidon de maïs Non OGM
Total – Corbion PLA	75 kt/an en Thaïlande 100 kt/an en France (Grandpuits), mise en route 2024	Canne à sucre

- Les avantages du PLA peuvent se résumer de la manière suivante :

Avantages	Points de vigilances
<ul style="list-style-type: none"> • Apte au contact alimentaire • Propriété barrière contre O₂ et H₂O supérieure à la plupart des autres polymères biosourcés • Transparence et bonne brillance, • Bonne résistance à la température pour les PLA semi-cristallins • Bonne résistance mécanique 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût supérieur, en particulier pour les PLA standards • Coût plus important pour les PLA semi-cristallins • Pas de filière de valorisation en fin de vie • Température de transition vitreuse pour les PLA standards qui peut être problématique en termes de processabilité

²³ <http://www.corbion.com/media/77166/corbion-purac-pla-high-heat-themesheet.pdf>

Polyéthylène biosourcé (PE)²⁴

- Le PE est un homopolymère constitué de molécules d'éthylène. Le PE biosourcé est chimiquement identique au polyéthylène non biosourcé et possède donc exactement les mêmes propriétés physico-chimiques.
- De ce fait, la fin de vie du polyéthylène biosourcé est identique à la fin de vie du polyéthylène pétrosourcé. Des filières de recyclage existent mais doivent encore se développer faute de tri opéré à la source. Par ailleurs, cette valorisation de fin de vie diffère en fonction du type de polyéthylène :
 - Polyéthylène basse densité (PEBD) : utilisé pour fabriquer des films. 10 000 tonnes sont recyclées en France en 2017, soit 10% du PEBD consommé dans le pays,
 - Polyéthylène haute densité (PEHD) : utilisé pour fabriquer des bouteilles ou flacons. En 2017 75 000 tonnes sont recyclées en France en mélange avec le polypropylène. La production totale de PEHD pour l'emballage en France est de 490 000 tonnes.²⁵
- Ce taux de recyclage devrait augmenter rapidement dans les prochaines années en France et en Europe avec l'élargissement des consignes de tri à l'ensemble des emballages plastiques. Toutefois, il sera nécessaire de développer les débouchés du PE recyclé, ce dernier n'étant pas autorisé pour des applications alimentaires.
- Le polyéthylène biosourcé se distingue par ses voies de production :
 - La voie classique de production de polyéthylène biosourcé est la production à partir d'éthanol issu de fermentation de sucres. L'éthanol est déshydraté pour obtenir de l'éthylène qui est ensuite polymérisé.
 - Plus récemment, une nouvelle voie industrielle a été développée, plus proche du procédé conventionnel de production de l'éthylène. Il s'agit en effet de produire de l'éthylène à partir de « bionaphta ». Le « bionaphta » est un mélange d'hydrocarbure de nature similaire au naphta (coupe dite « légère » issue des vapeurs condensées du pétrole brut) des raffineries pétrolières. Le naphta est la principale matière première de la pétrochimie, notamment pour la production de polyoléfines. Le bionaphta est un coproduit de l'hydrogénation des huiles végétales. Ces huiles végétales hydrogénées sont utilisées comme biocarburant (hydrocarbure identique au diesel). Plusieurs sources d'huile peuvent être utilisés :
 - Des huiles de qualité alimentaire (colza, huile de palme),
 - Des huiles de qualité non alimentaire (huile usagée ou taloil, un coproduit de l'industrie papetière).

Polyéthylène biosourcé

Volumes : **220 000 T/an**
 Taux de biosourcé : **100 %**
 Taux de croissance : **+ 19 %/an**
 Avantage : **réduction de l'empreinte carbone, substitution simple du PE pétrosourcé, filière de fin de vie existante**

Cette voie de production similaire à la voie pétrosourcée a permis aux acteurs historiques de la production de PE de se positionner sur la production de PE biosourcé, ce qui a accru les capacités de production ces dernières années.

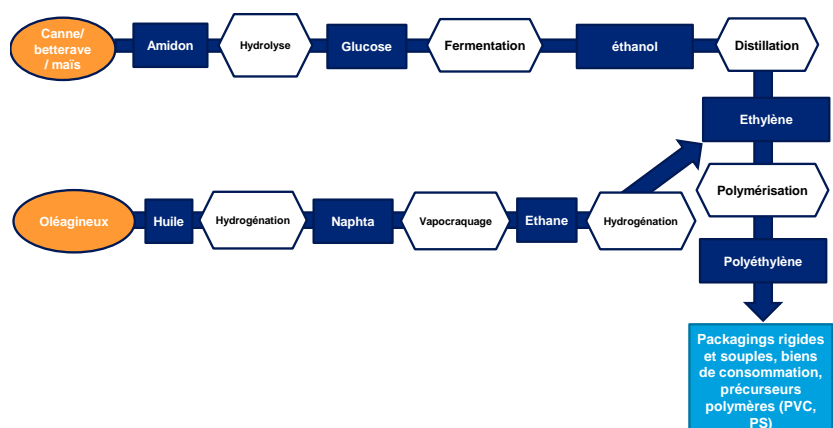


Figure 3 – Etapes des voies de synthèse de polyéthylène par voie fermentaire et voie bionaphta à partir de biomasses sucrières et oléagineuses²⁶ (RECORD, 2021)

²⁴ <https://www.european-bioplastics.org/market/>

²⁵ <https://conseil-emballage.org/wp-content/uploads/2019/01/Mati%C3%A8res-recycl%C3%A9es-et-Emballages-Finale.pdf>

²⁶ <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/insights-european-market-bio-based-chemicals>

- Acteurs clés présents sur le marché :

Producteur de PE	Lancement de la production	Capacité de production	Biomasse et voie de production
Braskem (Brésil)	2010	200 kt	Canne à sucre – éthanol
SABIC (Pays Bas)	2014	NC	NC
LyondellBasell (Allemagne)	2014	NC	Talloil issu de la transformation du bois (papeterie) – bionaphta de Neste
Dow (Pays-BAS – bio-naphta de UPM Biofuels)	2019	NC	Talloil issu de la transformation du bois (papeterie) – bionaphta
Ineos (NC - bio-naphta from UPM Biofuels)	2020	NC	Talloil issu de la transformation du bois (papeterie) – bionaphta
Total (France)	2024	NC	Huile de colza - bionaphta

- Du fait de son prix supérieur de 30 % à du polyéthylène pétrosourcé, le PE biosourcé est principalement utilisé dans des applications où ses performances environnementales peuvent être valorisées auprès du consommateur final, c'est-à-dire dans l'emballage :
 - L'application en packaging rigide représente environ 80 kt de la consommation de PE biosourcé en Europe
 - L'application en packaging souple représente environ 130 kt de la consommation de PE biosourcé en Europe
 - Les biens de consommation courantes et l'électronique représentent moins de 5kt de PE biosourcé en Europe
- Les avantages du PE biosourcé peuvent se résumer de la manière suivante :

Avantages	Points de vigilances
<ul style="list-style-type: none"> • Réduction de l'empreinte carbone par rapport au PE pétrosourcé²⁷ • Substitution simple du PE pétrosourcé • Filière de recyclage existante et en développement avec l'élargissement du tri à la source 	<ul style="list-style-type: none"> • Faible part des films PE aujourd'hui recyclé du fait d'absence de tri à la source (trié avec les déchets ménagers) • Prix supérieur de 30 % par rapport au PE pétrosourcé, ce qui limite l'application au secteur de l'emballage • Prix très bas de l'éthylène pétrosourcé du fait du développement de la chimie à partir de gaz de schiste (riche en éthane)

²⁷ <https://www.braskem.com.br/imgreen/bio-based-en>
Etude RECORD n°20-0817/1A

Polypropylène biosourcé (PP)²⁸

- Le polypropylène est un homopolymère constitué de molécules de propylène. Le PP biosourcé est chimiquement identique au PP pétrosourcé et possède donc exactement les mêmes propriétés physico-chimiques.
- De ce fait, la fin de vie du PP biosourcé est identique à la fin de vie du PP pétrosourcé. Des filières de recyclage existent mais doivent encore se développer, faute de tri opéré à la source. Par ailleurs, cette valorisation de fin de vie diffère en fonction du type d'application :
 - Packaging rigide : 75 000 t de PEHD ou PP des 350 000 tonnes utilisées dans l'emballage sont aujourd'hui recyclées en France
 - Packaging souple : absence de filière de recyclage. Les films plastiques en PP sont aujourd'hui incinérés faute de tri à la source.
- Ce taux de recyclage devrait augmenter rapidement dans les prochaines années en France et en Europe avec l'élargissement des consignes de tri à l'ensemble des emballages plastiques. Toutefois, il sera nécessaire de développer les débouchés du PP recyclé, ce dernier n'étant pas autorisé pour des applications alimentaires.
- Plusieurs voies de production existent aujourd'hui pour la production de PP :

Polypropylène biosourcé

Volume : **30 000 T/an**
 Taux de biosourcé : **30 à 100 %**
 Taux de croissance : **+ 6,5 % / an**
 Avantage : **réduction de l'empreinte carbone, substitution simple du PP pétrosourcé, filière de fin de vie existante**

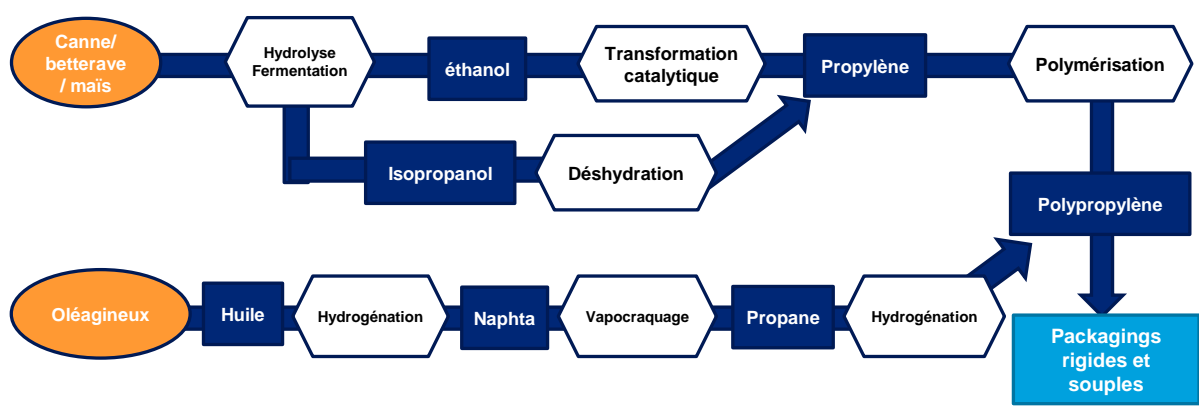


Figure 4 – Etapes des voies de synthèse de polypropylène par voie fermentaire et bionaphta à partir de biomasses sucrières et oléagineuses²⁹ (RECORD, 2021)

- A noter, que la voie de production à partir d'éthanol a été envisagée un temps par les sociétés Braskem et Dow chemical et a été ensuite abandonnée.
- Du fait de son prix supérieur de 30% à 50 % à du PP pétrosourcé, le PP biosourcé est principalement utilisé dans des applications, où ses performances environnementales peuvent être valorisées auprès du consommateur final, c'est-à-dire dans l'emballage.
- Acteurs clés présents sur le marché :

Producteur de PP biosourcé	Lancement de la production	Capacité de production	Biomasse et voie de production
Mitsui Chemicals Group - Japon	2024	NC Production d'isopropanol : 60 kt	NC – production à partir d'isopropanol
LyondellBasell (bionaphta de NESTE) - Allemagne	2019	10 kt	Huile usagé - bionaphta

²⁸ <https://www.european-bioplastics.org/market/>

²⁹ <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/insights-european-market-bio-based-chemicals>

Borealis (bionaphta de NEste) – Belgique	2019	NC	Huile usagé bionaphta	-
SABIC - NC	2014	NC	Huile usagé bionaphta	-
UPM - Finlande	2019	NC	Huile de tall bionaphata	-

- Les avantages du PP biosourcé peuvent se résumer de la manière suivante :

Avantages	Points de vigilances
<ul style="list-style-type: none"> • Réduction de l’empreinte carbone par rapport au PP pétrosourcé³⁰ • Substitution simple du PP pétrosourcé • Filière de recyclage existante et en développement avec l’élargissement du tri à la source 	<ul style="list-style-type: none"> • Faible part des films PP est aujourd’hui recyclé du fait d’absence de tri à la source (trié avec les déchets ménagers) • Prix supérieur de 30% par rapport au PP pétrosourcé, ce qui limite l’application au secteur de l’emballage

PolyEthylène Téréphtalate biosourcé (PET)³¹

- Le PET est un polyester non biodégradable produit par polymérisation d’un diol, l’éthylène glycol, et d’un diacide, l’acide téréphtalique. C’est l’un des cinq plastiques les plus vendus dans le monde, avec un volume de production de 50 000 kilotonnes/an, dont 3 300 kilotonnes/an en Europe.
- Le PET biosourcé est majoritairement utilisé pour la fabrication d’emballages alimentaires rigides comme des bouteilles. La consommation pour cette application est d’environ 130 000 tonnes/an. Le PET est également utilisé de manière plus minoritaire pour la production de fibres destinées à la fabrication de vêtements en laine polaire (25 000 tonnes/an), ainsi que pour des emballages souples (environ 20 000 tonnes/an).
- Les deux monomères éthylène glycol et acide téréphtalique peuvent être remplacés par une alternative biosourcée.

Polyéthylène téréphtalate biosourcé

Volumes : **165 000 T/an**

Taux de biosourcé : **30 à 100 %**

Taux de croissance : **+ 4 à 5 %/an**

Avantage : **filière de recyclage en développement, bonnes propriétés mécaniques et physiques**

Il est possible de remplacer l’éthylène glycol

pétrosourcé par de l’éthylène glycol issu de ressources renouvelables, ce qui conduit à la synthèse de PET partiellement biosourcé. L’éthanol est converti en éthylène via l’éthylène oxyde qui est ensuite transformé en éthylène glycol. De même, l’acide téréphtalique peut être synthétisé de manière biosourcée. Ce diacide est synthétisé actuellement par oxydation catalytique de para-xylène pétrosourcé. Trois voies existent pour développer un para-xylène biosourcé (non mature industriellement) :

- Pyrolyse de la biomasse en un mélange de benzène, toluène et xylène. Le para-xylène peut ensuite être obtenu à partir de xylène
- Fermentation par des levures de sucres en isobutanol, qui peut ensuite être converti en para-xylène via l’isobutylène
- Conversion chimique de sucres en xylène suivi d’une isolation du para-xylène

³⁰ <https://www.sabic.com/en/news/29778-sabic-certified-renewable-polymers-used-in-delizio-coffee-capsules>

³¹ <https://www.european-bioplastics.org/market>

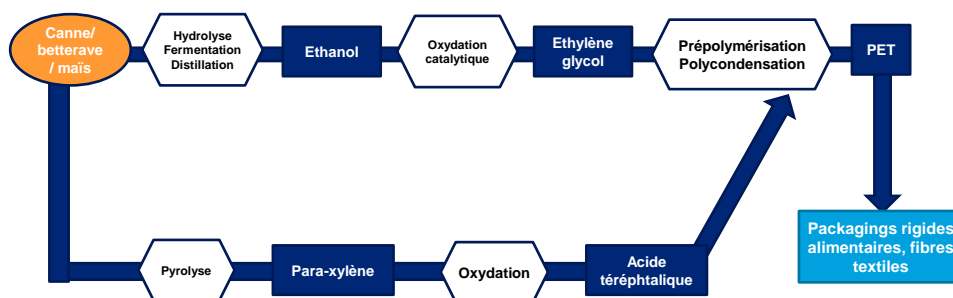


Figure 5 – Voies de production de l'éthylène glycol et de l'acide téréphtalique biosourcés, précurseurs de bio-PET, à partir de biomasses agricoles (RECORD, 2021)

- Le PET biosourcé est chimiquement identique au PET pétrosourcé et possède donc les mêmes propriétés physico-chimiques. La fin de vie est également identique. Des filières de recyclage existent. Les versions biosourcées sont donc recyclées au même titre que les matériaux conventionnels, ce qui n'impacte pas la qualité du plastique recyclé. Le recyclage du PET est un enjeu important puisqu'il permet de réduire considérablement la consommation énergétique et les émissions de gaz à effet de serre nécessaires à la production de PET vierge.

Les principaux débouchés du recyclage sont les suivants :

- rPET clair : recyclage en fibres textiles et en bouteilles, dans des volumes équivalents (60 000 tonnes/an)
- rPET foncé : recyclage en fibres textiles (42 000 tonnes/an)
- Acteurs clés présents sur le marché :

Producteur de PET	Lancement de la production	Capacité de production	Biomasse et voie de production
Toray Industries (Japon)	2015	NC	Mélasse de sucre de canne
China Man Made Fiber Corporation (Chine)	2010	200 000 tonnes	Ethanol issu de mélasse de sucre de canne
Braskem (Brésil)	2017	100	Canne à sucre – éthanol
India Glycols Limited (Inde)	1989	NC	Ethanol issu de ressources agricoles
Avantium (Pays-Bas)	2020	NC	Céréales, betterave, co-produits forestiers et ménagers

- Les avantages du PET biosourcé peuvent se résumer de la manière suivante :

Avantages	Points de vigilances
<ul style="list-style-type: none"> Voie de production de PET 100% biosourcé possible Filières de recyclage existantes 	<ul style="list-style-type: none"> Pour l'instant partiellement biosourcé seulement (la voie de la pyrolyse est encore peu employée)

PolyHydroxyAlcanoate (PHA)³²

- Les polyhydroxyalcanoates sont une classe de polyesters dérivés de la fermentation bactérienne. Les micro-organismes synthétisent des polyesters dans des conditions de carence en nutriments, et ces PHAs peuvent ensuite être extraits et purifiés.
- De par leur mode de production fermentaire, les PHA pourraient ne pas requérir des terres arables. Des coproduits pourraient être en effet utilisés comme substrat de fermentation (par exemple : coproduits du fractionnement du lactosérum par exemple dans l'industrie fromagère).

Polyhydroxyalcanoate

Volume : **36 000 T/an**

Taux de biosourcé : **100 %**

Taux de croissance : **+ 14 %/an**

Avantage : **biodégradable en condition domestique, biocompatible, biosourcé, larges gammes de propriétés**

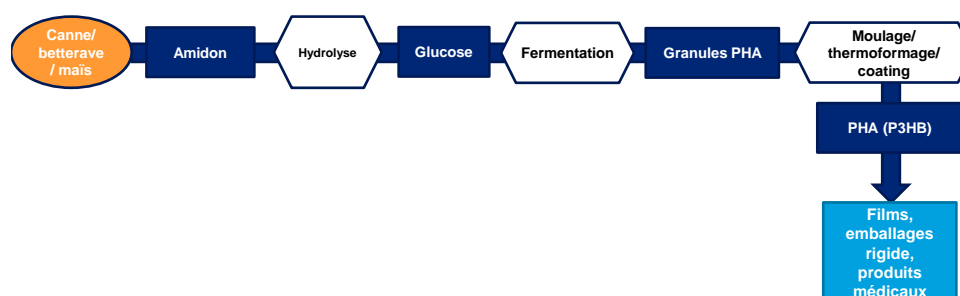


Figure 6 – Production par voie fermentaire de PHA à partir de biomasses agricoles (RECORD, 2021)

- Dans cette classe de polyesters, on compte les composés suivants : Poly(3-hydroxybutyrate) (PHB), trois types de poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalérate) (PHBV) à teneur variable en 3-hydroxyvalérate (3HV), trois types de poly(3-hydroxybutyrate-co-4-hydroxybutyrate) (PHBHB) à teneur variable en 3-hydroxybutyrate (3HB). En effet les PHA couvrent une grande échelle de polyesters naturels ayant des propriétés allant du thermoplastique aux élastomères.
- Les PHAs sont connus pour les caractéristiques suivantes :
 - Cassants à semi-caoutchouteux,
 - Meilleures propriétés de barrière à l'oxygène que le PP et le PET,
 - Meilleures propriétés barrières à la vapeur d'eau que le PP et des propriétés barrières contre les graisses et les odeurs qui sont suffisantes pour une utilisation dans les emballages alimentaires,
 - Insoluble dans l'eau et relativement résistant à la dégradation hydrolytique,
 - Bonne résistance aux ultraviolets mais faible résistance aux acides et aux bases,
 - Biocompatible et donc adapté aux applications médicales,
 - Plus dense que l'eau facilitant sa biodégradation anaérobie dans les sédiments.
- Les PHAs sont biodégradables et compostables au niveau industriel et domestique.
- Les PHAs ont des applications pour l'emballage à usage unique pour les produits de consommation (alimentaire et cosmétique), le domaine médical, les films agricoles, filament pour impression 3D, la cosmétique en tant que microbilles pour les soins personnels (gommage, dentifrice, soins de la peau).
- Les PHAs sont présents actuellement sur des marchés de niche du fait de leur coût élevé. Ils ont néanmoins leur position à défendre pour les années à venir comme alternative aux matériaux du fait des larges gammes propriétés possibles. Leurs productions sont en hausse ces dernières années, notamment au sein de l'Union Européenne où plusieurs projets ont été financés :
 - EuroPHA (2013-2016), afin d'établir une capacité de production de PHA compétitive en Europe [2 millions d'euros],
 - OLI-PHA (2012-2015), pour produire des emballages en PHA à partir d'eaux usées de la production d'huile d'olive [4 millions d'euros],

³² <https://www.european-bioplastics.org/market/>

- ScalePHA (2015), pour pénétrer de manière significative le marché des bioplastiques existant à travers les PHA [71 000 euros],
- BioBarr (2017-2021), pour améliorer les fonctionnalités barrière du PHA [3,8 millions d'euros],
- Nenu2PHAr (2020-2024), pour la production de matières premières avec des microalgues et des bactéries, la formulation et la transformation de biopolymères et la production de huit produits différents à base de PHA [6,4 millions d'euros].
- Les acteurs recherchent également des moyens de baisser les coûts de production par le développement de nouvelles voies ou d'optimisation (procédé, technologie, matières premières) :
 - PAPER-P (2016), projet technologique pour synthétiser du PHA (pureté de 98 %) à partir de déchets de papier [71 000 euros],
 - VEnvirotech (2019-2020), projet technologique pour réduire les coûts de gestion des déchets de 30% et le prix du PHA de 50% [71 000 euros],
 - POLIPO (2018), pour produire du PHA par voie chimique (sans bactérie) à partir d'huiles et de graisses végétales [71 000 euros],
 - Yield10 (2020) développe la production directe de PHA dans les semences en tant que coproduit pour permettre la production de bioplastiques PHA à une échelle agricole à des coûts comparables à ceux issus d'huiles végétales [Fonds levés depuis 2000 : 70 millions de dollars].
- Acteurs clés présents sur le marché :

Producteur de PHA	Produit	Lancement de la production	Capacité de production	Biomasse et voie de production
BioMatera (Canada)	PHA / PHBV	2007	12 kt (Prochaine phase 50 kt)	NC
Biomer (Pays-Bas)	PHB	NC	1 kt	NC
Bio-on (Italie)	PHB/PHBVV	2018	1 kt + licences d'exploitation (5-10 kt)	Sucre de betterave ou de canne, glycérol, CO ₂ (R&D)
Bluepha (Chine)	PHA	En développement	En développement	Co-produits volaille et agricoles
CJ CheilJedang (Chine)	PHA	2021	10 kt	NC
Danimer Scientific (Etats-Unis)	PHA	2019	14 kt (prochaine phase 45 kt)	Huiles végétales
Ecomann Biotechnology/Shandong (Chine)	PHA/PHBV/PHBH/PHA composites	2008	5 kt	NC
Full Cycle Bioplastics (Etats-Unis)	PHA	En développement	Travaille avec des partenaires sur des projets de développement conjoints	Déchets organiques mélangés
Jiangsu Nantian group (Chine)	PHB	NC	10 kt	NC
Kaneka Corporation (Japon)	PHB / PHBH	2020	5 kt (Prochaine phase 20 kt)	Huiles végétales
Yield 10 Bioscience (Etats-Unis)	PHA	Essais terrain réussis en 2020	En développement	Dans les semences (graines oléagineuses Camelina sativa)

Producteur de PHA	Produit	Lancement de la production	Capacité de production	Biomasse et voie de production
Newlight Technologies (Etats-Unis)	PHA	NC	13 kt	Carbone capté des émissions de méthane
PHB Industrial/Biocycle (Brésil)	PHB/PHBV	NC	0,1 kt (prochaine phase 3kt)	Sucre de canne
PolyFerm (Canada)	PHA / PHBV	NC	<5 kt	Sucres et acides gras dérivés d'huiles végétales
Shenzhen Ecomann Biotechnology (Chine)	PHA	NC	5 kt	Sucre / glucose
Tepha Inc (Etats-Unis)	PHB	2009	NC	NC
Tianan Biological Material (Chine)	PHBV (poudre / pastilles) PHB (pastilles)	NC	10 kt (50 kt prévu pour 2020)	maïs
Tianjin GreenBio Materaisl (Chine)	PHA/PHB	NC	10 kt	Sucre/glucose

- Les avantages du PHA peuvent se résumer de la manière suivante :

Avantages	Points de vigilances
<ul style="list-style-type: none"> • Intérêt pour des applications alimentaires : meilleures propriétés barrières que le PET, le PP et le PE³³ • Biocompatibilité • Biodégradation en environnements domestiques • Versatilité : large gamme d'applications 	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts de production encore trop élevés pour rendre les PHA compétitifs • Faible disponibilité à ce jour, application essentiellement de niche

³³ [https://www.semanticscholar.org/paper/Potential-of-polyhydroxyalkanoate-\(PHA\)-polymers-as-Keskin-Kizil/a6cd0e8d0f53b98d410cdfb1a6bc92f15094c5ff#extracted](https://www.semanticscholar.org/paper/Potential-of-polyhydroxyalkanoate-(PHA)-polymers-as-Keskin-Kizil/a6cd0e8d0f53b98d410cdfb1a6bc92f15094c5ff#extracted)
Etude RECORD n°20-0817/1A

Résines à base d'amidon³⁴

- Les résines à partir d'amidon sont obtenues par extraction puis transformation chimique d'amidon issu de ressources végétales, telles que le maïs, le blé, le manioc, la pomme de terre ou le pois. Les capacités de production de ces résines représentent plus de 40% des capacités mondiales des résines biosourcées, soit environ 400 000 tonnes par an.
 - Les résines à base d'amidon sont principalement utilisées dans des secteurs de produits à courte durée de vie en raison de leur très bonne biodégradabilité et compostabilité. Les principaux champs d'application sont donc les emballages (sacs de caisse, sacs poubelle), le secteur agricole (films de paillage, pots) et les produits jetables. De nouvelles avancées dans les procédés d'extrusion et d'injection permettent aujourd'hui l'accès des résines à base d'amidon à des applications plus durables. Les capacités de production de résines à base d'amidon pour ses différents champs d'application atteignent 170 000 tonnes/an (packaging flexible), 120 000 tonnes/an (biens de consommation jetables), 40 000 tonnes/an (films de paillage et autre usages agricoles), et 30 000 tonnes/an (packagings rigides).
 - L'amidon est souvent mélangé à d'autres matériaux pour améliorer ses propriétés. La proportion d'amidon dans ces mélanges peut varier de 30 à 80%. Ils permettent de réduire les coûts de production, d'améliorer ses propriétés barrière et sa stabilité, de diminuer le caractère hydrophile et d'augmenter sa biodégradabilité. L'amidon est souvent mélangé à des plastifiants de faible masse moléculaire tels que le glycérol, le glucose, le sorbitol ou l'éthylène glycol pour former des amidons thermoplastiques. Les propriétés finales de l'amidon thermoplastique dépendent du type de plastifiant. Parmi les mélanges les plus utilisés, on retrouve³⁵ :
 - Mélanges amidon/PVA : utilisés pour remplacer les films en LDPE pour des applications ou les propriétés barrière ne sont pas critiques. Ils sont également employés pour des sacs solubles dans l'eau ou dans le domaine biomédical, ainsi qu'en remplacement du polystyrène dans les matériaux d'emballage.
 - Mélanges amidon/PLA : utilisés en packaging alimentaire, pour des appareils électroniques, dans l'industrie textile et pour des applications médicales. Le mélange amidon/PLA offre des avantages importants en termes de coûts, de propriétés et de biodégradabilité.
 - Mélanges amidon/PBSA : utilisés comme matériaux d'emballage anti-microbiens.
 - Mélanges amidon/PHB : utilisé comme biomatériau pour des applications médicales
 - Les propriétés de biodégradabilité des résines à base d'amidon dépendent de la nature du mélange :
 - Mélanges amidon/PVA : font partie des plastiques biodégradables les plus communément utilisés en agriculture et en packaging. En conditions naturelles, la biodégradabilité peut toutefois être limitée.
 - Mélanges amidon/PLA : ces mélanges sont considérés comme biodégradables également. L'ajout de l'amidon augmente la biodégradabilité du PLA. Ces mélanges sont également compostables domestiquement.
 - Mélanges amidon/PBSA : ils sont biodégradables et compostables, mais les mélanges amidon/PBS présentent une meilleure biodégradabilité que les mélanges amidon/PBSA.
 - Mélanges amidon/PHB : la biodégradation de ces mélanges a été peu étudiée.
- La filière la plus développée pour la fin de vie des résines à base d'amidon est le compostage domestique ou industriel. Ces matériaux, pour les applications film packaging, sont formulés pour ce type de fin de vie. Il existe également un potentiel de valorisation pour des filières de recyclage en boucle fermée.

Résines à base d'amidon

Volume : **400 000 T/an**

Taux de biosourcé : **30 % à 80 %**

Taux de croissance : **+ 6 à 7 % / an**

Avantage : **réduction de l'empreinte carbone, biodégradabilité, compostabilité**

³⁴ <https://www.european-bioplastics.org/market>

³⁵ <https://www.redalyc.org/jatsRepo/5075/507557607005/507557607005.pdf>

- Il existe deux voies de production distinctes :
 - Ressources végétales : l'amidon est extrait puis est séparé en deux fractions. La première subit des modifications chimiques de type estérification/éthérification. La seconde subit un procédé d'extrusion avec un plastifiant. Enfin, les deux fractions sont mélangées et subissent un procédé d'extrusion.
 - Les déchets et co-produits de l'agroalimentaire : ils sont d'abord purifiés puis fermentés. Des plastifiants et additifs sont ensuite ajoutés puis le matériau est extrudé.

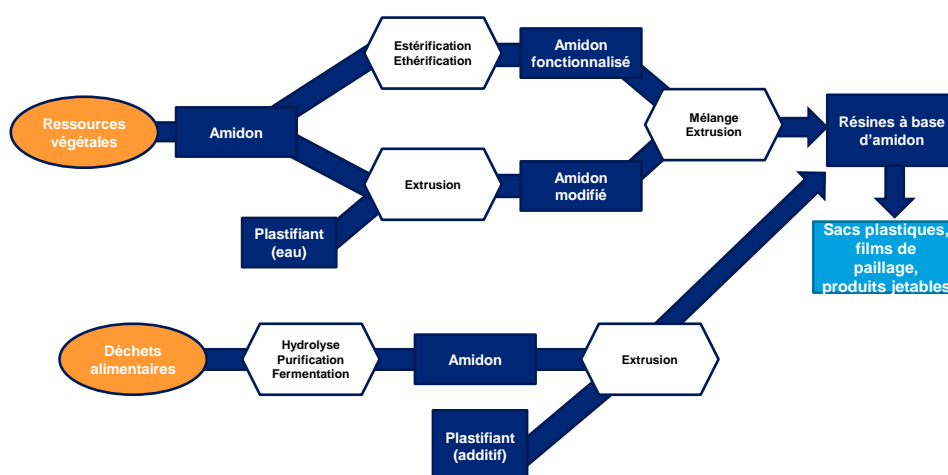


Figure 7 – Voies de production de résines à base d'amidon à partir de biomasses végétales ou de déchets alimentaires³⁶ (RECORD, 2021)

- Acteurs clés présents sur le marché :

Producteur de résines à base d'amidon	Lancement de la production	Capacité de production	Biomasse et voie de production
Harbin Livan (Chine)	NC	50 kt	NC
Roquette (France)	2010	NC	Céréales
ADM (Etats-Unis)	NC	NC	Céréales
Limagrain (France)	NC	10 kt	Céréales
Rodenburg (Pays-Bas)	1999	65 kt	Céréales
Novamont (Italy)	1990	150 kt	Ressources agricoles
Sphère (France)	2005	NC	Pomme de terre
Plantic (Australia)	2007	10 kt	Maïs
Cereplast (Italy)		100 kt	Céréales, pomme de terre
Huali Eco-Tech (Chine)	2000	NC	NC
Vegeplast (France)	2010	NC	Céréales
Earthsoul (Inde)	2001	NC	Céréales
Carbiolice (France)	2016	35 kt	Céréales
Cargill (Etats-Unis)	NC	NC	Céréales, pomme de terre
DuPont (Etats-Unis)	2008	NC	NC
Agrana (Autriche)	2018		Ressources agricoles
Ingredion (Etats-Unis)	NC	NC	Ressources agricoles

³⁶ <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/insights-european-market-bio-based-chemicals>

- Les avantages des résines à base d'amidon peuvent se résumer de la manière suivante :

Avantages	Points de vigilances
<ul style="list-style-type: none"> • Bonne biodégradabilité et compostabilité : aptitude pour le compostage industriel et domestique • Biocompatibilité : applications médicales possibles • Versatilité et multitude de possibilité d'applications selon les mélanges 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion de la fin de vie complexe car les constituants mélangés à l'amidon ne sont pas tous compostables

Polyuréthanes biosourcés (PU)³⁷

- La synthèse des polyuréthanes (PU) implique un isocyanate et un polyol. En fonction du type de polyols et d'autres paramètres de formulation, les PU peuvent avoir des propriétés très différentes. On distingue trois grandes familles de PU :
 - Les mousses souples pour l'ameublement, la literie, les sièges automobiles et l'isolation acoustique,
 - Les mousses rigides pour la fabrication de panneaux isolants dans la construction et l'électroménager,
 - Les non-mousses, pour les revêtements, les adhésifs, les peintures et les élastomères.
- La production de mousse polyuréthane est réalisée par addition d'eau. Si de nombreuses voies de production de polyols ont été étudiées au niveau académique, on peut distinguer 4 types de polyols biosourcés aujourd'hui commercialisés :
 - Polyols d'huiles naturelles (NOPs, Natural Oil Polyols) : ils constituent la très grande majorité des PU biosourcés. Ce sont principalement des mousses rigides pour l'isolation.
 - Polyéther polyols à base de sucres (sorbitol et saccharose). Les sucres, le sorbitol (Huntsman, Cargill) et le saccharose (Bayer) sont souvent utilisés comme alcool. La réaction du polyéther polyol avec un isocyanate donne des mousses de polyuréthane dures.
 - Polyéther polyols à partir des diols propanediol et butanediol : plus innovant, ces produits ont été développés à partir de propanediol et butanediol biosourcés produits par fermentation. Ces polyols polyéther sont utilisés pour la production de textile, les peintures et les pièces techniques.
 - Polyester polyols à partir de deux diacides, l'acide succinique et l'acide adipique. Ces polyols de polyester confèrent différentes propriétés mécaniques au polyuréthane, telles qu'un niveau de durabilité plus élevé, ainsi qu'une résistance accrue aux solvants aux rayures.
 - La société Elevance Renewable développe également des polyols à base d'acide octadecanedioïque et a conclu des partenariats pour des applications dans les peintures (2019)

Polyuréthanes biosourcés

Volume : **36 000 T/an**
 Taux de biosourcé : **10 % à 100 %**
 Taux de croissance : **+ 6 % / an**
 Avantage : **réduction de l'empreinte carbone, performance conservée d'isolation**

³⁷ <https://www.european-bioplastics.org/market/> et *Renewable polyols for advanced polyurethane foams from diverse biomass resources, Averous & al, 2018*

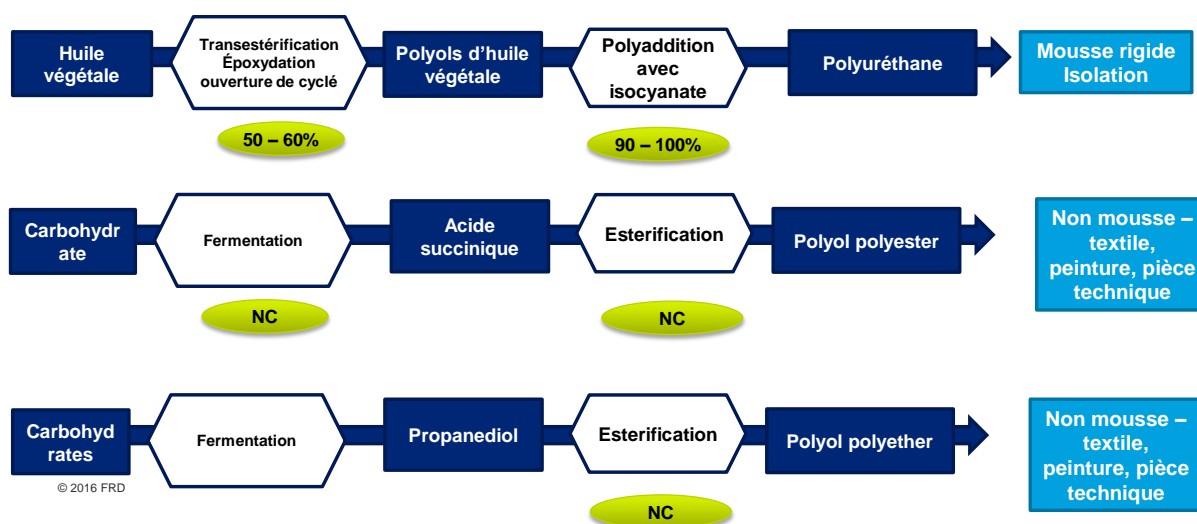


Figure 8 – Voies de production des différents types de polyols biosourcés commercialisés³⁸ (RECORD, 2021)

- La majorité du PU biosourcés est donc commercialisée sous forme de mousse flexible pour la production de matelas, de sièges d'automobile, de meubles, ou de mousse rigide pour l'isolation dans le bâtiment. Certains grades peuvent être adaptés aux procédés d'injection, la résine pouvant être moulée par injection, par soufflage, ou encore extrudée. L'intérêt premier des PU biosourcés réside dans le fait de permettre l'emploi de matériaux avec des très bonnes propriétés d'isolation avec une empreinte environnementale réduite³⁹.
- De nombreux travaux de recherche ont été conduit pour développer des isocyanates biosourcés, afin d'obtenir des polyuréthanes 100% biosourcés. Plusieurs acteurs commercialisent aujourd'hui des isocyanates biosourcés (Vencorex, Covestro).
- Les polyuréthanes biosourcés représentent une très faible part de marché avec environ 36 000 tonnes de capacité de production dans le monde alors que le marché mondial représente plus de 23 millions de tonnes. Le principal frein au développement des polyuréthanes est le prix des polyols biosourcés, supérieur à 2 €/kg. Pour être compétitif sur l'ensemble des applications des polyuréthanes, les polyols biosourcés devraient être commercialisés à 1,5 €/kg⁴⁰.
- Représentant souvent une faible part des matériaux utilisés dans les secteurs applicatifs, la fin de vie des PU est rarement une priorité pour les acteurs. En 2014, sur les 210 000 tonnes de PU collectés seulement 3000 tonnes étaient valorisées⁴¹. Les non-mousses sont difficilement collectables et purifiables (revêtements de peintures, adhésifs et mastics, colles pour lesquels il n'y a pas de technologie de recyclage). Les mousses de PU sont des produits intéressants pour le développement d'une filière de recyclage du fait de leur accessibilité plus grande que les non mousses.
- Acteurs clés présents sur le marché⁴² :

³⁸ <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/insights-european-market-bio-based-chemicals>

³⁹ <https://www.sustainableplastics.com/news/lanxess-launches-bio-based-prepolymers-reduce-pu-carbon-footprint>

⁴⁰ <https://cordis.europa.eu/project/id/889124/reporting>

⁴¹ <https://www.lemoniteur.fr/article/>

⁴² <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/insights-european-market-bio-based-chemicals> et

<https://edepot.wur.nl/261762>

Producteur	Capacité de production	Type de produit	Application	Voie de production
Cargill (rachat de bio-based technologies en 2017)	34 kt	Polyol	Mousse flexible, rigide, Peinture, Adhésif	Huile de soja Sorbitol ⁴³
Dow	NC	Polyol	Mousse flexible, Peinture, Adhésif	Huile de soja
BASF	NC	Polyols	Mousse flexible, rigide	Huile de soja Butanediol
BASF	NC	Polyuréthane	Mousse rigide	Huile de ricin
Vertellus	NC	Polyols	Peinture et adhésif	Huile de ricin
Mitsui Chemicals	NC	NC	Mousse flexible et rigide	Huile de ricin
IFS Chemicals	NC	PU	Mousse rigide	Huile de colza
Metzeler Schaum	NC	PU	Mousse flexible	Huile de tournesol
Emery Olechemical	NC	Polyols	Mousse, peinture, adhésif	NC
Oléon	NC	NC	Mousse flexible et rigide	Huile de colza
Croda	NC	NC	peinture, adhésif	NC
Covestro	NC	Polyols/PU	Peinture, adhésif	Huile de ricin
Lubrizol Merquinsa) (rechat	NC	PU	Peinture, adhésif	Propanediol biosourcé
Myriant	NC	Polyol	Peinture, adhésif	Acide succinique
Soprema		PU	Mousse rigide	Huile de colza

- Les avantages du PU biosourcé peuvent se résumer de la manière suivante :

Avantages	Points de vigilances
<ul style="list-style-type: none"> • Domaines d'applications et marchés variés (coatings, transport, construction, etc.) • Propriété d'isolation thermique d'intérêt pour les mousses rigides 	<ul style="list-style-type: none"> • Fort investissement de R&D nécessaire pour la montée en échelle et l'industrialisation de procédés de production de PU 100% biosourcées • Prix supérieur au pétrosourcé qui limite le champ des applications

Isolants fibres de bois

- La fibre de bois permet de produire une large gamme de produits pour la construction. Elle est essentiellement obtenue à partir de produits connexes du bois (puis défibrage de ces chutes) et peut être utilisée notamment pour faire des isolants rigides et semi-rigides.
- Les fibres de bois permettent d'obtenir des produits avec de bonne conductivité thermique. Des liants naturels (i.e. lignine) ou synthétiques (i.e. polyester) sont généralement utilisés à un taux inférieur à 20 %.

Isolants fibres de bois en France

Volumes : **99 000 T/an**
Taux de biosourcé : **> 80 % en masse**
Taux de croissance : **+ 10 % / an**
Avantages : **confort de pose, inertie thermique, durabilité des performances, issus de forêts gérés durablement.**

⁴³ Vegetable oils: a source of polyols for polyurethane materials, Maisonneuve & al, 2017
Etude RECORD n°20-0817/1A



- Ces isolants sont conditionnés en panneaux souples, semi-rigides ou rigides (il n'y a aujourd'hui aucune référence commercialisée de rouleaux de fibres de bois). Concernant la mise en œuvre de ces isolants, ils peuvent directement s'insérer dans une ossature bois par exemple. Pour ce qui est des découpes, il convient habituellement de prévoir une surcote de 1 % de manière à insérer cet isolant en pressions entre les montants et ainsi limiter les ponts thermiques. Les panneaux souples

et semi-rigides sont généralement dédiés à l'isolation par l'intérieur et les panneaux rigides dédiés à l'isolation par l'extérieur ainsi que les toitures (grâce à l'ajout d'un traitement hydrophobe).

- Ces isolants biosourcés peuvent être aussi bien utilisés en construction neuve qu'en rénovation, du fait de leurs excellentes propriétés d'isolation thermique et acoustique.

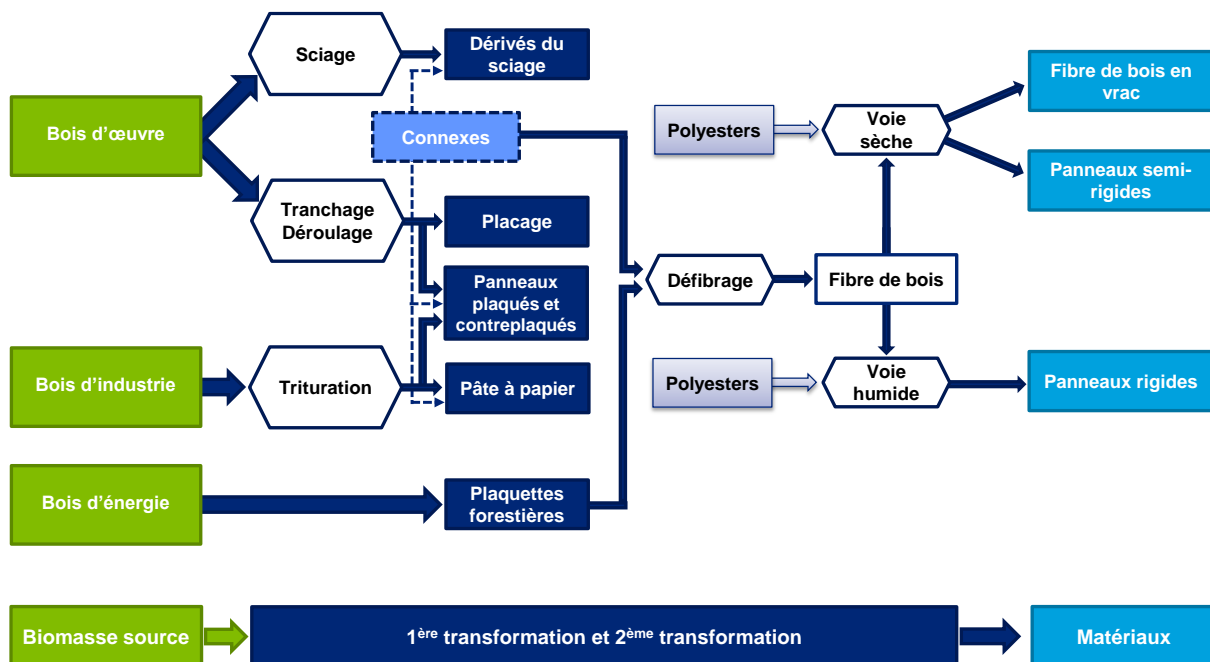


Figure 9 : Étapes et procédés de fabrication des isolants rigides et semi-rigides à base de fibres de bois⁴⁴ (RECORD, 2021)

- La conductivité thermique des isolants à base de fibres de bois varie entre 0,032 et 0,5 W/m.K. Leur masse volumique peut aller de 40 kg/m³ pour les panneaux souples et jusqu'à 250 kg/m³ pour les panneaux rigides.

Caractéristiques techniques principales	Isolant fibres de bois
Conductivité thermique λ (W/m.K)	0,032 à 0,055
Temps de déphasage ϕ (h)	Jusqu'à 16 h
Masse volumique ρ (kg/m ³)	40 à 280
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau μ	0,5 à 5
Emission de gaz à effet de serre (kgCO ₂ eq/m ²)	2-19
Indice d'affaiblissement acoustique (dB)	Jusqu'à 60

- Ces isolants fibres de bois représentent en valeur 4 % du marché de l'isolation selon l'AICB, et sont produits par 5 de fabricants majeurs. Leur croissance annuelle, estimée + 10 % / an est deux fois plus dynamique que le marché des isolants dans son ensemble.

⁴⁴ Etude sur le secteur et les filières de production des matériaux et produits biosourcés utilisés dans la construction - Etat des lieux économique du secteur et des filières (mise à jour) – Nomadéis 2017
Etude RECORD n°20-0817/1A

Producteurs d'isolant à base de fibres de bois commercialisés en France	
Gutex	Pavatex
Isonat	Steico
Knauf	

- Les avantages des isolants à base de fibres de bois peuvent se résumer de la manière suivante :

Avantages	Points de vigilances
<ul style="list-style-type: none"> • Très bonnes performances acoustiques et thermiques. • Contribution significative au confort d'été. • Produits sous ATEc/DTA ou ATEEx. • Très bon support d'enduit et correspondant aux systèmes de poses actuels. • Produits généralement sous ACERMI • Produits issus de matières renouvelables et de forêts gérés durablement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Une bonne mise en œuvre des systèmes constructifs est impérative afin d'éviter un développement fongique • Une attention particulière est nécessaire au moment de la mise en œuvre sur l'assemblage de ces isolants pour éviter tous ponts thermiques.

Ouate de cellulose

- Les isolants à base de ouate de cellulose sont composés d'environ 85 % de journaux/cartons recyclés et 15 % d'adjuvants. L'incorporation de ces adjuvants diffère en proportion selon chaque fabricant et lui confère des propriétés ignifugeantes et antifongiques notamment.
- La ouate de cellulose est très largement exploitée en vrac, mais est également utilisée sous forme de panneaux souples ou semi-rigides.
- La ouate de cellulose apporte une étanchéité à l'air nettement supérieure aux autres isolants classiques.
- Elle est capable de créer un grand déphasage (temps que met la chaleur pour pénétrer dans les parois) et permet donc de limiter les surchauffes dans l'habitat pendant la saison estivale.



destinée à isoler les endroits difficiles d'accès. Ce produit est ainsi utilisable dans les combles perdus ou aménagés (soufflage), les parois et doubles cloisons (injection), les sous faces (projection) et les planchers creux (insufflation) suivant le mode de pose.

Ouate de cellulose en France

Volumes : **40 000 à 50 000 T/an**
Taux de biosourcé : **85 % en masse**
Taux de croissance : **+ 10 % / an**
Avantages : **confort de pose, performance acoustique, inertie thermique, durabilité des performances**

temps que met la chaleur pour pénétrer dans les parois) et permet donc de limiter les surchauffes dans l'habitat pendant la saison estivale. A épaisseur équivalente (20 cm), cette chaleur mettra environ 3 heures pour traverser une laine minérale alors qu'elle mettra jusqu'à 10 heures dans le cas d'une isolation en ouate de cellulose. Ainsi, avec un tel déphasage, la chaleur arrive à l'intérieur qu'en fin de journée ce qui évite l'utilisation / l'installation de climatisations.

- Les ouates sont mises en œuvre dans les bâtiments avec des machines spécialisées permettant d'ouvrir et d'aérer ces fibres naturelles. En effet, ces dernières sont cardées avant d'être propulsées sur la zone à isoler. Cette technique est connue sous le nom de projection et est

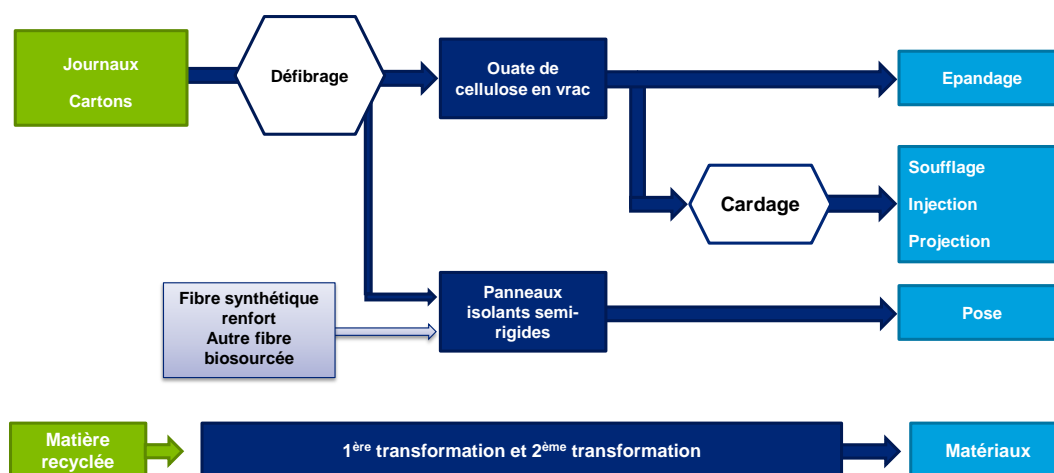


Figure 10 : Étapes et procédés de fabrication des isolants à base de ouate de cellulose (RECORD, 2021)⁴⁵

- La conductivité thermique de la ouate de cellulose oscille en général autour de 0,04 W/m.K et présente également un impact sur l'environnement très faible.

Caractéristiques techniques principales	Ouate de cellulose
Conductivité thermique λ (W/m.K)	0,038 à 0,053
Temps de déphasage ϕ (h)	1,47 à 4,58
Masse volumique ρ (kg/m ³)	13 à 60
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau μ	1 à 2
Emission de gaz à effet de serre (kgCO ₂ eq/m ²)	-12 à -1,2

- La ouate de cellulose représente en valeur 3-4 % du marché de l'isolation selon l'AICB, et sont produits par 11 fabricants ou distributeurs majeurs. Leur croissance annuelle, estimée + 10 % / an, est deux fois plus dynamique que le marché des isolants dans son ensemble. A noter que la filière a subi de fortes perturbations en 2012 – 2013 qui ont impacté fortement son activité qui a régressée puis s'est redressée rapidement, modifiant le paysage industriel, en lien avec une problématique incendie (changement d'ignifugeant, non-respect des éléments de protection au feu lors de la pose sur certains chantiers).

Producteurs d'isolants à base de Ouate de cellulose (vrac ou panneau) commercialisés en France	
Cavac Biomatériaux	Ouatéco
Cellaouate	Ouattitude
Giga Ouate	Soprema (Univercell)
IDEM (Novidem)	Steico
Igloo France	Thermofloc
Isoproc (SEMI)	

- Les avantages de la ouate de cellulose peuvent se résumer de la manière suivante :

Avantages	Points de vigilances
<ul style="list-style-type: none"> • Bonnes performances thermiques et acoustiques • Contribution significative au confort d'été • La ouate provient de produits recyclés et nécessite peu d'énergie lors de sa production/ transformation • Les produits insufflés ou soufflés sont rapides à mettre en œuvre 	<ul style="list-style-type: none"> • Une bonne mise en œuvre des systèmes constructifs est impérative afin d'éviter un développement fongique • Il est nécessaire de bien questionner les problématiques liées à l'humidité • Les machines utilisées pour la mise en œuvre sont spécifiques et différentes de celles utilisées pour les laines minérales • Des EPI spécifiques sont nécessaires pour se protéger des poussières

⁴⁵ Etude sur le secteur et les filières de production des matériaux et produits biosourcés utilisés dans la construction - Etat des lieux économique du secteur et des filières (mise à jour) – DGALN 2017
Etude RECORD n°20-0817/1A

Isolants souples biosourcés hors bois

- Les isolants souples et semi-rigides peuvent être associés au mot « laine ». Ils sont conditionnés soit en rouleaux, soit sous forme de panneaux.
- Ils peuvent être issus d'une seule biomasse (chanvre, bois, paille de riz, herbe, laine de mouton, etc.), recyclée (ouate de cellulose, coton issu du recyclage de vêtements textiles) ou d'un mix de ces différentes biomasses (chanvre/ lin/ coton recyclé).



- Deux types de procédés sont utilisables le cardage nappage ou le procédé airlay.
- Le taux d'incorporation en masse de biomasses est généralement de 90 à 92 %, le solde étant composé d'un liant issu de la pétrochimie (liant polyester) ou dans certains cas biosourcé (généralement du PLA) pour en assurer la cohésion. Les chutes de production sont réincorporables dans les process. Leur fin de vie est celle des isolants dans le bâtiment en général. Jusqu'à une période très récente aucune filière de récupération n'avait été mise en place. Les modélisations ACV sont ainsi basées sur l'enfouissement de ces matériaux.

Isolants souples biosourcés en France

Volume : 7 200 T/an
 Taux de biosourcé : 90 à 100 % en masse
 Taux de croissance : + 10 % / an
 Avantages : confort de pose, inertie thermique, durabilité des performances

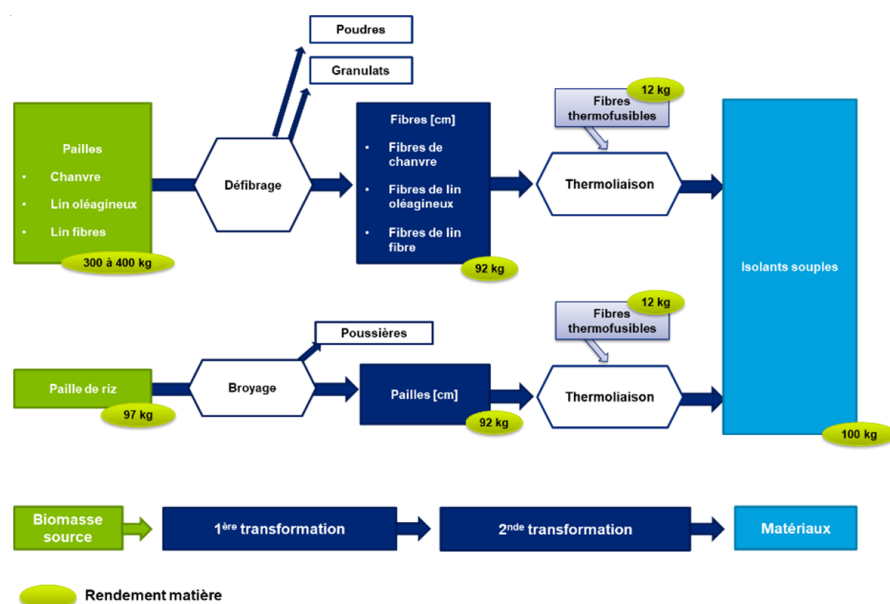


Figure 11 : Étape et rendement des procédés de fabrication des isolants souples à base de biomasses agricoles⁴⁶ (RECORD, 2021)

- Leur conductivité thermique est aujourd'hui bien maîtrisée autour de 0,032-0,041 W/m.K, un certain nombre de ces produits étant sous ACERMI (certificat en garantissant la régularité des performances). Leur usage se fait généralement dans le cadre d'Avis Technique (ATec) ou d'Appréciation Technique d'Appréciation (ATEc).

Caractéristiques techniques principales	Souples ou semi-rigides
Conductivité thermique λ (W/m.K)	0,032 à 0,041
Temps de déphasage ϕ (h)	4,2 à 8,5
Masse volumique ρ (kg/m ³)	12 à 80
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau μ	0,5 à 5
Emission de gaz à effet de serre (kgCO ₂ eq/m ²)	-1,5 à 12,7

- Ces isolants souples biosourcés (hors bois) représentent en valeur 3 % du marché de l'isolation selon l'AICB, et sont produits par 8 de fabricants majeurs. Leur croissance annuelle, estimée + 10 % / an est deux fois plus dynamique que le marché des isolants dans son ensemble.

⁴⁶ Mémento des marchés fibres végétales techniques à usages matériaux, ADEME/ FRD&IAR 2020
 Etude RECORD n°20-0817/1A

Producteurs d'isolants commercialisés en France	
Cavac Biomatériaux	Chanvre, lin, coton recyclé, ouate de cellulose
FBT Isolation	Paille de riz
Gramitherm	Herbe
Isonat	Bois
Le Relais Métisse	Coton recyclé
Pavatex	Bois
Steico	Bois
Technichanvre	Chanvre

- Leur production annuelle est estimée à 7 200 tonnes d'isolants, utilisant principalement des fibres [cm] de chanvre, de lin oléagineux ou de lin fibres, et plus récemment de pailles de riz avec l'arrivée d'un nouvel opérateur valorisant les pailles produites en Camargue.
- Ces isolants ont la particularité d'être utilisés principalement en rénovation (à plus de 95 % selon MSI Reports et l'AICB), et majoritairement pour l'isolation des toitures (à 80 % selon MSI Reports en 2017).
- Leurs avantages peuvent se résumer de la manière suivante :

Avantages	Points de vigilances
<ul style="list-style-type: none"> • Bonnes performances thermiques et acoustiques. • Contribution significative au confort d'été en semi-rigides. • Très bons scores pour la qualité de l'air intérieur. • Confort et facilité de pose. • Produits issus de matières renouvelables ou recyclées • Produits généralement sous ACERMI. 	<ul style="list-style-type: none"> • Une bonne mise en œuvre des systèmes constructifs est impérative afin d'éviter un développement fongique. • Il est nécessaire de bien questionner les problématiques liées à l'humidité. • Une étude hygrothermique est nécessaire pour l'utilisation des bonnes membranes (frein-vapeur et pare-pluie).

Béton de chanvre

- Le béton de chanvre fait partie de la catégorie des bétons végétaux. Ils sont obtenus en mélangeant des granulats végétaux, un liant minéral (chaux principalement) et de l'eau. Le chanvre remplace donc ici le sable et le gravier présents dans les bétons traditionnels. Dans la catégorie des bétons biosourcés, le béton de chanvre est le seul reconnu comme une technique courante et le seul à disposer de Règles Professionnelles depuis 2007. Les chènevottes utilisées comme granulat dans le béton de chanvre sont soumises au label « Granulat Chanvre » développé par l'association nationale Construire en Chanvre.



principalement sur chantier de façon manuelle. Les techniques couramment utilisées sont l'application banchée ou projetée dans le cadre des Règles Professionnelles.

Béton de chanvre en France

Volumes : **40 000 T/an (béton) et 9 000 T/ an (chènevotte)**

Taux de biosourcé : **20% en masse ; 80 % en volume**

Taux de croissance : **+ 10 % / an**

Avantages : **confort de pose, inertie thermique, durabilité des performances**

- Les bétons et enduits de chanvre seraient les bétons végétaux les plus répandus à l'échelle industrielle pour les applications en remplissage et en enduit. Développés depuis plus de trente-cinq ans, ce sont des matériaux éprouvés, et dont le comportement en situation réelle, les performances et les propriétés spécifiques, la durabilité et le vieillissement, sont progressivement déterminées au cours du temps. Les enduits de chanvre restent encore peu développés actuellement.

- Le béton de chanvre est principalement utilisé par voie humide, et se fait

- Depuis plus de dix ans, le béton de chanvre est également mis en œuvre à partir d'éléments préfabriqués. Les produits préfabriqués en atelier et posés sur chantier n'apportent aucune propriété structurelle et n'ont donc qu'une fonction d'isolation thermique. Ils prennent la forme de bloc à caractère isolant ou de panneau préfabriqué.
- Les bétons biosourcés peuvent être aussi bien utilisés en construction neuve qu'en rénovation, du fait de leurs propriétés d'isolation thermique et acoustique.

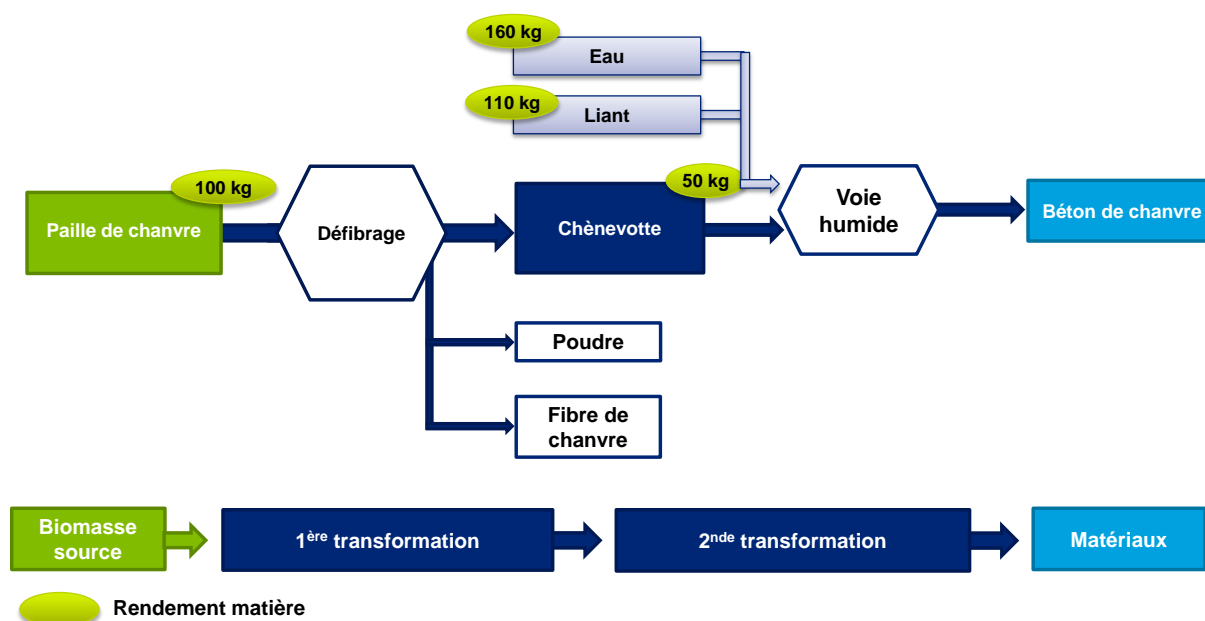


Figure 12 : Étapes et procédés de fabrication des matériaux à base de béton de chanvre⁴⁷ (RECORD, 2021)

- La conductivité thermique des blocs de béton de chanvre est d'environ 0,07 W /m.K et de 0,08 à 0,2 pour du béton de remplissage.

Caractéristiques techniques principales	Béton de chanvre
Conductivité thermique λ (W/m.K)	0,06 à 0,2
Temps de déphasage ϕ (h)	5 à 23
Masse volumique ρ (kg/m ³)	200 à 950
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau μ	1 à 2
Emission de gaz à effet de serre (kgCO ₂ eq/m ²)	0,9 à 6

- Le développement de la filière est animé par l'association nationale Construire en Chanvre. Leur croissance annuelle, estimée + 10 % / an est deux fois plus dynamique que le marché des isolants dans son ensemble. Le béton de chanvre est commercialisé via les producteurs de chaux et les acteurs de la préfabrication intervenant en France, avec l'appui des chanvrières produisant les granulats de chanvre.

Producteurs de béton de chanvre et éléments de préfabrication en France	
BCB Lhoist (chaux et granulat)	LB Ecohabitat (mur)
CESA (chaux et granulat)	Socli (chaux et granulat)
IsoHemp (bloc)	Vicat (chaux et granulat)
Lafarge (chaux et granulat)	Vieille Matériaux (bloc)
MNBC (mur)	Wall'up (mur)

⁴⁷ Mémento des marchés fibres végétales techniques à usages matériaux, ADEME/ FRD&IAR 2020 Etude RECORD n°20-0817/1A

- Les avantages du béton de chanvre peuvent se résumer de la manière suivante :

Avantages	Points de vigilances
<ul style="list-style-type: none"> • Bonnes performances thermiques tout en étant un bon tampon hydrique. • Contribution significative au confort d'été. • Excellente stabilité au feu : B, s1,d0 (classement M1) • Très bon support d'enduit. • Ressource renouvelable produite en France 	<ul style="list-style-type: none"> • Le temps de séchage du béton de chanvre est plus ou moins long, il nécessite d'être ventilé pendant ce temps. L'utilisation d'éléments préfabriqués limite ces délais. • Une épaisseur relativement importante est nécessaire pour une bonne isolation thermique. • Le caractère hygrothermique n'est pas pris en compte par les bureaux d'étude (travaux en cours). • L'application du béton de chanvre projeté nécessite l'acquisition de machines spécifiques

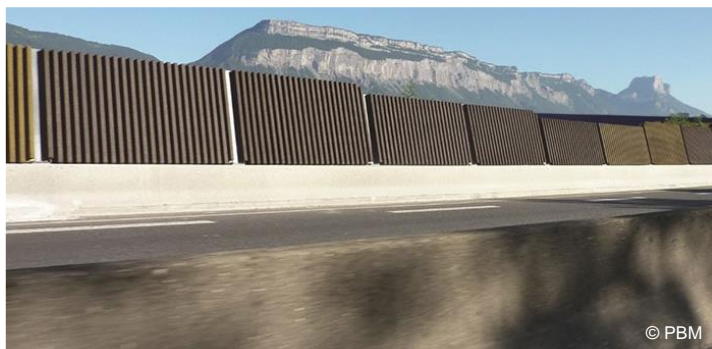
Béton de bois

- Le béton de bois est un matériau assez peu connu du grand public. Aujourd'hui, sa principale application concerne le remplacement de béton légers pour faire des chapes isolantes ou encore des enduits. En effet la présence des granulats de bois dans le béton permet d'améliorer les performances thermiques et acoustiques de ces chapes. Les copeaux qui sont utilisés sont généralement issus d'une même essence



© AGRESTA

et stabilisés à l'aide de traitements thermiques ou minéralisés pour assurer un bon mélange avec le liant. Ces traitements garantissent ainsi l'atteinte de bonnes propriétés d'isolation, limitent la dégradation des copeaux face au liant (milieu basique) et permettent de garantir une bonne durabilité de leur performance. La mise en œuvre des chapes de béton de bois se fait par des méthodes traditionnelles à l'aide de bétonnière, pompes à chapes ou camions toupies. Les liants qui sont principalement utilisés sont la chaux et le ciment.



© PBM

- La 2^{ème} utilisation par ordre important est celle des murs antibruit. Ceux-ci sont placés aux abords des autoroutes, des voies ferrées ou bien encore des aéroports, afin de limiter les nuisances sonores de ces infrastructures fortement bruyantes. Les bétons de bois pour murs antibruit sont utilisés depuis environ 40 ans au niveau européen et sont leader de ce marché puisqu'ils

permettent d'atteindre les meilleures performances techniques selon la norme correspondante.

- On retrouve également le béton de bois dans le domaine de la préfabrication. En effet, de nombreux produits préfabriqués à base de bois sont disponibles sur le marché. Ces produits sont soumis à des normes produits spécifiques au bois et des normes génériques aux produits concernés (bloc de coffrage en bois ciment et murs antibruit en bois ciment par exemple). La mise en œuvre par préfabrication permet un bon contrôle du séchage du produit final, et la maîtrise des performances et de la durabilité.



© ALKERN

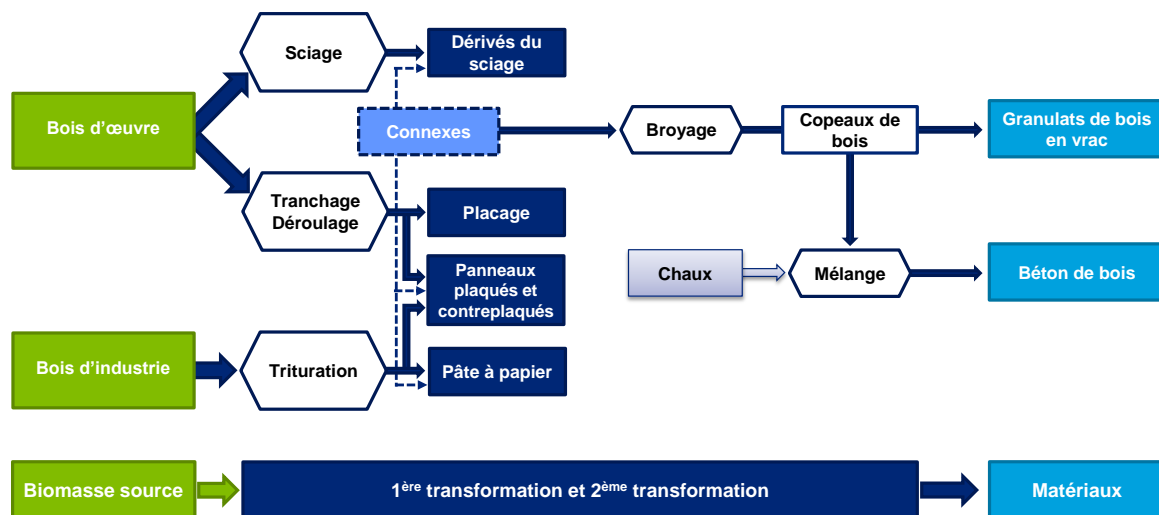


Figure 13 : Étapes et procédés de fabrication bétons de bois et granules de bois pour chape et enduits à base de béton de bois⁴⁸ (RECORD, 2021)

- La conductivité thermique des bétons de bois varie de 0,07 pour certains blocs et jusqu'à 0,23 pour d'autres éléments. Les panneaux acoustiques en bétons de bois peuvent atteindre jusqu'à 66 dB d'affaiblissement acoustique.

Caractéristiques techniques principales	Béton de bois
Conductivité thermique λ (W/m.K)	0,07 à 0,23
Temps de déphasage ϕ (h)	Jusqu'à 16 h
Masse volumique ρ (kg/m ³)	200-1000
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau μ	1 à 2
Emission de gaz à effet de serre (kgCO ₂ eq/m ²)	15
Indice d'affaiblissement acoustique (dB)	Jusqu'à 66

- Les données de marché sont peu connues à ce jour. Les volumes de production de bétons de bois sont estimés selon DHUP, 2012 à 100 000 tonnes par an. Une dizaine d'acteurs sont présents sur le marché. Avec 40 % de parts de marché les murs antibruit en bois ciment sont loin d'être anodins, PBM le leader du marché annonçant une production de 50 000 m²/an.

Producteurs de béton de bois commercialisé en France	
Agresta (granulat)	Isospan (bloc de coffrage)
Alkern (bloc)	Isotex (bloc)
Capremib (mur antibruit)	Lignoroc (CCBM – mur)
Granuland (granulat)	PBM (mur antibruit)
Isolabloc (PAC - bloc de coffrage)	Thermibloc (bloc de coffrage)

- Les avantages du béton de bois peuvent se résumer de la manière suivante :

Avantages	Points de vigilances
<ul style="list-style-type: none"> Très bonnes performances acoustiques et thermiques. Contribution significative au confort d'été. Produits sous ATEX ou DTA. Très bon support d'enduit et correspondant aux systèmes de poses actuels. Ressource renouvelable répartie de façon homogène sur le territoire français. 	<ul style="list-style-type: none"> Une épaisseur relativement importante est nécessaire pour une bonne isolation thermique. Le caractère hygrothermique n'est pas pris en compte par les bureaux d'étude. L'application du béton de chanvre projeté nécessite l'investissement de machines spécifiques.

⁴⁸ Etude sur le secteur et les filières de production des matériaux et produits biosourcés utilisés dans la construction - Etat des lieux économique du secteur et des filières (mise à jour) – DGALN 2017 Etude RECORD n°20-0817/1A

Panneaux de particules allégés

- Ils sont constitués principalement de lin fibres. Deux types de produits sont présents sur le marché des panneaux de particules allégés :
 - Les panneaux de lin relevant de la norme européenne NF EN 15197 de mai 2007, à destination du marché des portes coupe-feu, qui doivent être constitués au moins de 70 % de lin. Ils valorisent le comportement non-feu des anas de lin lié à leur richesse naturelle en phosphate.
 - Les panneaux allégés à base de lin, à destination des marchés de l'ameublement. Ils valorisent la légèreté des anas de lin ($\pm 80 \text{ kg/m}^3$).
- Ces panneaux se démarquent des panneaux 100 % à base de bois et permettent de mettre sur le marché des panneaux à propriétés différenciantes adaptés aux besoins de marchés spécifiques :
 - Sur le plan du comportement au feu, de par la richesse naturelle en phosphate du lin,
 - Sur le plan du poids, les anas de lin permettant de produire des panneaux 46 % plus légers que le bois. Leur avantage différenciant est significatif pour des panneaux relativement épais destinés au marché de l'ameublement ($\pm 4 \text{ cm}$).
- Ils sont ainsi positionnés sur des marchés de « niche » relativement à la globalité des marchés des panneaux de particules, et s'affranchissent ainsi d'une concurrence directe et frontale par rapport aux panneaux de particules usuels.
- A l'image des panneaux de particules standards, ces panneaux sont constitués à 94 % de granulats végétaux et de 6 % de colle permettant de lier entre eux ces granulats. La composition des panneaux, dépend du type de panneaux produits. Ils sont constitués :

Panneaux de particules allégés en France

Volumes : **330 000 T/an**
 Taux de biosourcé : **20 à 50 % en masse**
 Taux de croissance : **+ 10 % / an**
 Avantages : **allègement, propriété non-feu**



© CELC

- A minima de 70 % d'anas de lin, pour les panneaux à destination du marché des portes coupe-feu,
- A plus de 50 % d'anas de lin (70 % dans la partie centrale), pour les panneaux à destination de l'ameublement, le reste du panneau et en particulier les faces visibles extérieures étant constituées de bois.

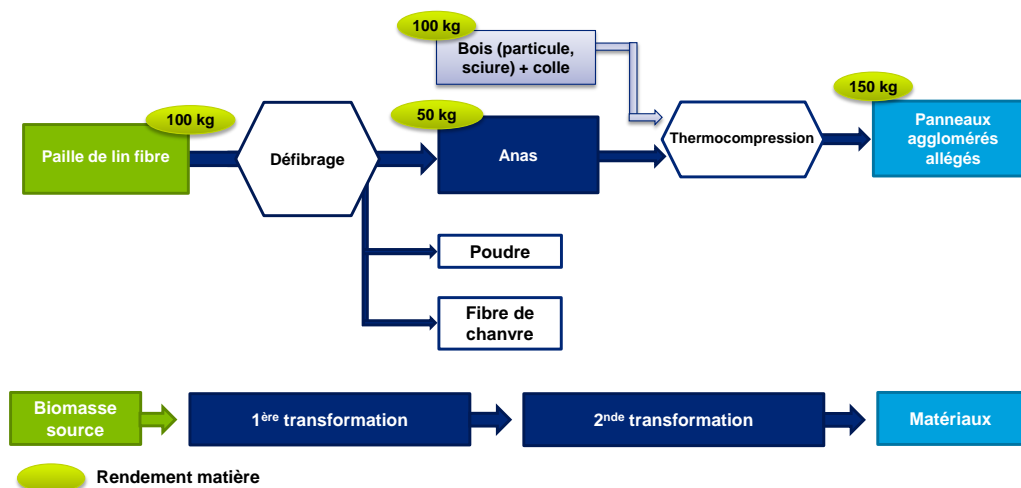


Figure 14 : Étapes et rendement des procédés de fabrication des panneaux de particules allégés⁴⁹ (RECORD, 2021)

- La production de panneaux agglomérés d'anas est ainsi évaluée à 330 000 tonnes par an pour un chiffre d'affaires annuel de 90 millions d'euros. A noter que plus des $\frac{3}{4}$ de la production est exportée. Deux acteurs clés sont présents sur le marché et sont localisés en Normandie au cœur du bassin mondial du lin fibres, ce qui leur permet de sécuriser leur approvisionnement :

⁴⁹ ONRB : enjeux de la valorisation de la biomasse en matériaux biosourcés, FranceAgriMer, 2015
 Etude RECORD n°20-0817/1A

Producteurs de panneaux allégés en France	Biomasse
De Sutter Frères (SANOPAN)	Lin fibres, colza
Linex panneau SA	Bois, lin fibres

- Leurs avantages peuvent se résumer de la manière suivante :

Avantages	Points de vigilances
<ul style="list-style-type: none"> • Légèreté (350 kg/m³ v/ 620 kg/m³ pour un panneau de particule à base de bois) • Propriété non feu qui permet leur utilisation dans les marchés des portes coupe-feu, plans de cuisine, emballage, etc. • Caractéristiques mécaniques comparables à celles des panneaux de bois • Faible dilatation (5 fois inférieure à celle du bois) 	

Wood Plastic Composite

- Les WPC⁵⁰ ont été inventé au Japon au début des années 1980 par la société Einwood qui est encore aujourd'hui un précurseur technologique. Ils se sont fortement développés en Amérique du Nord sur la base d'un mélange PE / bois avec une production supérieure à 1 millions de tonnes par an en 2010.
- Ils ont commencé à se développer en Europe au début des années 2000 pour des applications planchers de terrasse, clôture et bardage en extrusion et toute une série de biens de commodités en injection. De manière schématique les principaux procédés de mise en œuvre reposent sur l'extrusion de polymères et de farines de bois. Les matières premières utilisées sont pour les polymères (PE, PVC, PP) à 40 % recyclées, et les charges végétales sont à près de 60 % issues de copeaux de bois ou de sciures. Les pièces se sont complexifiées au cours des années lames pleines, mix aluminium / WPC, coextrusion, etc.

Wood Plastic Composite en France

Volumes : **15 000 T/an**
Taux de biosourcé : **50 à 60 % en masse**
Taux de croissance : **+ 10 à 15 % / an**
Avantages : **pose, entretien, durée de vie, fin de vie**



Lame creuse



Lame pleine



Complexe aluminium

Figure 15 : Evolution des technologies de fabrication des WPC (des plus anciennes à gauche aux plus récentes à droite)⁵¹ (RECORD, 2021)

- Ce sont 15 000 tonnes de WPC qui seraient produits actuellement en France selon le Nova-Institut par un tissu d'acteur positionnés sur les différents maillons de la chaîne de valeur : compoandeur ⇒ extrudeur ⇒ intégrateur. La filière européenne connaît un taux de croissance en tendance de 15 % par an, ce taux de croissance dynamique étant dû à des produits de qualité positionné en milieu de gamme des produits qu'ils remplacent : faciles d'usages et d'entretiens, garantis sur des périodes de 15 à 20 ans, etc.

⁵⁰ Nova-Institut. Wood-Plastic Composites (WPC) and Natural Fibre Composites (NFC): European and Global Markets 2012 and Future Trends. 2014.

⁵¹ Brahim, Addad. Analyse des opportunités d'investissements dans le domaine des agromatériaux fibres végétales. Université d'Angers : ISTIA Innovation, 2012.
Etude RECORD n°20-0817/1A

Producteurs français de WPC	
Actiplast (compoundeur)	Oceplast (extrudeur)
Neolife (extrudeur)	Silvadec (extrudeur)

- Leurs avantages peuvent se résumer de la manière suivante :

Avantages	Points de vigilances
<ul style="list-style-type: none"> Produits esthétiques Bien positionnés en matière de prix Faciles de pose et d'entretien Durée de vie garantie de 15 à 20 ans 	<ul style="list-style-type: none"> Ponctuellement problématique de vieillissement / nettoyage des bardages Tenue aux UV

Pièces plastiques injectées renforcées en fibres végétales

- Les pièces plastiques injectées en fibres végétales reposent sur la formulation de compounds polymères + fibres ou farines végétales.
- Le polypropylène est de très loin le 1^{er} polymère utilisé dans l'injection et les pièces biosourcées liées. Le caractère biosourcé de ces pièces est apporté actuellement et généralement par les fibres végétales (chanvre, bois, miscanthus... ou plus ponctuellement les anas de lin et tout une série de

Pièces plastiques injectées en France

Volume : > 6 000 T/an
Taux de biosourcé : 20 à 30 % en masse
Taux de croissance : + 15 à 20 % / an
Avantage : **allègement, recyclable, gain environnemental**



coproduits agricoles) incorporé généralement de 20 à 30 %.

- Du fait du prix du pétrole structurellement bas depuis plusieurs années, l'utilisation de polymères biosourcés est relativement limitée à des applications de niches. Le PLA est l'un des polymères les plus utilisés pour des marchés spots. Quelques pièces en polyamide (PA) existent également.
- Les technologies étant très récentes (années 2005 – 2010 pour le tout début), les problématiques de fin de vie ne sont pas encore connues opérationnellement. Tous les essais réalisés à l'échelle laboratoire ou industrielle montrent la capacité de ces pièces à être recyclées.

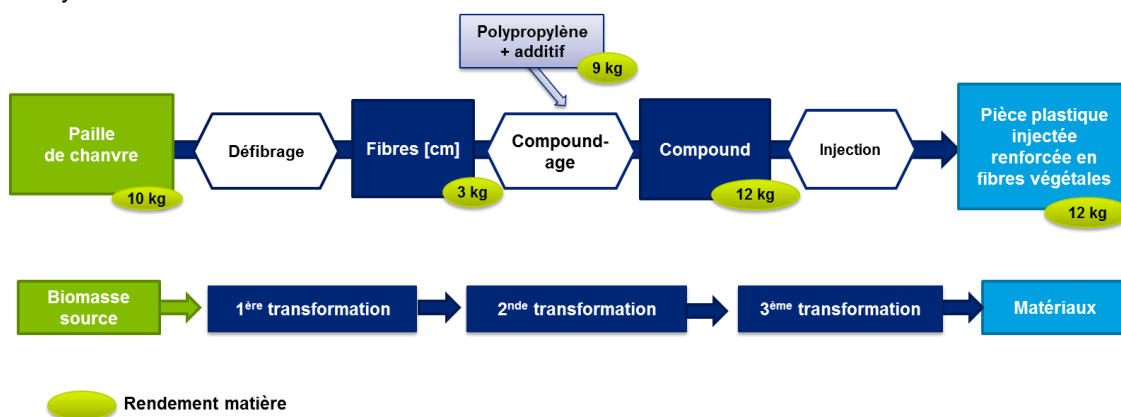


Figure 16 - Étape et rendement des procédés de production de pièces injectées renforcées en fibres végétales⁵² (RECORD, 2021)

- Le marché automobile est le marché principal pour les fibres végétales, principalement, suite aux travaux de recherche conduits notamment par Faurecia et APM à base de PP/Chanvre (projet NAFI). D'autres gammes existent ou sont en phase de développement, par exemple chez Addiplast ou AD Majoris (miscanthus, etc.). Leur industrialisation est en phase de croissance

⁵² ONRB : enjeux de la valorisation de la biomasse en matériaux biosourcés, FranceAgriMer, 2015
Etude RECORD n°20-0817/1A

active représente un volume de plus de 6 000 tonnes, avec un taux d'incorporation de chanvre de 20 à 30 %. Les cahiers des charges satisfaits sont progressivement de plus en plus exigeants. Les solutions NAFILean PP/Chanvre sont ainsi déployées sur des médaillons de portière depuis 2013, puis sur les planches de bord de la Giulia (Alfa Roméo) en 2016, et celles de la nouvelle Clio (Renault) en 2019. Les fibres utilisées sont des fibres [cm] de chanvre. A côté de ces solutions des compoundeurs ont développé des matières biodégradables et/ou compostables à destination des emballages (alimentaire, horticole, calage, etc.) comme Futuramat et Vegeplast.

Producteurs de compounds	Biomasse
ADDIPLAST	Bois et miscanthus
AD Majoris	Miscanthus
APM	Chanvre
FUTURAMAT	Céréales, bois, toutes fibres végétales
VEGEPLAST	Bois, toute fibre végétale

- Leurs avantages peuvent se résumer de la manière suivante :

Avantages	Points de vigilances
<ul style="list-style-type: none"> Légèreté (gain de masse de 20 à 30 %) Recyclabilité Gain environnemental démontré dans le cadre d'ACV Isotropie des performances Non abrasion des moules 	<ul style="list-style-type: none"> Nécessite parfois de changer de moule Nécessite la réalisation de tests de prise en main et d'un accompagnement technique Protocole d'utilisation de la matière à respecter : stockage et étuvage des compounds en entrée de ligne d'injection

Pièces thermocompressées à base de non-tissés

- Il s'agit de pièces issues de la transformation de non-tissés à base de lin, de chanvre et/ou de fibres exotiques (jute, kenaf, etc.) et 50 % de fibres de polypropylène utilisées par la quasi-totalité des constructeurs présents en Europe (Mercedes, BMW, Volvo, etc.). Selon PSA et Renault ce sont ces pièces qui constituent actuellement quasi intégralement la part de matériaux biosourcés dans un véhicule.
- Ces pièces sont destinées notamment à la production de tableau de bord, panneau de porte, montant de baie, passage de roue, fonds de coffre. Leur consommation en France serait de l'ordre de 3 000 à 4 000 tonnes par an, 50 % des fibres végétales utilisées étant des fibres [cm] de lin. A noter que les fibres naturelles sont utilisées significativement dans ce secteur d'activité à l'échelle européenne avec 80 000 tonnes/an (Nova 2014). Les fibres végétales techniques hors bois représentent 39 % de ce total, contre 35 % pour le bois et 26 % pour le coton recyclé.

Les Pièces thermocompressées à base de non-tissés en France

Volume : **3 000 – 4 000 T/an**
 Taux de biosourcé : **50 % en masse**
 Taux de croissance : **croissance modérée**
 Avantage : **allègement, recyclable, gain environnemental**

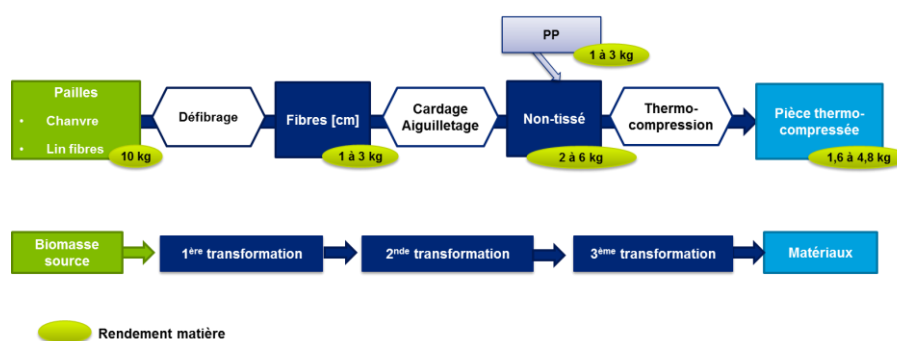


Figure 17 - Étape et rendement des procédés de production de pièces thermocompressées à base de non-tissés en fibres végétales⁵³

⁵³ ONRB : enjeux de la valorisation de la biomasse en matériaux biosourcés, FranceAgriMer, 2015
 Etude RECORD n°20-0817/1A

- Le principal acteur présent sur ce marché est la société Ecotechnilin en Normandie, les autres acteurs étant présents au niveau européen (Allemagne, Belgique, Pays-Bas, Pologne, etc.).

Producteurs français de non-tissés	Biomasse
Ecotechnilin	Lin, jute, kenaf, chanvre, etc.

- Leurs avantages peuvent se résumer de la manière suivante :

Avantages	Points de vigilances
<ul style="list-style-type: none"> Technologie ancienne et éprouvée notamment par certains constructeurs automobiles allemand (BMW, Mercedes, etc.) Légèreté (gain de masse de l'ordre de 40 %) et performance acoustique Chutes de production réincorporables / réincorporées Gain environnemental démontré dans le cadre d'ACV 	<ul style="list-style-type: none"> Pièces non recyclées. Des premières tentatives réussies de récupération de ces pièces qui sont broyées et réincorporées pour la production de non-tissés Demande un accompagnement à la mise en œuvre, afin d'éviter les erreurs d'utilisation

Composites à base de fibres continues et matrices biosourcées

- Les fibres végétales techniques se positionnent comme la 3ème source d'approvisionnement en fibres loin derrière les fibres de verre et de carbone en volume.
- Le domaine des sports & loisirs est le secteur le plus dynamique dans l'utilisation des fibres végétales. Ainsi, un certain nombre de produits (ski, surf, vélo, casque, raquette de tennis, guitare, mobilier de luxe, etc.) ont été mis sur le marché depuis près d'une dizaine



- d'année à partir de composites à fibres continues intégrant des renforts lin (unidirectionnels, multiaxiaux, non-tissés, etc.), permettant soit de valoriser les propriétés d'amortissement des fibres [dm] de lin (comparativement aux fibres de carbone), soit de valoriser leurs propriétés d'aspects. De manière complémentaire, de belles réalisations existent sur les marchés du ferroviaire, du nautisme et de l'aéronautique. Toutes les matrices (thermoplastiques et thermodurs) et technologies (moulage au contact, infusion, RTM, etc.) sont utilisées.
- La filière cherche activement à identifier toutes les propriétés différenciantes de ses fibres [dm] (exemple de la transparence aux signaux électromagnétiques) et à les valoriser.
- L'outil de production s'est renforcé et dispose désormais d'une capacité de production annuelle de 2 800 – 2 900 tonnes de renforts (non-tissés, unidirectionnels, etc.). Plus récemment, il faut noter un certain nombre de projets d'innovation visant à valoriser la fibre de chanvre comme fibre de renfort pour composite dans le domaine du transport. Ces projets se développent en synergie avec les projets de valorisation du chanvre dans le domaine du textile pour l'habillement. 8 acteurs clés sont présents sur le marché :

Composites à fibres continues en France

Capacité de production : ± 7 000 T/an
Taux de biosourcé : 30 à 50 % en volume
Taux de croissance : + 5 à 10 % / an
Avantage : **allègement, amortissement des vibrations, gain environnemental**

Producteurs de renforts commercialisés en France	Biomasse
Bcomp	Lin
Dedienne Multiplasturgy	Lin (unidirectionnel, multiaxial)
Depestele	Lin (unidirectionnel, tissu, roving, ruban, fil)
La Chanvrière	Chanvre (ruban)
Natup Fibres	Lin (unidirectionnel, voile, tissu, ruban)
Terre de lin	Lin (unidirectionnel, multiaxial, roving, ruban)
Safilin	Lin (fil, roving, unidirectionnel, tissu)

- La teneur en biosourcé est généralement apportée par les fibres végétales (soit de 30 à 50 % en volume). Ponctuellement des résines partiellement biosourcées comme les époxy ou les

polyamides peuvent être utilisées. A noter depuis 2-3 ans l'émergence de tout un panel de R&D essayant de développer des résines 100 % biosourcées.

- Leurs avantages peuvent se résumer de la manière suivante :

Avantages	Points de vigilances
<ul style="list-style-type: none">• Degré d'utilisation plus ou moins facile selon les technologies de mise en œuvre des composites utilisés• Légèreté (gain de masse de l'ordre de 40 %) et amortissement des vibrations. Compense très bien les défauts des fibres de carbone dans ce domaine.• Gain environnemental démontré dans le cadre d'ACV	<ul style="list-style-type: none">• Technologies nouvelles en phase d'apprentissage et d'optimisation. Demande de continuer l'effort d'investissement R&D et un accompagnement à la mise en œuvre, afin d'éviter les erreurs d'utilisation• Prix de revient encore parfois élevé tant que les volumes de marché ne permettront pas de mettre en œuvre les économies d'échelle attendues dans le futur• Pièces principalement thermodures qui rentrent dans la problématique générale du recyclage de cette famille de composite.

C.3 Synthèse : dynamiques de marché & taux de pénétration associés

En synthèse de la Phase 1, les principaux matériaux biosourcés, la réalité de leur production, de leur taux de pénétration, de leur teneur en biosourcé et des matériaux de référence présents sur les marchés sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Famille		Matériau	Matrice	Fibre	Matériaux pétrosourcé de référence	Volume de production (kt)*	Taux de croissance	Taux de pénétration	Teneur en biosourcé	Fin de vie	
Plastiques biosourcés	Identique à des plastiques classiques	Copolyester semi-aromatique	Polytéréphtalate d'éthylène (PET)	NA	PET	165	19%	0,59%	30 à 100 %	Recyclage	
		Polyoléfines	Polyéthylène (PE)	NA	PE	220	+ 19 % / an	0,22%	100%	Recyclage	
			Polypropylène (PP)	NA	PP	30	+ 6,5 % / an	0,04%	30 à 100 %	Recyclage	
	A structure nouvelle	Amidon thermoplastique (ATP)	Amidon thermoplastique (ATP)	NA	NA	Low density PE, Polystyrène	400	+ 6,5 % / an	1,90%	30 à 80 %	Biodégradable – home compost
		Homopolylester aliphatique	Polyacide lactique (PLA)	NA	NA	PET, PE, PP	400	+ 10 à 15 %	1,44%	100%	Biodégradable – compostable industriellement
			PHAs	NA	NA	PE, PP	36	+ 100 % / an	0,05%	14%	Biodégradable – home compost
	Polyuréthanes (PU)	Polyols + poly-isocyanates	NA	NA	PU	36	+ 6 % / an	0,14%	10 à 100 %	Incinération	
Matériaux biosourcés hors plastiques biosourcés	Isolants biosourcés	Isolants fibres de bois	Polyuréthane, paraffine	Bois	PSE	99	+ 10 % / an	4%	> 80 %	Enfouissement	
		Ouate de cellulose	NA	Papier recyclé (ouate de cellulose)	Laine de verre et laine de roche	45	+ 10 % / an	3%	85%	Enfouissement	
		Isolants souples biosourcés (hors bois)	PE, PLA...	Chanvre, lin fibres, lin oléagineux, pailles de riz, textile recyclé, laine de mouton...	Laine de verre et laine de roche	10,7	+ 10 % / an	3%	90 à 100 %	Enfouissement	
	Bétons biosourcés	Béton de chanvre	Chaux	Chanvre	Chanvre	Paroi parpaing + laine de verre + placoplatre	40	+ 10 % / an	0,1%	20%	Pas encore de cas concret en cours d'investigation
		Béton de bois	Ciment	Bois	Bois	PSE/XPS	100	+ 10 % / an	0,1%	20%	Pas encore de cas concret en cours d'investigation
	Panneaux biosourcés	Panneaux allégés	Résines urée-formaldéhydes	Lin fibres	Lin fibres	Panneaux de particules	330	stable	15%	0 à 95 %	Enfouissement Recyclage
Composites biosourcés	Wood-Plastic Composite	PVC, PE, PP	Bois	Bois	Lame de terrasse en bois	15	+ 10 à 15 % / an	0,3%	50 à 60 %	1ers cas concrets, pas de solutions homogènes (déconstruction...) en cours d'investigation	
	Pièce plastique injectée renforcée en fibres végétales	PP majoritairement	Chanvre, bois	Chanvre, bois	PP talc	6	+ 15 à 20 % / an	0,1%	20 à 30 %	Recyclage	
	Pièce thermocompressée à base de non-tissés (hors coton effiloché)	PP / PE	Coton, lin fibres, kenaf, chanvre, jute, etc.	Coton, lin fibres, kenaf, chanvre, jute, etc.	PP/PE fibres de verre	3,5	stable	3%	50%	Enfouissement, développement de 1ères solutions de recyclage	
	Composite à base de fibres continues et matrices biosourcées	Polyester, Epoxy, PA...	Lin fibres	Lin fibres	Lin fibres	Polyester fibres de verre	7	+ 5 à 10 % / an	6%	30 à 50 %	Fin de vie des matériaux thermodurs

* ou capacité de production

na = non applicable

nc = non concerné

Tableau 9 : Synthèse des matériaux biosourcés disponibles en France dans le domaine de l'emballage / transport / bâtiment (RECORD, 2021)

Les polymères biosourcés bénéficient d'une dynamique de croissance forte, à distinguer selon 3 familles de polymères :

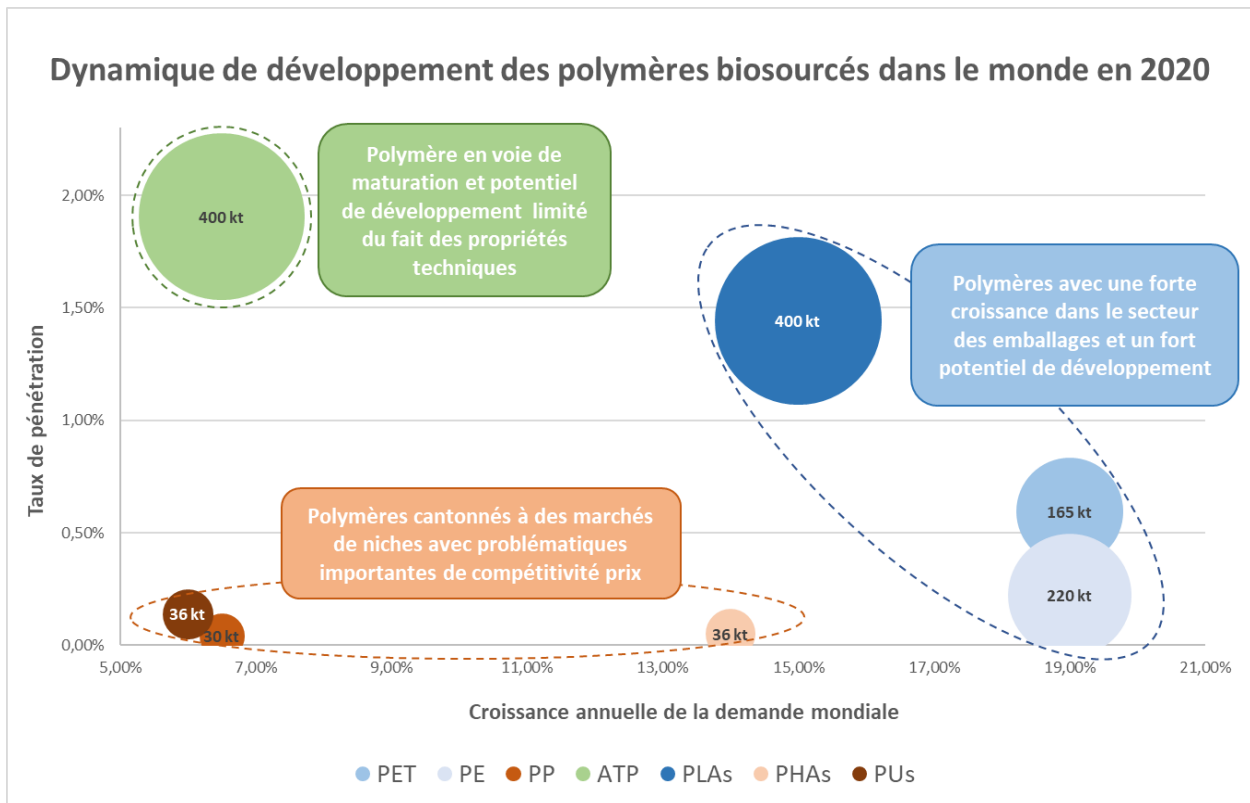


Figure 18 : Dynamique de développement des polymères biosourcés dans le monde (RECORD, 2021)

Les matériaux biosourcés hors plastiques bénéficient des réglementations thermiques et environnementales dans le bâtiment et dans une moindre mesure des politiques de décarbonation du secteur automobile. 4 dynamiques distinctes sont à prendre en compte.

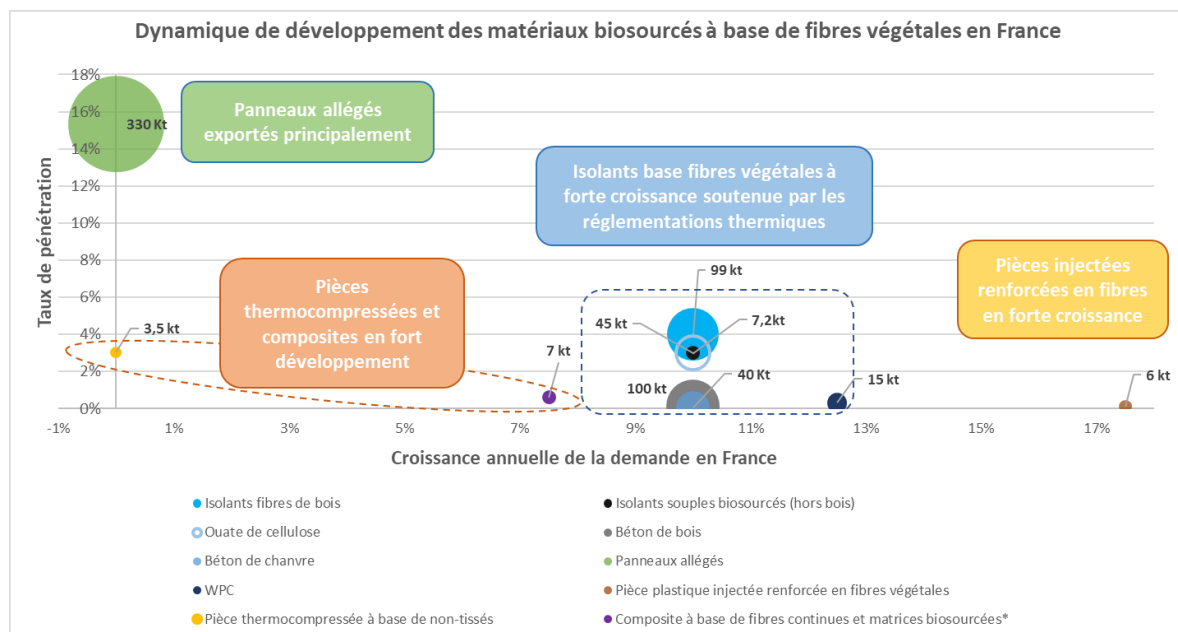


Figure 19 : Dynamique de développement des matériaux biosourcés à base de fibres végétales en France (RECORD, 2021)

D. Phase 2 : Evaluation du caractère biosourcé des matériaux : outils de mesure et garanties

L'objectif de cette partie est de faire le point sur l'ensemble des outils de mesure et de pilotage disponibles au niveau national et européen afin d'évaluer le caractère biosourcé d'un matériau et son impact environnemental :

- *Etat des lieux des méthodes de mesure du caractère biosourcé des matériaux*
- *Etat de l'art des principaux outils utilisés afin d'évaluer totalement ou partiellement l'impact environnemental des matériaux biosourcés*

D.1 Etat des lieux des méthodes de mesure du caractère biosourcé des matériaux

Les normes

En Europe le comité technique CEN/TC 411 a été établi afin de mettre en place des normes autour des produits biosourcés. La CEN/TR 16721 dresse ainsi un panorama des méthodes qui peuvent être utilisées pour déterminer la teneur biosourcée des produits solides, liquides et gazeux. On retrouve ainsi :

- Une méthode utilisant l'analyse du radiocarbone et l'analyse élémentaire : cette méthode repose sur une déclaration et une vérification de la composition des produits
- Des méthodes reposant sur la mesure des rapports d'isotopes stables
- Une méthodes reposant sur le bilan de matière.

Comme exposé dans la partie « Labels correspondants » ci-après, les 2 méthodes d'évaluation du contenu biosourcé utilisées dans les labels dédiés au contenu en biosourcé sont l'analyse radiocarbone et le bilan de matière. Ci-dessous une présentation de ces 2 méthodes :

- **Analyse radiocarbone** :

Cette méthode de détermination de la teneur en biomasse est basée sur la mesure du carbone 14 (^{14}C) dans les produits biosourcés. Le carbone élémentaire, C, a en effet un isotope, ^{14}C , qui permet de différencier clairement les substances à base de carbone issues de la biomasse des substances à base de carbone d'origine fossile. Le ^{14}C présent dans les produits chimiques provient du CO_2 atmosphérique récent. En raison de sa désintégration radioactive, il est pratiquement absent des produits fossiles antérieurs à 20 000 ans à 30 000 ans. La teneur en ^{14}C peut ainsi être considérée comme un traceur des produits chimiques récemment synthétisés à partir de CO_2 atmosphérique et en particulier des produits récents.

L'analyse radiocarbone permet ainsi de calculer la fraction de carbone biosourcé qui peut également être exprimée en fraction de la teneur en carbone total. Les normes permettent l'utilisation d'une de ces trois méthodes :

- **Méthode A** : compteur proportionnel à scintillation liquide (CSL) : détermination indirecte de l'abondance isotopique de ^{14}C , par le biais de son émission de particules bêta (interaction avec les molécules de scintillation).
- **Méthode B** : spectrométrie de masse par accélérateur (SMA) : détermination directe de l'abondance isotopique de ^{14}C .
- **Méthode C** : détermination indirecte de l'abondance isotopique de ^{14}C , par le biais de son émission de particules bêta (détecteur de type Geiger-Müller).

La réalisation d'une analyse radiocarbone peut nécessiter d'utiliser des instruments de mesure très sophistiqués et donc ayant un coût élevé.

- **Bilan de matière** :

Cette méthode consiste à quantifier, pour un produit donné, les entrées en masse de matériaux biosourcés qui entrent dans l'unité de fabrication et à identifier, par un moyen de calcul et de traçage, ces masses dans chacune des compositions de produits mises sur le marché.

Cette méthode est applicable à n'importe quel produit provenant d'une unité de production et pour lequel les teneurs biosourcées des intrants sont connues, les éléments H, N et O qui sont rattachés à une structure carbonée biosourcée étant considérés comme biosourcés. Les produits naturels (i.e. chanvre, liège, bois, etc.) ont une teneur en biosourcé imposée de 100%.




Une liste de toutes les normes relatives à la mesure du caractère biosourcé des matériaux utilisés dans les labels a été effectuée dans le Tableau 10 avec des précisions sur les domaines d'applications ainsi que les principes généraux.

Norme	Intitulé	Méthodes utilisées		Domaine d'application	Label concerné
		Analyse radiocarbone	Bilan de matières		
ISO 16640	Détermination de la teneur en carbone biosourcé par la méthode au radiocarbone	X	.	Produits biosourcés	RSB, OK Biobased
ISO 16620 – 2	Détermination de la teneur en carbone biosourcé	X		Plastiques	DIN Geprüft,
ISO 16620 – 3	Détermination de la teneur en polymère synthétique biosourcé	X		Plastiques	DIN Geprüft,
ISO 16620 – 4	Détermination de la teneur en masse biosourcée	X		Plastiques	RSB, DIN Geprüft,
EN 16785 - 1	Détermination de la teneur biosourcée par une analyse au radiocarbone et une analyse élémentaire	X		Produits biosourcés	RSB, Biobased %, Produit Biosourcé
EN 16785 - 2	Détermination de la teneur biosourcée à l'aide de la méthode basée sur le bilan-matières		X	Produits biosourcés	RSB, Produit Biosourcé
ASTM D6866	Standard Test Methods for Determining the Biobased Content of Solid, Liquid, and Gaseous Samples Using Radiocarbon Analysis	X		Produits biosourcés (pas d'accès à la norme)	DIN Geprüft, USDA Certified Biobased Product

Tableau 10 : Normes utilisées pour mesurer le taux de biosourcé d'un matériau (RECORD, 2021)

Labels correspondants

Les normes exposées précédemment, permettant de connaître le taux de biosourcé dans un produit, sont utilisées pour répondre aux exigences des labels dédiés au contenu en biosourcé. A ce jour, en France, le seul label exclusivement dédié aux produits biosourcés est le label « Produit Biosourcé » créé par des acteurs du bâtiment afin de favoriser notamment l'utilisation de ces matériaux dans la commande publique. A l'échelle européenne, plusieurs labels existent en ce sens et ont tous un point commun : des critères sur un taux minimal de biosourcé à avoir afin d'être labélisé (taux qui peut varier en fonction des typologies de produits). Ces labels sont tous des labels de type II i.e. des auto-déclarations environnementales (cf. détails partie D.2).

Logo	Nom du label	Structure / organisme le délivrant	Critères pour obtenir le label		Méthode d'évaluation du taux de biosourcé autorisée	Norme associée	Justificatif à fournir pour obtenir le label	Réalisation d'une vérification / contrôle / audit par l'organisme délivrant le label	Secteur pouvant l'utiliser
			Sur le taux de biosourcé	Autres critères ?					
 Cadre d'origine : associé à une norme européenne, pas de pays spécifique	Bio-Based content	DIN CERTCO	Atteste d'un contenu en biosourcé d'x%		Analyse au radiocarbone et la composition des produits ou de la famille de produit	NF EN 16785-1 :2015	Analyse du contenu en biosourcé par un laboratoire agréé	Oui	Tous
		TÜV AUSTRIA BELGIUM							
 Cadre d'origine : France	Produit Biosourcé	KARIBATI	% massique minimum de matière première issue de la biomasse selon la catégorie de produit (de 10 à 90%) Produit avec DEP ou FDES		Analyse au radiocarbone ou bilan matières	NF 16785-1 ou NF 16785-2	Composition complète du produit	Auditeur externe conforme EN17065 tous les 2 ans	Bâtiment
 Cadre d'origine : International	RSB (Roundtable on sustainable biomaterials)	SCS Globale Services	25% minimum de matière biosourcé		Analyse au radiocarbone ou bilan matières	EN 16640 ou ASTM D 6566 ou ISO 16620 ou EN 16785	Audit	Oui (audit)	Tous
		Control Union							

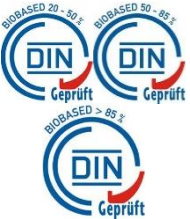


Logo	Nom du label	Structure / organisme le délivrant	Critères pour obtenir le label		Méthode d'évaluation du taux de biosourcé autorisée	Norme associée	Justificatif à fournir pour obtenir le label	Réalisation d'une vérification / contrôle / audit par l'organisme délivrant le label	Secteur pouvant l'utiliser
			Sur le taux de biosourcé	Autres critères ?					
 <p>Cadre d'origine : Allemagne</p>	DIN Geprüft	DIN CERTCO / TUV Austria	La teneur en matière organique doit être d'au moins 50% La teneur en carbone biosourcé par rapport à la masse totale de carbone doit être d'au moins 20%		Analyse au radiocarbone ou bilan matières	ASTM D6866 ou CEN/TS 16173 ou ISO 16620 ou EN 13039 ou DIN 18128	Composition complète du produit	Oui, tous les 6 ans	Tous
 <p>Cadre d'origine : Autriche</p>	OK Biobased	TUV Austria	La teneur en matière organique doit être d'au moins 30% La teneur en carbone biosourcé par rapport à la masse totale de carbone doit être d'au moins 20%		Analyse au radiocarbone ou bilan matières	EN 16640 ou CEN/TS 16137 ou TUV Austria TS-OK20	Composition complète du produit	Oui, tous les 5 ans	Tous
 <p>Cadre d'origine : Etats-Unis</p>	Certified biobased product (programme BioPreferred)	USDA	% minimum de teneur en carbone biosourcé différent en fonction de la catégorie de produit		Analyse au radiocarbone	ASTM D 6866			Agences fédérales et les entrepreneurs fédéraux (139 catégories de produits sur lesquelles le label s'applique)

Tableau 11 : Principaux labels relatifs aux matériaux biosourcés (RECORD, 2021)

D.2 Etat de l'art des principaux outils utilisés afin d'évaluer totalement ou partiellement l'impact environnemental des matériaux biosourcés

Deux principaux outils permettent d'évaluer la performance environnementale d'un produit :

- **Les données appelées inventaires du cycle de vie, et les résultats d'analyse du cycle de vie (ACV)**, méthode normée par l'ISO 14040 et 14044, quantifiant l'impact environnemental d'un produit via plusieurs indicateurs et incluant l'ensemble des étapes du cycle de vie du produit : extraction des matières premières, transformation de ces dernières, fabrication du produit en tant que tel, transports amont et aval, emballages, fin de vie de ces derniers et du produit, en incluant les consommations d'énergie, d'eau ainsi que les traitements des déchets nécessaires ;
- Les labels, permettant de garantir des niveaux d'exigences sur des critères spécifiques, pouvant être environnementaux.

L'application de la méthode d'ACV permet d'objectiver les impacts environnementaux d'un produit, i.e. d'avoir une évaluation quantitative de ces derniers (en multicritères via l'évaluation sur plusieurs indicateurs.) Cela permet de comparer plusieurs produits entre eux, sur plusieurs indicateurs, et ainsi de dégager des conclusions par critères sur la potentielle meilleure performance, ou le plus fort impact d'un produit par rapport à un autre. Le cas d'une comparaison donne donc un point de vue relatif.

L'utilisation de labels permet quant à elle de donner une vision plus absolue d'un produit. L'obtention d'un label est conditionnée au fait de se conformer aux critères exigés par le cahier des charges. Le label donne donc l'information de la validation du produit au regard des exigences du label ; un produit labellisé atteste que le produit est « bon » dans le référentiel du label.

D'autre part, la fin de vie des matériaux biosourcés contribue également à l'évaluation de leur performance environnementale : recyclabilité théorique et technique, capacité d'insertion dans les principales filières de fin de vie existantes actuellement.

Cette partie :

- Présente ce qui est disponible à date en terme d'ACV,
- Fait l'analyse des principaux labels sur le volet biosourcé et critères environnementaux,
- Expose une analyse sur la fin de vie.

Les bases de données (BDD) et les analyses du cycle de vie (ACV)

La Base IMPACTS de l'ADEME⁵⁴, accessible gratuitement, est une base de données génériques d'inventaire des produits de grande consommation, ainsi que leurs impacts environnementaux via la méthode ACV. Elle contient quelques données matériaux utilisables par les trois secteurs tels que des plastiques, mais pour l'instant sans version biosourcée.

Cette base s'appuie sur une autre bibliothèque de données : **ecoinvent**. Celle-ci permet aux utilisateurs de mieux comprendre les impacts environnementaux de leurs produits et services. Il s'agit d'un référentiel couvrant un large éventail de secteurs au niveau mondial et régional. Elle contient actuellement plus de 18 000 activités, autrement appelées "jeux de données", qui modélisent des activités ou des processus humains. Les jeux de données ecoinvent contiennent des informations sur le processus industriel ou agricole qu'ils modélisent, mesurant les ressources naturelles prélevées dans l'environnement, les émissions rejetées dans l'eau, le sol et l'air, les produits demandés par d'autres processus (électricité) et, bien sûr, les produits, coproduits et déchets produits.

Seul le secteur du bâtiment dispose spécifiquement de bases de données en ligne, décrites dans cette partie.

La base Eco-Platform

La base de données ECO Platform regroupe les Déclarations Environnementales Produits (DEP) du secteur bâtiment et construction, issues de différents programmes suivant la norme européenne EN 15804. ECO Platform est donc un moyen de trouver ces programmes et d'évaluer la qualité des informations qui y sont recensées (des critères stricts sont définis par la plateforme dont notamment la

⁵⁴ <http://www.base-impacts.ademe.fr/> (consulté le 12/02/2021)

vérification par tierce partie ; une notation de A à E permet d'évaluer la qualité de programmes recensés). Certaines déclarations environnementales sont également transmises par les programmes nationaux à ECO Platform. Toutefois, même si cela est plus fastidieux, il est plus exhaustif de chercher les informations souhaitées dans chaque programme.

Après avoir analysé les différents programmes recensés, la base INIES et les FDES qui y sont intégrées s'avère être la source de données ayant le meilleur rapport entre la disponibilité de données et la fiabilité.

La base INIES

La base de données INIES met à disposition des Fiches de Déclaration Environnementales et Sanitaires (FDES) suivant un périmètre France. Toutes ces informations sont fournies de façon volontaire par les fabricants ou syndicats professionnels sur la base d'une Analyse du Cycle de Vie (ACV) conforme aux exigences réglementaires françaises qui prennent appui sur les normes françaises et européennes, référentiels adaptés aux produits et équipements de la construction. La totalité de ces données est vérifiée par tierce partie indépendante.

Outil			Contenu et objectif	Méthodologie	Fiabilité / pertinence de l'information et du contenu
Nom	Type	Accès			
ECO Platform	BDD de DEP	https://www.eco-platform.org/ (consulté le 12/02/2021)	EU	ACV	Notation de A (très bonne qualité) à E (programme en développement, non évalué)
INIES	BDD de FDES	https://www.inies.fr/accueil/ (consulté le 12/02/2021)	FR	ACV	Bonne : FDES publiées après revue critique par un vérificateur habilité

Tableau 12 : Résumé des caractéristiques de la base de données ECO Platform et INIES (RECORD, 2021)

Afin de retrouver les références sur le site INIES, rendez-vous tout d'abord sur le site <http://www.inies.fr/accueil/> (consulté le 15/02/2021) et sélectionner l'onglet jaune "Accéder à l'espace consultation de la base INIES".

1. Après avoir été redirigé sur un nouvel onglet, sélectionner "Recherche d'un produit" dans la barre verte,
2. Cliquer sur « Famille de produit » et suivre les indications données dans le tableau ci-dessous,
3. Pour rajouter un mot clé, il vous suffit de le mentionner dans la case notée « Mot(s) clé(s) ».



Figure 20 : Chemin d'accès au FDES sur la base INIES (RECORD, 2021)

Les FDES

Une FDES est un document normalisé français qui présente les résultats de l'Analyse de Cycle de Vie d'un produit ainsi que des informations sanitaires dans la perspective du calcul de la performance environnementale et sanitaire du bâtiment pour son éco-conception. Les FDES sont encadrées par la norme NF EN 15804+A1 et son complément national NF EN 15804/CN. Elles prennent en compte l'ensemble du cycle de vie du produit, de l'extraction des matières premières à sa fin de vie, en passant par les transports amont et aval, la mise en œuvre en France et l'usage du produit (du berceau à la tombe, « cradle to grave »).

Le tableau suivant présente les produits biosourcés de cette étude disposant d'une FDES disponible dans la base de données INIES, indiquant également l'arborescence permettant de retrouver ces dernières.

Concernant le secteur de l'emballage et du transport, il n'existe pas de telle base de données sur l'impact environnemental des matériaux. Des bases de données génériques payantes, telles qu'ecoinvent⁵⁵, donnent accès aux inventaires du cycle de vie de divers matériaux (données moyennes, pouvant être adaptées) et l'utilisation de ces bases de données génériques dans un logiciel d'ACV permet d'obtenir des résultats d'impacts environnementaux générés par la production de ces matériaux.

⁵⁵ <https://www.ecoinvent.org/> (consulté le 15/02/2021)
Etude RECORD n°20-0817/1A

Nom du produit biosourcé	Quel outil	Disponible ou non, nombre de « variantes »	Unité(s) fonctionnelle(s)	Scénario(s) de fin de vie considéré(s)	Arborescence INIES
Isolants rigides / semi-rigides fibres de bois			<i>En cours, sera complété si disponible avant la fin du projet</i>		
Isolant biosourcé - Ouate de cellulose : - Isolant Porteur Alvéolaire Cellulosé IPAC - Isolant cellulose « en vrac » en insufflation en mur - Isolant cellulose « en vrac » en insufflation en toiture inclinée - Isolant cellulose « en vrac » en soufflage en combles en toiture sous rampants - Ouate de cellulose en vrac mise en œuvre par insufflation (ép. 145mm) - Ouate de cellulose en vrac mise en œuvre par soufflage (épaisseur 335 mm) - Ouate de cellulose en vrac posée par soufflage (PAVAFLOC / PAVACELL / VALOCELL / DOUCCELL) - Ouate de cellulose en vrac posée par soufflage (THERMEO / THERMACELL / SOPRACELL) - Ouate de cellulose en vrac posée par soufflage (UNIVERCELL+) - Ouate de cellulose « en vrac » du groupement ECIMA	INIES	11 FDES dans la base INIES	- Assurer la fonction d'isolant sur un 1 m² de paroi pendant toute la durée de vie de référence. - Réaliser une fonction d'isolation thermique sur 1 m² de paroi , avec une épaisseur de X mm pour une résistance thermique de X m ² . K. W-1, en assurant les performances prescrites du produit sur la base d'une durée de vie de référence de 50 ans.	Recyclage à 100% pour deux FDES Globalement 50% enfouissement, 50% incinération pour les autres FDES	Famille de produit : 1. Produits de construction a. Isolation + Mot clé : cellulose

Tableau 13 : (1/2) Liste des produits biosourcés disposant d'une FDES dans la base de données INIES et arborescence (RECORD, 2021)

Nom du produit biosourcé	Quel outil	Disponible ou non, nombre de « variantes »	Unité(s) fonctionnelle(s)	Scénario(s) de fin de vie considéré(s)	Arborescence INIES
Isolants souples (chanvre/lin fibre, lin oléagineux) : - Biofib'Trio isolant	INIES	1 référence	Assurer une fonction d'isolation thermique sur 1m² de paroi sur la base d'une durée de vie de référence de 50 ans avec une conductivité thermique = 0.039 W/m.K tout en assurant les performances prescrites	Enfouissement	Famille de produit : 1. Produits de construction a. Isolation i. Isolants thermiques et acoustiques pour murs (ITI) → Fibre de coton
Isolants souples (laine de mouton/textile recyclé) : - Métisse RT	INIES	1 référence	Assurer une fonction d'isolation thermique sur 1m² de paroi sur une épaisseur de 100mm sur une durée de vie de référence de 50 ans avec une conductivité thermique $\lambda=0.039$ W/m.K tout en assurant les performances prescrites	Enfouissement	Famille de produit : 1. Produits de construction a. Isolation + Mot clé : métisse
Béton de chanvre : - Bloc de béton de chanvre BIOSYS			une durée de vie de référence de 100 ans, une épaisseur de 30 cm et un R de 4,22 m ² .K/W.		1. Produits de construction a. Structure / maçonnerie / gros œuvre / charpente i. Petits éléments de maçonnerie → Béton de chanvre
Béton de bois	-	-	-	-	-
Panneaux allégés	-	-	-	-	-
Wood-Plastic Composite (WPC) : - Revêtements de sol PVC sur liège GERFLOR	INIES	1 référence + 1 en cours de réalisation	Couvrir 1 m² de sol intérieur avec un revêtement de sol PVC sur liège et participer à la décoration et au confort des locaux.	Enfouissement	Famille de produit : 1. Produits de construction a. Revêtements des sols et murs / peintures / produits de décoration i. Revêtements de sol souples → PVC + Mot clé : liège
Pièce plastique injectée renforcée en fibres végétales	-	-	-	-	-
Composite à base de fibres continues et matrices biosourcées	-	-	-	-	-

Tableau 14 : (2/2) Liste des produits biosourcés disposant d'une FDES dans la base de données INIES et arborescence (RECORD, 2021)

Les labels

Une garantie de performance environnementale peut être apportée par les labels, facilement accessibles et compréhensibles. Ce type de communication environnementale est normée, via la série de normes ISO 1402X afin de promouvoir une approche transparente et encadrée de l'étiquetage environnemental des produits, basée sur la norme ISO 14020. Trois types d'étiquetages sont possibles.

:

- la norme ISO 14021 fournit des termes, des symboles et des méthodes de vérification à utiliser par les organismes pour la déclaration des aspects environnementaux de produits et services, sans certification par une tierce partie indépendante (à la différence des écolabels). Il s'agit des étiquetages de type II ou auto-déclarations environnementales
- la norme ISO 14024 fournit des principes et des procédures pour la certification de la qualité environnementale des produits : il s'agit des étiquetages de type I ou écolabels officiels qui garantissent une efficacité d'usage, et une réduction de l'impact environnemental du produit sur tout son cycle de vie
- la norme ISO 14025 fournit des recommandations pour la pratique des étiquetages informatifs et utilise la méthodologie d'Analyse de Cycle de Vie, ou ACV (définie par les normes ISO 14040 et ISO 14044). Les labels de cette catégorie visent à fournir aux consommateurs des informations standardisées sur un produit : il s'agit des étiquetages de types III ou écoprofiles (DEP).

La suite détaille les caractéristiques de ces différents types de label, en faisant un focus sur les critères relatifs au biosourcé et la fin de vie, sous forme de tableaux synthétiques. Les critères généraux sont indiqués, et il convient de se référer aux cahiers des charges spécifiques des produits couverts par les labels pour le détail par produits. Si des critères spécifiques sont mentionnés, cela signifie qu'ils sont présents dans au moins un cahier des charges, et qu'il n'y a pas d'autres critères spécifiques dans les autres.

Les critères accompagnés d'un astérisque ne font référence qu'aux produits marqués également d'un astérisque dans la 3^{ème} colonne.

Un code couleur permet une lecture rapide des tableaux concernant les apports des labels sur le biosourcé et la fin de vie :

en vert : critères précis
en jaune : pas directement ou simples recommandations, ou critère sur un seul aspect
en rouge : aucune mention

a) Les écolabels i.e. de type I

Ces labels sont disponibles uniquement pour deux des trois secteurs à l'étude : bâtiment et emballage.

BÂTIMENT


Logo et cadre d'origine	Label	Catégories de produits certifiables	Résumé des garanties apportées par le label	Critères spécifiques au biosourcé			Critères sur la fin de vie ?	Justificatif à fournir pour obtenir le label	Fréquence des vérifications / contrôles / audits	Limites / points de vigilances relatifs au thème biosourcé
				Critères spécifiquement relatifs à un contenu en biosourcé ?	Critères spécifiquement relatifs à l'origine de la biomasse ?	Spécification d'une méthode d'évaluation du taux de biosourcé ?				
 <p>Cadre d'origine : Allemagne</p>	Blau Angel	1. Systèmes composites d'isolation thermique 2. Panneaux pour la construction intérieure 3. Plâtres intérieurs 4. Revêtements de sol à faible émission, panneaux et portes intérieures en bois et en matériaux dérivés du bois 5. Sous-couches de sol 6. Revêtements de sol 8. Scellants 9. Peintures (intérieur) 10. Isolants thermique et plafonds suspendus 11. Revêtements de sol textiles ⁵⁶	Economies de ressources durant la production, matières premières durables, diminution de la consommation d'énergie durant l'utilisation ou la fin de vie, pas d'utilisation de substances dangereuses, produits faciles à réparer, faibles émissions dans le sol, l'eau, l'air et sonores, tout en remplissant la fonction prévue à un niveau de qualité élevé ⁵⁷	Non	70% du bois doit provenir de forêts gérées durablement pour 1, 2, 4, 10	Non mais DIN EN 15804 : DEP (ACV) pour 1, 2	Non	Certifications type FSC/PEFC, fiches techniques du produit sur la conformité aux exigences sanitaires Selon la durée de validité choisie, généralement de 3 à 5 ans	Aucune exigence sur la présence de contenu biosourcé ; pas de critères spécifiques aux matériaux biosourcés hors bois	

Tableau 15 : (1/5) Ecolabels et caractéristiques pour le bâtiment (RECORD, 2021)

⁵⁶ <https://www.blauer-engel.de/en/companies/basic-award-criteria> (consulté le 15/02/2021)

⁵⁷ <https://www.blauer-engel.de/en/blue-angel/what-is-behind-it> (consulté le 15/02/2021)


Logo et cadre d'origine	Label	Catégories de produits certifiables	Résumé des garanties apportées par le label	Critères spécifiques au biosourcé			Critères sur la fin de vie ?	Justificatif à fournir pour obtenir le label	Fréquence des vérifications / contrôles / audits	Limites / points de vigilances relatifs au thème biosourcé
				Critères spécifiquement relatifs à un contenu en biosourcé ?	Critères spécifiquement relatifs à l'origine de la biomasse ?	Spécification d'une méthode d'évaluation du taux de biosourcé ?				
 Cadre d'origine : UE	Ecolabel Européen	Revêtement de sol en bois, liège ou bambou* Revêtement de sol Peintures et vernis Ameublement	Produit plus respectueux de l'environnement et de la santé sur l'ensemble de son cycle de vie.	*Minimum 80% en masse de matières premières renouvelables	Bois FSC/PEFC et non OGM	Non	Facilité de désassemblage et de réparation	Certificats de traçabilité des matériaux	Au moment du renouvellement. Dépend de la durée de validité de la certification	Mise à part pour les revêtements de sol bois liège bambou, pas d'exigences spécifiques aux matériaux biosourcés

Tableau 16 : (2/5) Ecolabels et caractéristiques pour le bâtiment (RECORD, 2021)


Logo et cadre d'origine	Label	Catégories de produits certifiables	Résumé des garanties apportées par le label	Critères spécifiques au biosourcé			Justificatif à fournir pour obtenir le label	Fréquence des vérifications / contrôles / audits	Limites / points de vigilances relatifs au thème biosourcé	
				Critères spécifiques au biosourcé	Critères sur la fin de vie ?	Critères sur la fin de vie ?				
 Cadre d'origine : Suède, Danemark, Finlande, Islande, Norvège	Nordic Swan	Fenêtre et portes extérieures ⁵⁸	Des portes et fenêtres à haute efficacité énergétique et produits avec un impact environnemental minimum ⁵⁹	Non	Oui : Bois PEFC/FSC + liste d'essences de bois interdites	Non	Non	Certificats de traçabilité des matériaux	Annuelle	Aucune exigence sur la présence de contenu biosourcé ; Pas de critères spécifiques aux matériaux biosourcés
		Peintures intérieures ⁶⁰	Peintures utilisant le moins de substances toxiques pour l'environnement et la santé possible	Non	Non	Non	Les substances utilisées doivent être biodégradables	Certificats de traçabilité des matériaux	Annuelle	Aucune exigence sur la présence de contenu biosourcé ; Pas de critères spécifiques aux matériaux biosourcés
		Petites maisons, immeubles résidentiels et bâtiments pour écoles et établissements préscolaires ⁶¹	Bâtiments à faible consommation d'énergie, qui répondent à des exigences environnementales et sanitaires, à faibles émissions et avec une construction de haute qualité	Non	Oui : Bois PEFC/FSC + liste d'essences de bois interdites	Non	Non	Certificats de traçabilité des matériaux	Annuelle	Aucune exigence sur la présence de contenu biosourcé

Tableau 17 : (3/5) Ecolabels et caractéristiques pour le bâtiment (RECORD, 2021)

N.B. : Autres catégories de produits du bâtiment couverts par Blau Angel : Boîtes de chasse d'eau, Pommeaux de douche, Capteurs solaires, Poêles à bois, Copeaux de bois/granulés de bois, Papier peint, Vernis, glaçures et apprêts.

⁵⁸ <https://www.nordic-ecolabel.org/product-groups/> (consulté le 15/02/2021)

⁵⁹ <https://www.nordic-ecolabel.org/product-groups/group/?productGroupCode=062> (consulté le 15/02/2021)

⁶⁰ <https://www.nordic-ecolabel.org/product-groups/group/?productGroupCode=096> (consulté le 15/02/2021)

⁶¹ <https://www.nordic-ecolabel.org/product-groups/group/?productGroupCode=089> (consulté le 15/02/2021)


Logo et cadre d'origine	Label	Catégories de produits certifiables	Résumé des garanties apportées par le label	Critères spécifiques au biosourcé			Justificatif à fournir pour obtenir le label	Fréquence des vérifications / contrôles / audits	Limites / points de vigilances relatifs au thème biosourcé
				Critères spécifiquement relatifs à un contenu en biosourcé ?	Critères spécifiquement relatifs à l'origine de la biomasse ?	Spécification d'une méthode d'évaluation du taux de biosourcé ?			
 <p>Cadre d'origine : Allemagne</p>	Natureplus	<p>Matériaux isolants à partir de matières renouvelables ou composites ou à base de matières minérales expansées ou moussées</p> <p>Bois et matériaux en bois</p> <p>Ardoises et tuiles de toit</p> <p>Peintures murales</p> <p>Enduits de mortier et de plâtre et colles à base minérale</p> <p>Adhésifs à base de matières renouvelables</p> <p>Panneaux de construction pour murs et revêtements</p> <p>Éléments de maçonnerie</p> <p>Revêtements de sol souples ou textiles ou à base de matières renouvelables</p> <p>Portes en bois</p> <p>Feuilles d'étanchéité à partir de matières renouvelables⁶²</p>	<p>1. Une production propre et efficiente des matériaux</p> <p>2. Protection de l'environnement et de la santé</p> <p>3. Durabilité des ressources⁶³</p>	<p>Minimum 85% de matières premières biosourcées ou recyclées ou minérales abondantes, sourcées dans le respect de l'environnement. L'usage de substances pétrochimiques doit être réduit à son minimum technique.</p>	<p>Bois : Espèce non exclues par le Washington Wildlife Protection Agreement. Certification type FSC. Pas de bois d'origines controversées (coupe illégale, OGM, etc.)</p> <p>Les MP dont la disponibilité est limitée, qui sont difficiles ou coûteuses à extraire/récolter doivent être remplacées par des matières premières secondaires respectueuses de l'environnement dans la mesure du possible.</p>	<p>Non précisé, des tests sont effectués "selon les normes en vigueur"</p>	<p>Transformable en produit recyclé de valeur comparable. La durée de vie doit être maximisée au moyen d'une construction de base durable et d'installations démontables : l'éventuel retrait/démontage des matériaux et composants de construction utilisés doit être lié à leur durée de vie prévue</p>	<p>Visite du site de production, prélèvement d'échantillons, ACV et tests en laboratoire⁶⁴</p>	<p>Annuelle</p> <p>/</p>

Tableau 18 : (4/5) Ecolabels et caractéristiques pour le bâtiment (RECORD, 2021)

⁶² <https://www.natureplus.org/index.php?id=43&L=2> (consulté le 15/02/2021)

⁶³ <https://www.natureplus.org/index.php?id=17&L=2> (consulté le 15/02/2021)

⁶⁴ <https://www.natureplus.org/index.php?id=47&L=2> (consulté le 15/02/2021)



Logo et cadre d'origine	Label	Catégories de produits certifiables	Résumé des garanties apportées par le label	Critères spécifiques au biosourcé				Fréquence des vérifications / contrôles / audits	Limites / points de vigilances relatifs au thème biosourcé	
				Critères spécifiquement relatifs à un contenu en biosourcé ?	Critères spécifiquement relatifs à l'origine de la biomasse ?	Spécification d'une méthode d'évaluation du taux de biosourcé ?	Critères sur la fin de vie ?			Justificatif à fournir pour obtenir le label
 Cadre d'origine : Autriche	Umweltzeichen – l'écolabel autrichien	Matériaux de construction en plastique et Revêtements de sol élastiques	Produit plus respectueux de l'environnement et répondant aux critères suivants :	*75% en masse de matières premières renouvelables.	*Le bois primaire doit provenir exclusivement de forêts gérées durablement, dont 50% du bois certifié FSC/PEFC ou équivalent	Non	Facilité de désassemblage *Pas de substances susceptibles d'interférer avec l'incinération des déchets *Pas de composites contenant du métal	*Nécessité d'une ACV, le produit doit entrer dans une plage de valeur définie pour les indicateurs sélectionnés Certificat de traçabilité des matériaux et du respect des différentes normes spécifiques au produit	Non précisé	Mise à part pour les produits d'isolation, pas d'exigences spécifiques aux matériaux biosourcés
		Revêtements de sol à partir de matières premières renouvelables*	- Consommation de matières premières et d'énergie							
 Cadre d'origine : Canada	Ecologo	Plaques et panneaux de plâtre* Produit d'étanchéité et de calfatage Adhésifs Décapant pour peinture et vernis Revêtements de surface architecturaux Contrôle de la protection contre la corrosion ⁶⁷		*Des points sont accordés selon le contenu en masse (%) en ressources alternatives (i.e. recyclées ou biosourcées)	Non	Non				

Tableau 19 : (5/5) Ecolabels et caractéristiques pour le bâtiment (RECORD, 2021)

⁶⁵ <https://www.umweltzeichen.at/en/products/building-living> (consulté le 15/02/2021)

⁶⁶ <https://www.umweltzeichen.at/en/products/start> (consulté le 15/02/2021)

⁶⁷ <https://www.ul.com/resources/ecologo-certification-program> (consulté le 15/02/2021)

EMBALLAGES


Logo et cadre d'origine	Label	Catégories de produits certifiables	Résumé des garanties apportées par le label	Critères spécifiques au biosourcé			Critères sur la fin de vie ?	Justificatif à fournir pour obtenir le label	Fréquence des vérifications / contrôles / audits	Limites / points de vigilances relatifs au thème biosourcé
				Critères spécifiquement relatifs à un contenu en biosourcé ?	Critères spécifiquement relatifs à l'origine de la biomasse ?	Spécification d'une méthode d'évaluation du taux de biosourcé ?				
 <p>Cadre d'origine : Suède, Danemark, Finlande, Islande, Norvège</p>	Nordico Swan	Emballage pour produits alimentaires liquides	Minimum 90% de matériau sourcé durablement ou 80% de recyclé, répond aux exigences concernant les produits chimiques et recyclable ⁶⁸	Oui (Si plastique, alors minimum 80% biosourcé et/ou recyclé pour lequel énergie de production inférieure à 50MJ/kg de polymère)	Oui (labels exigés : Bonsucro, RSPO, RTRS, FSC/PEFC et OGM interdits)	EN 16640: 201 et EN 16785-1:2015 recommandées	Oui : recyclable	Certification du fournisseur de matériau biosourcé, de la biomasse utilisée et du respect de la consommation d'énergie pour la production du plastique biosourcé (ou certification ISO 50001)	Annuelle	/
		Produits jetables pour produits alimentaires (gobelets, filtres à café, vaisselle jetable, sac fraîcheur / congélation)	Contient 90% en masse de matériaux renouvelables ou de plastique recyclé, mais pas de papier/carton recyclé. Les impacts environnementaux et sur la santé du produit sont moindres parmi ceux de sa catégorie ⁶⁹	Si plastique alors minimum 90% en masse doit être biosourcé ou recyclé, sauf si le plastique est biosourcé selon la méthode du bilan massique.	Oui (labels exigés : Bonsucro, RSPO, RTRS, FSC/PEFC (y compris pour bambou) et OGM interdits)	EN 16640:2017 et EN 16785-1:2015 recommandées	Oui : Le produit doit pouvoir être intégré aux filières de recyclage actuelles. Il est donc interdit d'apposer la mention « compostable » ou « biodégradable »	N° de certification du fournisseur de matériau biosourcé, de la biomasse utilisée	Annuelle	/
		Produits sanitaires (emballage)	Répond à des exigences environnementales strictes concernant les matériaux du produit et le processus de fabrication Promeut les matériaux renouvelables et recyclés dans le produit et l'emballage ⁷⁰	Minimum 20% en masse de matériaux renouvelables ou recyclés pour le packaging primaire OU 50% du produit OU 7% des polymères super absorbant					/	

Tableau 20 : (1/2) Ecolabels et caractéristiques pour les emballages (RECORD, 2021)

⁶⁸ <https://www.nordico-ecolabel.org/product-groups/group/?productGroupCode=103> (consulté le 15/02/2021)

⁶⁹ <https://www.nordico-ecolabel.org/product-groups/group/?productGroupCode=047> (consulté le 15/02/2021)

⁷⁰ <https://www.nordico-ecolabel.org/product-groups/group/?productGroupCode=023> (consulté le 15/02/2021)



Logo et cadre d'origine	Label	Catégories de produits certifiables	Résumé des garanties apportées par le label	Critères spécifiques au biosourcé			Critères sur la fin de vie ?	Justificatif à fournir pour obtenir le label	Fréquence des vérifications / contrôles / audits	Limites / points de vigilance relatifs au thème biosourcé
				Critères spécifiquement relatifs à un contenu en biosourcé ?	Critères spécifiquement relatifs à l'origine de la biomasse ?	Spécification d'une méthode d'évaluation du taux de biosourcé ?				
 Cadre d'origine : Allemagne	Blauer Engel	Emballages pour boissons et produits alimentaires liquides consignables ⁷¹	Economies de ressources durant la production, matières premières durables, diminution de la consommation d'énergie durant l'utilisation ou la fin de vie, pas d'utilisation de substances dangereuses, durable et faciles à réparer, faibles émissions dans le sol, l'eau, l'air et sonores, tout en remplissant leur fonction prévue à un niveau de qualité élevé	Non	Non	Non	Oui : consignables	Preuve de l'affiliation avec un centre de consigne	Selon la durée de validité choisie	Uniquement lié aux emballages en verre
 Cadre d'origine : Allemagne	Ecologo	Films plastiques	Le produit a été soumis à des tests scientifiques rigoureux, à un audit exhaustif ou aux deux, pour prouver sa conformité à des normes de performance environnementale strictes, établies par des tiers et basées sur l'ACV. ⁷²	Non	Non	Non	Recyclable ou compostable industriellement	Certification de compostabilité industrielle	Non précisé	Aucune exigence sur la présence de contenu biosourcé

Tableau 21 : (2/2) Ecolabels et caractéristiques pour les emballages (RECORD, 2021)

N.B. : Les emballages ne figurent pas parmi les catégories de produits labellissables par l'Ecolabel Européen.

⁷¹ <https://www.blauer-engel.de/en/products/business-municipality/returnable-bottles> (consulté le 15/02/2021)

⁷² <https://www.ul.com/resources/ecologo-certification-program> (consulté le 15/02/2021)

b) Les labels de type II

BÂTIMENT


Logo et cadre d'origine	Label	Catégories de produits certifiables	Résumé des garanties apportées par le label	Critères spécifiques au biosourcé ?			Critères sur la fin de vie ?	Spécification d'une méthode ou d'un outil en particulier ?	Réalisation d'une vérification / contrôle / audit par l'organisme délivrant le label	Point de vigilance
				Critères spécifiques relatifs à un contenu en biosourcé ?	Critères spécifiques relatifs à l'origine de la biomasse ?	Spécification d'une méthode d'évaluation du taux de biosourcé ?				
 Cadre d'origine : France	NF HQE	Chantier de construction de logement et résidences services ⁷³ , et maison ⁷⁴ Pas d'exigences spécifiques au biosourcé pour les chantiers de rénovation	Projet offrant une meilleure qualité dans le logement, un respect de l'environnement et une bonne performance économique ⁷⁵	La construction comprend un taux minimal de matériaux biosourcés correspondant au « 1er niveau » du label « bâtiment biosourcé », sur l'ensemble de son cycle de vie.	Si bois : labelisé FSC/PEFC	Non	Non Pour mémoire limitation des déchets de chantiers et tri	Label "Bâtiment biosourcé" NF P01-010 ou NF EN 15804/A1 XP P01-64/CN Si entre dans le champ d'application de l'arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils, le produit est classé A ou A+	Oui par tierce partie accréditée COFRAC	Pas d'exigence sur la nature du biosourcé, la recyclabilité ou les possibilités de réemploi des matériaux

Tableau 22 : (1/2) Labels de type II et caractéristiques pour le bâtiment (RECORD, 2021)

⁷³ https://www.qualitel.org/professionnels/uploads/synth%C3%A8se_Construction_Logement_et_RS.pdf (consulté le 15/02/2021)

⁷⁴ https://www.qualitel.org/professionnels/uploads/R%C3%A9f%C3%A9rentiel-Qualit%C3%A9-NF-Habitat-NF-Habitat-HQE-Construction-Maison-V3.3_29062020.pdf (consulté le 15/02/2021)

⁷⁵ <https://www.nf-habitat.fr/certification/#> (consulté le 15/02/2021)



Logo et cadre d'origine	Label	Catégories de produits certifiables	Résumé des garanties apportées par le label	Critères spécifiques au biosourcé ?				Spécification d'une méthode ou d'un outil en particulier ?	Réalisation d'une vérification / contrôle / audit par l'organisme délivrant le label	Point de vigilance
				Critères spécifiquement relatifs à un contenu en biosourcé ?	Critères spécifiquement relatifs à l'origine de la biomasse ?	Spécification d'une méthode d'évaluation du taux de biosourcé ?	Critères sur la fin de vie ?			
 Cadre d'origine : Autriche	IBO geprüft / mark of conformity	Matériaux de construction (mur/plafond) Panneaux de construction Plâtre et mortier Remplissages minéraux Chapes Systèmes de chauffage ⁷⁶	Produits à hautes exigences sanitaires et écologiques. Optimisation écologique du processus de production. ⁷⁷	Les membranes pare-vapeur et les brise-vent doivent être uniquement composées de matières renouvelables ou d'un seul type de plastique.	Bois certifié FSC/PEFC ou équivalent	Non	Non	Oui test du produit (caractéristiques non précisées) et ACV	Oui	Aucune exigence sur la présence de contenu biosourcé
 Cadre d'origine : France	NF environnement	Peintures, vernis et produits connexes Enduits de peinture ⁷⁸		Critères non disponibles						

Tableau 23 : (2/2) Labels de type II et caractéristiques pour le bâtiment (RECORD, 2021)

⁷⁶ <https://www.ibo.at/en/building-material-ecology/products-with-the-ibo-mark-of-conformity> (consulté le 15/02/2021)

⁷⁷ <https://www.ibo.at/en/building-material-ecology/product-certifications/ibo-mark-of-conformity> (consulté le 15/02/2021)

⁷⁸ <https://marque-nf.com/category/categories/agencements-interieurs/> (consulté le 15/02/2021)

EMBALLAGES




Logo et cadre d'origine	Label	Catégories de produits certifiables	Résumé des garanties apportées par le label	Critères spécifiques au biosourcé ?			Critères sur la fin de vie ?	Spécification d'une méthode d'évaluation du taux de biosourcé ?	Spécification d'une méthode ou d'un outil en particulier ?	Réalisation d'une vérification / contrôle / audit par l'organisme délivrant le label	Point de vigilance
				Critères spécifiquement relatifs à un contenu en biosourcé ?	Critères spécifiquement relatifs à l'origine de la biomasse ?						
 Cadre d'origine : Autriche	OK Compost Home ⁷⁹	Tous types d'emballages	Produit est compostable à domicile	Non	Non	Non	Oui, dégradation dans des conditions de compostage à domicile (températures inférieures à 50°C) Oui, dégradation dans les conditions des installations de compostage industriels (températures entre 55 et 60°C)	Exigences techniques spécifiques pour le compostage à domicile EN 13432:2000 et EN 14995 pour le compostage industriel	Rapports d'analyse par des laboratoires agréés par TUV Austria ou accrédités ISO 17025 à fournir	Label uniquement dédié à la fin de vie	
	OK Compost Industrial ²⁵	Tous types d'emballages	Produit est compostable industriellement	Non	Non	Non					
 Cadre d'origine : France	NF Environnement	Sacs à déchets Sac cabas ^{*80}		Critères non disponibles							
 Cadre d'origine : Europe	Seedling ²⁵	Tout type d'emballage	Produit compostable industriellement	Non			Oui, dégradation dans les conditions des installations de compostage industriels (températures entre 55 et 60°C)	EN 13432:2000	Rapports d'analyse par des laboratoires agréés par TUV Austria ou accrédités ISO 17025 à fournir	Label uniquement dédié à la fin de vie	

Tableau 24 : Labels de type II et caractéristiques pour les emballages (RECORD, 2021)

N.B. : Les catégories de produits NF Environnement sont mentionnées sur la page des catégories des produits certifiables mais il n'y a pas de page dédiée à chaque produit.

⁷⁹ <https://www.tuv-at.be/fr/green-marks/certifications/ok-compost-seedling/> (consulté le 15/02/2021)

⁸⁰ <https://marque-nf.com/nf-environnement/> (consulté le 15/02/2021)

COMMUNS AUX TROIS SECTEURS


Logo et cadre d'origine	Label	Catégories de produits certifiables	Résumé des garanties apportées par le label	Critères spécifiquement relatifs à un contenu en biosourcé ?			Critères sur la fin de vie ?	Spécification d'une méthode ou d'un outil en particulier ?	Réalisation d'une vérification / contrôle / audit par l'organisme délivrant le label	Point de vigilance
				Critères spécifiquement relatifs à un contenu en biosourcé ?	Critères spécifiquement relatifs à l'origine de la biomasse ?	Spécification d'une méthode d'évaluation du taux de biosourcé ?				
 Cadre d'origine : Monde	Cradle to cradle	Tous	Matériaux sains et réutilisables. Energie renouvelable et gestion du carbone et de l'eau. Equité sociale. ⁸¹	Non	Pour le niveau argent : 25% des matériaux sont labélisés par un label approprié (type FSC, Fair Trade, etc.) ⁸²	Non	Oui produit compostable industriellement selon ASTM D6400-04 ou recyclable	Non mais ACV sociale et environnementale recommandées	Selon le niveau de certification	Plusieurs niveaux de certification, pas d'exigence sur le contenu minimum en biosourcé

Tableau 25 : (1/2) Labels de type II et caractéristiques tous secteurs (RECORD, 2021)

⁸¹ <https://www.c2ccertified.org/get-certified/product-certification> (consulté le 15/02/2021)

⁸² https://cdn.c2ccertified.org/resources/certification/standard/STD_C2CCertified_ProductStandard_V3.1_030220.pdf (consulté le 15/02/2021)


Logo et cadre d'origine	Label	Catégories de produits certifiables	Résumé des garanties apportées par le label	Critères spécifiquement relatifs à un contenu en biosourcé ?			Critères sur la fin de vie ?	Spécification d'une méthode ou d'un outil en particulier ?	Réalisation d'une vérification / contrôle / audit par l'organisme délivrant le label	Point de vigilance
				Critères spécifiquement relatifs à un contenu en biosourcé ?	Critères spécifiquement relatifs à l'origine de la biomasse ?	Spécification d'une méthode d'évaluation du taux de biosourcé ?				
 Cadre d'origine : Allemagne	ISCC	Fait référence aux matériaux et non aux composants	Contribuer à la mise en œuvre d'une production et d'une utilisation écologiquement, socialement et économiquement durables de tous les types de biomasse dans les chaînes d'approvisionnement mondiales	Non	Pas de production de biomasse sur les terres à grande valeur sur le plan de la diversité biologique Production respectueuse de l'environnement (protection du sol, eau et air) Conditions de travail sécuritaires Conformité aux droits de l'homme, du travail et fonciers Conformité aux lois et aux accords internationaux Bonne pratiques de gestion et amélioration continue	Non	Non	Approche « mass-balance » et références normatives sur la gestion de la production agricole (ex. : Directive 2008/98/EC du parlement européen sur la gestion des déchets)	Audit des sites de production de la biomasse	Certification plutôt de type FSC/PEF sur la biomasse utilisée et non sur le cycle de vie du produit

Tableau 26 : (2/2) Labels de type II et caractéristiques tous secteurs (RECORD, 2021)

c) **Les labels FSC et PEFC**

Ces deux labels sont de type I et s'appliquent au bois (et produits issus du bois : papier / cartons). Ils sont requis par de nombreux autres labels car garantissent un bois issu de forêts *a minima* contrôlées pour le plus bas niveau FSC, ou de forêts gérées durablement (i.e. bois prélevé de manière à préserver l'équilibre environnemental, social et économique du secteur forestier).

Le label FSC, créé à la suite au Sommet de la Terre de Rio à l'initiative de WWF, est initialement pour les forêts tropicales ; il s'obtient par l'application de référentiels communs internationaux. Le label PEFC est quant à lui à l'initiative de propriétaires forestiers européens qui souhaitaient mieux appréhender la gestion de forêts de plus petites surfaces, et s'obtient par l'application de référentiels élaborés par pays, reconnus par PEFC international. La démarche PEFC est consultative : les règles de gestion durables PEFC sont revues par pays tous les 5 ans en impliquant des parties prenantes.

N.B. : la distinction du type de forêt (tropicale / européenne) n'est plus d'actualité, les deux certifications étant appliquées partout dans le monde.

Conclusion sur les labels

Le secteur du transport ne dispose pas encore de label dédié à ses produits et services. Il n'est cependant pas impossible que les matériaux utilisés dans ce secteur soient labellisés sur leur contenu en biosourcé.

Les écolabels sont disponibles pour le secteur du bâtiment au nombre de 6 et pour l'emballage au nombre de 3, déclinés en cahiers des charges spécifiques selon les produits :

- Pour le bâtiment :
 - Aucun ne requiert obligatoirement, quel que soit le produit, un contenu minimal en matière première biosourcée (sauf si inhérente à la catégorie de produit cf. Umweltzeichen pour la catégorie « Produits d'isolation à partir de matières premières renouvelables ») mais certains allouent des bonus à la matière biosourcée OU recyclée (Ecologo et Natureplus),
 - Une des exigences les plus récurrentes est la certification du bois potentiellement utilisé qui doit être labellisé FSC ou PEFC, Natureplus étant le label le plus exigeant sur la provenance du bois,
 - Concernant la fin de vie, Natureplus est également le plus exigeant ; Nordic Swan et Umweltzeichen ayant des critères sur certaines catégories de produits uniquement.
- Pour les emballages, Nordic Swan est le seul à exiger un contenu minimal en biosourcé OU recyclé et des certifications de gestion durable des MP

Concernant les labels de type II :

- Pour le bâtiment, seul NF HQE impose un taux minimum de matériaux biosourcés, et elle exige la réalisation d'une ACV comme IBO geprüft
- Pour les emballages, les labels dédiés sont spécifiques à la fin de vie des produits excepté pour NF Environnement dont les critères ne sont pas disponibles.

Les autres outils à disposition

Outre les ACV et les labels, il existe d'autres outils d'évaluation de l'impact environnemental, par exemple les méthodes monocritères telles que la méthode du bilan carbone ou de l'empreinte eau. Cet aspect monocritère signifie que l'analyse ne porte que sur un seul enjeu environnemental (le changement climatique pour le bilan carbone, l'épuisement de la ressource en eau pour l'empreinte eau), à la différence de l'ACV qui elle est multicritère, i.e. couvrant plusieurs enjeux environnementaux (décrits par des indicateurs d'impacts) et permettant ainsi d'éviter les déplacements de pollution : un bilan carbone permet d'identifier les postes d'émission de gaz à effet de serre les plus importants, et de mettre en œuvre des leviers d'action pour diminuer l'impact, mais ne garantit pas que les actions menées n'augmentent pas l'impact sur un (d'autres) autre(s) enjeu(x). D'autre part, ces deux approches bilan carbone et empreinte eau sont des approches dites « site » ou « organisation » et non des approches « produit » comme l'est l'ACV.

Les éléments à considérer sur la fin de vie

a) L'environnement français de la gestion de fin de vie dans le secteur des transports

Les matériaux biosourcés investigués dans le périmètre de la présente étude sont quasiment essentiellement utilisés dans le domaine automobile. Des recherches actives visent leur utilisation dans le domaine du ferroviaire, du nautisme ou de l'aéronautique / aérospatiale, mais les volumes mis en marché sont actuellement nuls ou assimilés dans ces secteurs à une échelle macroéconomique, en dépit de très belles réalisations et mises sur le marché ponctuelles notamment dans le nautisme.

Pour les Véhicules Hors d'Usage (VHU) :

La directive européenne VHU imposait aux pays membres de recycler et de valoriser respectivement 85 et 95% des composants des véhicules pour 2015. Elle concerne les voitures particulières (catégorie M1) et les véhicules utilitaires légers (catégorie N1). La filière s'est donc organisée autour de centres VHU et de broyeurs agréés, afin d'atteindre ces objectifs.

Plus de 1,5 million de VHU sont traités chaque année par 1 647 centres VHU agréés et 57 sites de broyage. Les centres VHU effectuent la dépollution des véhicules et le démontage de certaines pièces en vue de leur réutilisation ou de leur valorisation (recyclage principalement) avant de transmettre les VHU aux broyeurs agréés, qui procèdent à leur broyage puis séparent les différentes matières restantes pour les valoriser. Une part significative des résidus de broyage part encore en centres de stockage.

Selon Plastics Europe, l'industrie automobile en France recycle 26,7 % de ses déchets plastiques, valorise énergétiquement 30,2 % et met en décharge 43 %. Dans un centre de véhicules hors d'usage, sont démontées les pièces les plus économiquement rentables et les plus volumineuses – les pare-chocs, les pièces de carrosserie et certaines mousses – avant le broyage du véhicule. Cela va dépendre de chaque unité en fonction de leur taille notamment. Il s'agit majoritairement de polypropylène. Puis, le véhicule est broyé et les centres essaient d'extraire des fragments de matières plastiques. Cela donne des résidus de broyage automobile polymères qui peuvent être transformés en combustibles solides de récupération dans les centres équipés. Mais ces centres restent une minorité. Les 43 % de mise en décharge sont les résidus de broyage dont on ne sait pas quoi faire aujourd'hui, etc.

Les modèles traités actuellement en fin de vie contiennent environ 70 % de métaux en masse (principalement acier et aluminium) et environ 12 % de plastiques, contre 20 % pour les nouveaux modèles. C'est dans les années 70 que les polymères commencent à apparaître pour la décoration des habitages intérieurs (peaux, revêtements, etc.). Grâce à leur capacité de résistance à l'impact et au vieillissement, les résines thermodurcissables puis thermoplastiques s'imposent dans les années 80-90 dans les applications extérieures (phares, boucliers, ailes, etc.). C'est dans les années 2000-2010 que les polymères apparaissent dans les pièces semi-structurelles, les constructeurs cherchant à alléger les véhicules en remplaçant les matériaux traditionnels comme l'acier et l'aluminium.

Les pièces plastiques et composites se répartissent ainsi de la manière suivante : 50 % pour la carrosserie, 40 % pour les pièces d'habitacle et 10 % sous capot moteur. Selon le Groupement Plasturgie Automobile (GPA), le PolyPropylène (PP) est le principal polymère utilisé (40 %) du fait de son rapport performance / prix. Le deuxième type de polymères le plus utilisé est le polyuréthane pour les mousses, notamment pour le garnissage des sièges et des planches de bord, de l'ordre de 20 à 25 %. Puis, on utilise plusieurs plastiques pour leur technicité. On arrive sur les polyamides, de 10 à 15 % dans le véhicule, très prisés pour les équipements sous le capot moteur et les pièces sollicitées en effort, comme les pédales ou les poignées de porte. Le PEHD représente entre 4 et 8 % des polymères présents dans les véhicules et est utilisé pour les réservoirs carburant, réservoirs lave-glace notamment. Enfin, plusieurs plastiques sont utilisés entre 3 et 6 % : le PET, l'ABS, le PE, les polycarbonates, le PVC, le PMMA, selon les applications, les choix de styles et les techniques.

Depuis plus de dix ans la part de plastique recyclé augmente dans les véhicules pour passer d'une dizaine de pourcent à près de 20 % sur certains véhicules récents. Les matières recyclées sont utilisées majoritairement dans des applications non techniques sur des pièces cachées (polypropylène recyclé, polyesters sous forme de fibres, etc.).

Pour répondre à ces enjeux, les acteurs de la chaîne du recyclage (collecteurs et gestionnaires de déchets, fournisseurs de matières premières, fabricants de produits, metteurs sur le marché) se sont engagés en juillet 2018 à augmenter le taux d'incorporation de Matières Premières issues du Recyclage (MPR) dans les produits de différents secteurs. L'objectif est de 12 000 tonnes de MPR pour l'automobile.

Les réglementations sur les VHU en fin de vie et sur les émissions de CO₂⁸³ influent ainsi directement sur la nature des matériaux utilisés. Ils modifient ainsi significativement la composition des véhicules hors d'usage en matière de taux d'incorporation de matériaux et de composition avec le développement significatif de polymères recyclés.

La fin de vie usuelle actuellement pour les 3 principales familles de pièces retenues dans le cadre de la présente étude, qu'elles soient biosourcées ou pas, est la suivante pour le secteur automobile :

- Les experts considèrent globalement que les pièces thermocompressées à base de non-tissés sont mises en décharge, leur valeur économique ne justifiant pas jusqu'à présent la mise en place d'une filière de démontage.
- Les pièces plastiques injectées pour leur part font l'objet d'une forte valorisation, les constructeurs ayant souhaité massifier l'utilisation des polyoléfines afin de faciliter leur valorisation en fin de vie. Par exemple, le PP (seul ou renforcé en fibres de verre) est ainsi incorporé dans les filières de tri/post-broyage, permettant ainsi sa récupération et son recyclage.
- L'utilisation des composites à fibres continues étant récente dans le secteur automobile, il n'existe pas à proprement parler de filière / solution de valorisation en fin de vie.

Les constructeurs et équipementiers automobiles prennent en compte les contraintes de recyclage dès la phase de conception. Dans tous nouveaux projets de développement, une personne est en charge des questions de recyclabilité des matériaux, de démontabilité et de récupération des matières afin de répondre à la directive « homologation recyclage » de 2009.

Encore faiblement exploités dans le secteur automobile, les matériaux biosourcés investigués dans la présente étude et utilisés industriellement ne font pas l'objet à ce jour d'un recyclage ou d'une valorisation au sens de la Directive Européenne 2000/53/CE. En dehors de toute considération relative à la valorisation énergétique des matériaux biosourcés qui ne posent aucune difficulté par rapport aux matériaux actuels, les constructeurs sont donc très vigilants à ce que l'intégration de ces nouveaux matériaux ne perturbent pas et ne polluent pas les filières de recyclage existantes.

Ces matériaux doivent donc répondre aux principales questions suivantes :

- Dispose-t-on de solutions industrielles de fin de vie pour ces matériaux démontrées et opérationnelles ?
- Ces nouvelles matières perturbent-elles les filières de valorisation des matériaux en fin de vie mises en place ?
- Quel est le comportement des fibres végétales issues de la filière de tri post broyage pour une utilisation en injection (température maximale acceptable dans les procédés de mise en œuvre, risque d'émission d'odeur) ?
- Etc.

Conscients de cette situation, les sous-traitants de rang 1 et 2 de l'automobile et certains laboratoires convaincus des fonctionnalités apportées par les matériaux biosourcés (par exemple fonction d'allègement de 20 à 40 % en masse sur pièce finie selon les technologies utilisées) ont réalisé au cours des 15 dernières années des travaux significatifs afin de répondre point par point aux questions posées par les constructeurs automobiles.

- Essais à l'échelle laboratoire de réincorporation en injection de PP/chanvre, PP recyclé/Chanvre ou PLA/chanvre jusqu'à 7 cycles, démontrant les bonnes propriétés mécaniques après recyclage, une amélioration de la tenue au choc, mais une diminution de la viscosité⁸⁴.
- Essais d'incorporation dans les filières de tri post broyage en situation industrielle afin de démontrer la bonne compatibilité des matières biosourcées lors de l'étape de tri et lors de l'étape d'extrusion. Les travaux de Faurecia dans le cadre du projet NAFCORECY ont démontré la capacité de ces matières à s'intégrer parfaitement dans les procédés industriels de valorisation des polyoléfines en maintenant le niveau de qualité et de performance (exemple : PP/chanvre)⁸⁵.

⁸³ La règlement CAFE 2021 (Corporate Average Fuel Economy) par exemple fixe une obligation de baisser le taux moyen des émissions de CO₂ pour les véhicules commercialisés en Europe.

⁸⁴ Source : IRDL

⁸⁵ Source : Faurecia projet NAFCORECY (NATural Fiber COMposites RECYcling)

- Constitution de base de référence sur le comportement dans la filière tri post-broyage de différentes matières (PP, PE + lin/chanvre/bois/verre), en fonction de différents cycles de production/recyclage/réincorporation, et différents vieillissements (Projet ENOLIBIO 2010 – 2013 cofinancé par l'ADEME, associant AGPlast, Pellenc, PEP et Mines d'Alès).
- Mise au point de solutions industrielles de réincorporation des chutes de production de pièces thermocompressées à base de non-tissés dans leurs process de production. Projet RECYTAL (2014 – 2017) financé par l'ADEME et associant Ecotechnilin, APM et l'IRDL.

Ces travaux ont fait l'objet de nombreuses présentations en colloque tout particulièrement depuis 2014, afin de démystifier la « problématique » de valorisation des matériaux biosourcés. En effet, jusque vers 2015 – 2016, la réglementation européenne des VHU n'a pas facilité, voire même a été dans certains cas un facteur limitant à l'incorporation de matériaux innovants, dont les matériaux biosourcés, dans le secteur de l'automobile.

Pour le ferroviaire, le nautisme et l'aéronautique :

Il n'existe pas d'obligations réglementaires de gestion de la fin de vie des pièces et matériaux mis en marché. Les très belles réalisations sont le fruit de démarches volontaristes industrielles d'acteurs clés ou de filières qui placent souvent la France en leader européen voire mondial (cas du nautisme).

Ferroviaire

Depuis plusieurs années, la SNCF a mis en place des filières spécialisées dans le démantèlement des trains. Chaque année, des matériels roulants (voitures Corail, de service, locomotives, rames TGV) arrivent en fin de vie, sont radiés, puis démantelés et recyclés. Son ambition est d'atteindre le « zéro déchet » pour 2035. Cela passe par la systématisation de l'économie circulaire. Ses trains sont valorisables à plus de 92 %. A noter que le « TGV du futur » ou « TGV 2020 » est annoncé par la SNCF comme devant être « à 99 % recyclables ».

Il n'existe pas de réglementation internationale obligeant à tenir compte du recyclage au moment de la conception des trains :

- La durée de vie d'une rame de métro, de tram ou de train, varie entre 30 et 40 ans.
- A mi-vie les rames sont rénovées en profondeur. Souvent, on garde les caisses, on change les chaînes de traction et les habillages intérieurs.

Les matériaux recyclables sont privilégiés par la SNCF afin de bénéficier de filières existantes connues :

- C'est notamment le cas pour les métaux.
- Au sein des composants, sont sélectionnés également des matériaux homogènes, qui vont être éliminés dans les mêmes filières de recyclage et de revalorisation.
- Des techniques sont recherchées afin de séparer facilement les différents matériaux.
- La composition des matériaux est également travaillée, afin d'éviter d'utiliser des substances qui pourraient perturber le recyclage.

Un train, est constitué de :

- 75 ou 80 % de métaux ferreux
- 5 à 10 % de plastiques
- Environ 10 % de déchets électroniques, tels que les câbles ou les batteries
- Un peu de fluides (notamment les huiles) et de verre (surtout pour les vitrages)

Lors du recyclage d'un train :

- Les trains sont désamiantés dans un premier temps
- Les équipements sont ensuite dépollués et démontés
- Les pièces qui peuvent être revendues d'occasion sont ensuite récupérées : moteur, compresseur, radio, cartes électroniques, etc.
- Les parties métalliques, surtout la carcasse, font l'objet d'un recyclage des métaux.

Il n'existe pas à ce jour de matériaux biosourcés utilisés en situation commerciale au sens du périmètre de la présente étude. Des travaux de recherche ont été menés par exemple sur la période 2009 – 2017 en France dans le cadre de projets collaboratifs avec Alstom (projet FUI FINATHER) ou Bombardier / Stratiforme (projet PSPC Sinfoni) coordonnés par FRD avec l'appui financier de BPIFrance et de collectivités locales. Ils portaient sur le développement de pièces par infusion, thermocompression, moulage au contact, à base de résines thermodures et de fibres de lin ou de chanvre. En 2019, SNCF mobilités a lancé un appel à compétence sur cette thématique en lien avec les Pôles IAR et I-Trans.

Nautisme

L'émergence du monde de la plaisance date des années 70 et la durée de vie moyenne d'une embarcation est de 30 ans. En 2008, la flotte de loisir française avait ainsi une moyenne d'âge de 23 ans. Il ressort de ces éléments que les gisements de matériaux en fin de vie dans le secteur sont naissants et qu'un flux important est à prévoir dans les années à venir. Dans le secteur du nautisme, et plus particulièrement celui de la plaisance, les bateaux sont composés de verre/polyester à 74 %, 21 % de bois et 5 % d'acier.

Les travaux et réflexions conduits en France au cours des années 2000 – 2010 ont conduit à la création en 2009 de L'Association pour la Plaisance Eco-Responsable (APER) sous l'impulsion de la Fédération des Industries Nautiques (FIN). Elle rassemble 65 constructeurs et importateurs de bateaux de plaisance, qui représentent 85 % du marché français. Agréée en tant qu'éco-organisme depuis mars 2019, elle est chargée du recyclage des bateaux de plaisance ou de sport en fin de vie et structure une filière dédiée au niveau national.

En mettant en relation les détenteurs de bateaux de plaisance en fin de vie et les 31 centres de traitement et recyclage agréés dans le cadre de cette filière volontaire, l'APER a permis de déconstruire plus de 2500 bateaux et d'acquérir une expérience unique en matière de traitement prise en exemple au niveau européen (Projet Boat Digest, etc.). L'objectif est de parvenir à déconstruire de 20 000 à 25 000 bateaux d'ici à fin 2023 en disposant d'un maillage territorial sur la base d'un centre de déconstruction à 150 kilomètres maximum d'un plaisancier.

A l'heure actuelle, le dernier détenteur du bateau est celui qui doit gérer sa fin de vie. Historiquement les propriétaires de bateaux privilégiaient la revente (action qui ne fait que retarder l'échéance de la déconstruction) ou l'abandon au large. Désormais un suivi fin des immatriculations à l'échelle nationale est mis en place.

Les matériaux biosourcés investigués dans le cadre de la présente étude ne sont présents que très ponctuellement. Depuis 2008 de nombreux bateaux totalement ou partiellement en lin sont mis sur le marché sous forme de « démonstrateur. » Sans doute du fait de l'éclatement de la filière nautisme, aucun donneur d'ordre majeur ne s'étant engagé dans cette dynamique, les très belles réalisations mises sur le marché restent encore des initiatives ponctuelles. A noter l'engagement de long terme de la société Kaïros, coprésidé par le navigateur Roland Jourdain sur la base de pièces composites à base de lin et de résines partiellement biosourcées comme les époxy.

Aéronautique et aérospatiale

Les avions ont généralement une durée de vie de 20 à 30 ans. Une fois qu'ils arrivent en fin de vie, les avions de transport de passagers sont soit réaffectés au fret, soit stockés dans des « cimetières » d'avions ou dans les aéroports. Ces avions peuvent être remis en service si la demande augmente, ou ils peuvent être détruits et les pièces réutilisées. Il n'existe pas de réglementation spécifique sur la fin de vie des avions au niveau mondial. L'organisation actuelle des filières de fin de vie dans le secteur aéronautique est le fruit de démarches volontaires, avec un marché de plus de 6 000 avions commerciaux qui arriveront en fin de vie d'ici 15 ans.

Deux plateformes de recyclage ont été mises en place en France à ce jour :

- La plateforme de démantèlement d'avions de Châteauroux-Déols (Indre). Créée en 2005, elle est exploitée par Bartin Aéro Recycling, filiale dédiée du groupe Bartin, en lien avec Veolia Environnement. D'une surface de 15 000 m² elle est susceptible de prendre en charge plusieurs avions simultanément. Elle a été la 1^{ère} plateforme à être ouverte à l'échelle européenne.
- La plateforme de Tarbes-Lourdes Pyrénées (Hautes-Pyrénées). Créée en 2009, dans le cadre de la société TARMAC Aerosave qui réunit Airbus et Sita, issue des travaux conduits dans le cadre du projet PAMELA. Elle a la capacité de déconstruire 30 avions de grande taille par an.

L'objectif de ces 2 plateformes est la réutilisation des pièces détachées dans l'aviation ou dans d'autres secteurs et le recyclage des métaux. La valeur des avions en fin de vie repose principalement sur la quantité de pièces détachées récupérables : moteurs, trains d'atterrissage, cœur électrique, etc. (plusieurs centaines de milliers à millions d'euros), la valeur économique des matériaux étant marginale en comparaison. Une fois dépolluées, les pièces de valeur sont récupérées pour être réutilisées ou revendues, les carcasses sont broyées et triées et les métaux valorisés.

Les résultats issus du projet PAMELA (procédé innovant de management des avions en fin de vie) donne une bonne photographie de la composition actuelle des avions en fin de vie (structure en aluminium) : 77 % d'aluminium, 12 % d'acier, 4 % de titane et 4 % de matériaux composites (source Airbus). Selon ce projet, le taux de valorisation global est estimé vers 85 % pour ce type d'avion à structure principalement constituée d'aluminium.

PAMELA a permis d'atteindre un taux de recyclage de 85 %, à l'instar de l'objectif fixé par l'UE dans sa directive relative aux véhicules hors d'usage (2000/53/CE), alors qu'avant le lancement de ce projet, généralement près de 45 % du poids des appareils était mis en décharge. Le processus normalisé de fin de vie mis en place a été divisé en 3 étapes : le déclassement, le désassemblage des équipements et enfin la déconstruction.

Dans les gisements en fin de vie, la part des matériaux composites va sensiblement augmenter à l'horizon 2040 – 2050, les derniers avions commercialisés contenant au moins 50 % de composites, pour une durée de vie supérieure à 30 ans. A l'heure actuelle, les composites en fin de vie sont récupérés par des collecteurs et sont incinérés (avec ou sans valorisation énergétique) ou enfouis. L'enfouissement ne constitue pas une solution durable et l'incinération génère plusieurs composés qui peuvent être toxiques.

Le secteur aéronautique utilise préférentiellement des renforts de type préimprégnés qui par nature génèrent des chutes de production importantes de l'ordre de 40 %, point restant à solutionner.

Il n'existe pas à ce jour de matériaux biosourcés utilisés en situation commerciale au sens du périmètre de la présente étude en dehors d'un chariot pour boisson / repas à base de Fibrirock (panneaux sandwich lin + bagasse 85 % biosourcé calculé en pourcentage massique). Des travaux de recherche ont été menés par exemple sur la période 2008 – 2020 en France dans le cadre de projets collaboratifs avec Boeing, Airbus helicopters, Zodiac Aerospace, ArianeGroup à base de fibre de lin ou de bambou. Lineo (NatUp Fibres) est l'acteur central au cœur de ces développements. Dernière innovation en 2020 dans le secteur de l'aérospatiale avec la mise au point d'une protection thermique externe pour lanceur spatial en matériau composite à base de fibres de lin préimprégné de résine époxy (projet CAULIBRI financé par la DGA). A noter que les renforts végétaux disponibles sur le marché sont généralement secs, de nombreuses actions d'innovation visant à mettre sur le marché des préimprégnés.

Conclusions et enseignements :

Le gisement des matériaux en fin de vie issus des filières transports étaient estimés par l'ADEME en 2006 ⁸⁶ à **plus de 2,4 millions de tonnes.**

La pression réglementaire et/ou les préoccupations environnementales ont incité les industriels des transports à mettre en place des filières de démantèlement/recyclage/valorisation. La mise en place de ces filières est soit encadrée par les pouvoirs publics (exemple des VHU), soit le fruit d'initiatives professionnelles individuelles ou collectives (exemple des filière ferroviaires, nautisme et aéronautiques). La maturité de structuration des filières de valorisation en fin de vie au vu des éléments collectés est la suivante :

Automobile, ferroviaire > nautisme > aéronautique

Les industriels des transports recherchent des solutions simples à mettre en œuvre, pragmatiques et économiquement viables sans subvention. **Trois paramètres clés apparaissent dans la structuration des filières de valorisation en fin de vie :**

- **La valeur économique des matières à valoriser,**
- **La nature du gisement, sa capacité à être identifié, sa concentration (géographique, par type de matière), et son homogénéité,**
- **La capacité à intégrer les filières de valorisation en fin de vie existantes, et celles des polyoléfines tout particulièrement.**

⁸⁶ « Etude de la fin de vie des moyens de transport en France (hors VHU) », ADEME/BIO IS 2006,

www.ADEME.fr/publications

Etude RECORD n°20-0817/1A

L'état des lieux de la fin de vies des matériaux biosourcés investigués dans la présente étude dans le secteur des transports peut se résumer sur la base du tableau de bord suivant issu de l'étude ADEME, 2014 sur la fin de vie de ces matériaux.

Tableau de bord		2010 - 2012	2020	2030
Pièce thermocompressée à base de non-tissés (hors coton effiloché)	Marché automobile – Durée d'usage : 10 – 15 ans			
	Volume mis sur le marché	13 500 tonnes	16 500 à 17 000 tonnes	20 000 à 20 500 tonnes
	Part de biosourcé	50 à 80 % <i>PP/PE + fibres naturelles</i>	50 à 80 % <i>PP/PE + fibres naturelles</i>	50 à 80 % <i>PP/PE + fibres naturelles</i>
	Volume en fin de vie	3 400 à 10 100 tonnes	14 300 à 17 700 tonnes	20 200 à 21 800 tonnes
	Pièces anciennes déjà présentes dans les gisements de matériaux en fin de vie dans le secteur automobile principalement. D'après ADEME, 2014 la quasi-totalité du gisement serait actuellement mis en décharge. Ce gisement conséquent avec une part significative de chute de production (25 %).			
Pièce plastique injectée renforcée en fibres végétales	Marché automobile – Durée d'usage : 10 – 15 ans			
	Volume mis sur le marché	500 tonnes	10 000 tonnes	Non connu
	Part de biosourcé	20 à 30 % <i>PP/chanvre</i>	20 à 30 % <i>PP/Chanvre</i>	30 à 50 % <i>Elargissement type de polymère / fibre</i>
	Volume en fin de vie	-	0 à 500 tonnes	8 à 10 000 tonnes
	Pièces sur le marché depuis 2005 – 2007 qui vont commencer à apparaître en fin de vie sur des volumes anecdotiques. Gisement conditionné par le rythme de mise sur le marché de ces nouveaux matériaux et la localisation de ces marchés (mondiales actuellement). Donc a priori volume faible validant les taux résiduels de présence de fibres végétales pris dans le projet NAFCORECY porté par FAURECIA en 2013 et démontrant la faisabilité industrielle de la fin de vie de ces pièces.			
Composite à base de fibres continues et matrices biosourcées	Marché des transports (automobile, ferroviaire, nautisme, aéronautique) – Durée d'usage : 25-50 ans			
	Volume mis sur le marché	-	Non connu	Non connu
	Part de biosourcé	-	30 à 50 % <i>Thermotur base époxy / PA11</i>	30 à 50 % <i>Augmentation part résine biosourcée</i>
	Volume en fin de vie	-	-	-
	Marché naissant, en pleine ébullition au niveau de la recherche et de la mise en marché de pièce innovante (exemple du partenariat Bcomp – Porsche Racing pour des pièces de carrosserie en lin). Les mises en marché régulières représentent des volumes très réels mais non connus à ce jour. Pas de gisement significatif de pièces en fin de vie à l'horizon 20 ans au vu des éléments connus à ce jour. Une fin de vie et un impact environnemental fortement impacté par les résines / procédés thermoplastiques ou thermodurs			

b) L'environnement français de la gestion de fin de vie dans le secteur du bâtiment

Depuis 1969, un certain nombre de réglementation encadrent cette fin de vie. Cela s'est fait de manière progressive en commençant par l'élimination des déchets de chantier. De manière non exhaustive on peut noter :

- La loi n°92-646 du 13/07/1992, qui donne une définition du déchet ultime et prévoit théoriquement que seuls les déchets ultimes qui n'auront pas pu être valorisés (recyclés ou incinérés avec récupération d'énergie) dans des conditions économiques acceptables pourront être mis en décharge. Cet objectif est toujours poursuivi, avec pour conséquence une augmentation régulière du coût de mise en décharge afin de favoriser l'émergence de solutions de recyclage. A terme, les installations d'élimination des déchets par stockage ne seront autorisées qu'à accueillir des déchets ultimes.
- La circulaire du 15/02/2008 relative à la planification de la gestion des déchets de chantier du BTP rappelle que la déconstruction sélective et le tri préalable constituent la meilleure façon de gérer les déchets de chantiers, car elle permet d'envisager le recyclage et un traitement adapté dans les filières de fin de vie existantes. La responsabilité de chacun des intervenants de la filière bâtiment est posée relativement au traitement et à l'élimination des déchets.
- Conformément aux directives européennes, la loi de Transition énergétique pour la croissance verte du 18/08/2015 fixe comme objectif de valoriser 70 % des déchets du BTP d'ici 2020. Les déchets du second œuvre du bâtiment, constituent une cible prioritaire d'amélioration. Leur valorisation nécessite de prendre en compte une très grande diversité de matériaux et d'équipements. Des solutions de recyclage existent mais elles demandent une démarche de dépose sélective lors de la démolition. Si plusieurs de ces filières de recyclage sont aujourd'hui opérationnelles, le réemploi de matériaux reste, en revanche, un gisement encore largement inexploité.
- La loi de lutte contre le gaspillage et l'économie circulaire 2020-105 du 10 février 2020 demande que les Produits et Matériaux de la Construction du Bâtiment (PMCB) fassent l'objet d'une filière de Responsabilité Elargie du Producteur (REP). L'objectif est que les déchets de construction, de démolition et de réhabilitation qui en sont issus, y compris les inertes, soient repris sans frais sur le territoire national lorsqu'ils font l'objet d'une collecte séparée. Elle prévoit également l'instauration d'un maillage territorial d'installations de reprise de ces déchets ainsi que leur traçabilité. (Beaucoup de filières REP sont aujourd'hui en place tel que pour les « Piles et accumulateurs portables » ou encore les « Automobiles »).

L'enjeu est de passer d'une logique de démolition, à une logique de déconstruction afin de limiter l'extraction des matières premières, faciliter la valorisation et réduire la mise en décharge, améliorer la qualité et la quantité des déchets en vue de leur valorisation.

La déconstruction nécessite une étape de préparation clé basée sur l'analyse du site de déconstruction et l'audit des bâtiments qui permet d'inventorier, quantifier et qualifier les matériaux constitutifs du bâtiment et donc d'articuler en continu le chantier sur les filières locales de valorisation ou d'élimination sans valorisation. Elle se déroule en 3 étapes : la décontamination (désamiantage par exemple), le retrait des matériaux du second œuvre (déchets non dangereux) et l'abattage de la structure (déchets minéraux majoritairement inertes). Elle permet ainsi la valorisation et / ou l'élimination sans valorisation des déchets tout au long du chantier.

Les différentes filières de valorisation possibles des matériaux issus des opérations de construction et de démolition sont : la réutilisation des matériaux, le recyclage (dont valorisation organique), le remblayage, la valorisation énergétique. S'il n'y a pas de valorisation possible, on est donc en présence de déchets ultimes. Dans ce cas, il reste 2 possibilités : l'incinération ou la mise en décharge.

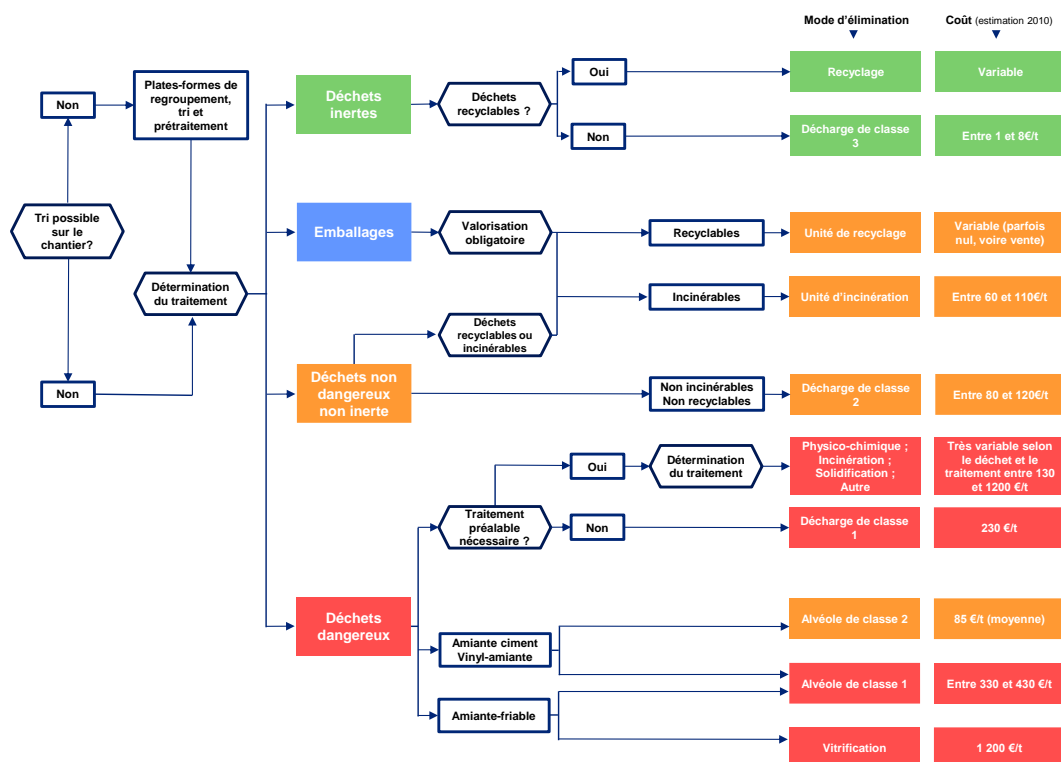


Figure 21 : Schéma de principe d'élimination des déchets du bâtiment⁸⁷ (RECORD, 2021)

L'enjeu est donc de taille. En 2017 la production de déchets de construction a atteint 224 millions de tonnes. Selon l'ADEME⁸⁸, seuls 45 % à 47 % de ces déchets sont aujourd'hui valorisés, bien loin des 70 % prévus à l'horizon 2020 par la loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour une croissance verte. Et encore, quand ils ne vont pas à la décharge, les matériaux issus de la démolition servent, pour l'essentiel, à combler les carrières ou de sous-couches routières dans les travaux publics, alors qu'ils pourraient être recyclés, ou même pour beaucoup tout simplement réemployés et avoir une seconde vie.

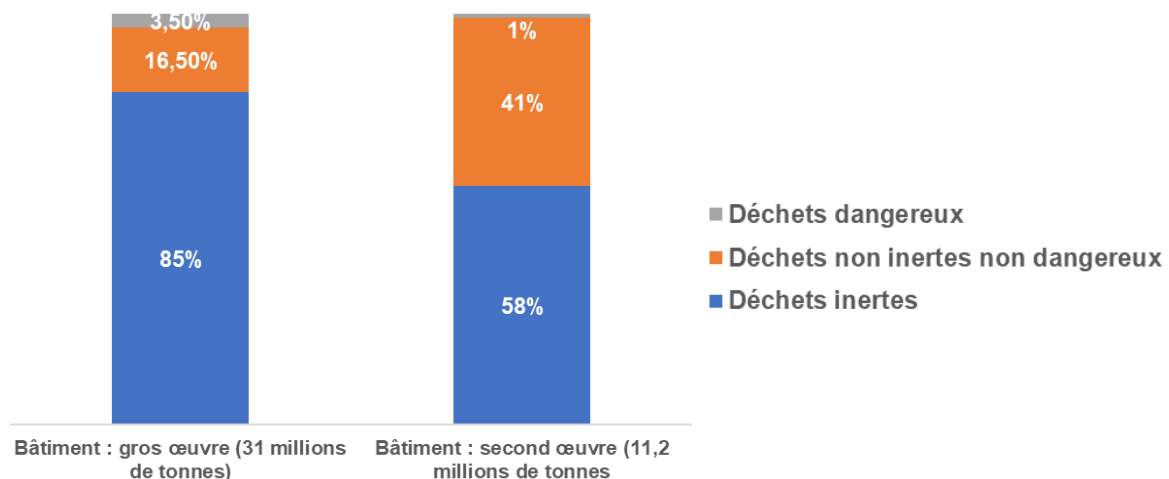


Figure 22 : Répartition des différents types de déchets dans le bâtiment⁸⁹, (RECORD, 2021)

En 2014 d'après le SOeS (Service de l'Observation Et de Statistiques du ministère du développement durable), les entreprises du bâtiment ont produit 42,2 millions de tonnes de déchets, dont 74 % pour le gros œuvre⁹⁰ et 26 % pour le second œuvre⁹¹. Le taux de déchets directement valorisés ou réutilisés

⁸⁷ « Mieux gérer les déchets de chantier de bâtiment », FFB / ADEME 2013

⁸⁸ Source : Déchets Chiffres-clés L'essentiel, ADEME, 2019

⁸⁹ Déchets et déblais produits par l'activité de construction en 2014, 2017 - SOeS

⁹⁰ Gros œuvre = éléments constitutifs de la structure de l'ouvrage

⁹¹ Second œuvre = travaux qui n'influent pas sur la structure et la stabilité de l'ouvrage

en sortie de chantier était de l'ordre de 46 %, du fait de la diversité des matériaux à gérer : bois, plastiques, déchets dangereux.

- Les déchets inertes (terres excavées, pierre, béton, etc.) qui représentent $\frac{3}{4}$ de ce total sont généralement réutilisés sur d'autres chantiers (terrassement, etc.), transformés pour être réincorporés avec des matériaux de construction neufs ou encore utilisés en remblai dans des carrières.
- Les autres matériaux (métaux, plastiques, plâtre, verre, etc.) nécessitent d'être triés pour pouvoir intégrer d'autres filières de valorisation. Les taux de valorisation sont très inégaux d'un matériau à l'autre : moins de 20 % pour le verre, le plâtre... ou les laines minérales.

Selon l'ADEME, plusieurs filières sont engagées dans des démarches volontaires pour améliorer la valorisation, par exemple :

- Le programme européen VinylPlus (<https://vinylplus.eu/>) qui a permis de recycler 770 000 tonnes de PVC en 2019. VinylPlus s'engage à recycler, à partir de 2021, 900 000 tonnes de PVC par an, et au moins 1 million de tonnes par an d'ici 2030 (1 kg de PVC recyclé = 2 kg de CO₂ qui ne seront pas rejetés dans l'atmosphère).
- Le projet Démocles (<https://www.democles.org/>), plateforme collaborative d'acteurs lancée en 2014, a pour ambition d'accompagner les acteurs du bâtiment à améliorer la valorisation de leurs déchets.

Déchets produits par l'activité de BTP en 2008 (en million de tonnes)		Répartition des quantités de déchets selon leur destination (en %)							Total
Nature des déchets (selon la nomenclature européenne)	Quantité totale de déchets	Déchèterie, plateforme et/ou centre de regroupement et/ou de tri	Valorisation matières			Installations de stockage (CET, CSDU, etc.)			
			Réutilisation, recyclage sur un autre site, y compris par une autre entreprise	Comblement de carrières	Installation d'incinération, cimenterie, chaufferie, valorisation énergétique, etc.	Déchets inertes (CET III, ISDI)	Déchets non dangereux (CET II)	Autres	
Béton	17,84	14,8	77,7	2,2	0	4,7	0,0	0,6	100
Briques, tuiles, céramiques, ardoises	2,87	35,5	24,5	34,7	0	2,9	0,2	2,1	100
Verre	0,10	77,9	12,1	7,3	0	2,0	0,3	0,4	100
Bois brut ou traité avec des substances non dangereuses (palettes, etc.)	1 835	67,3	11,3	0	7,9	0,1	8,8	4,5	100
Matières plastiques (sols souples, etc.)	435	91,6	3,9	0	0,2	0,5	2,9	0,9	100
Métaux ferreux ou non ferreux	1 201	44,4	42,4	0	NS	0,2	7,3	5,7	100
Matériaux isolants : fibres de verre, laine de roche	118	89,4	4,0	0	NS	0,6	5,1	0,9	100
Plâtre	11 844	98,3	0,5	0	NS	0,1	0,7	0,5	100

Tableau 27 : Destination des déchets issus de l'activité du BTP⁹² (RECORD, 2021)

Afin d'inciter à une gestion durable des déchets du secteur du bâtiment, le gouvernement envisage le développement d'un système de sanctions afin de rendre effective l'obligation pour tout maître d'ouvrage d'un chantier de démolition d'établir un « diagnostic déchet » avant travaux. Peu connue cette obligation datant de 2011 reste limitée aux travaux de grande ampleur. Jusqu'à présent, les bâtiments concernés par ce diagnostic étaient ceux d'une surface hors d'œuvre brute supérieure à 1 000 m² ainsi que ceux ayant accueilli une activité agricole, industrielle ou commerciale et ayant été le siège d'une utilisation, d'un stockage, d'une fabrication ou d'une distribution d'une ou plusieurs substances dangereuses classées comme telles. Cela ne concernait donc que très peu de bâtiment. Depuis le 10 février 2020 avec la loi de lutte contre le gaspillage et l'économie circulaire évoquée précédemment, cette obligation de diagnostic devrait s'étendre à beaucoup plus de chantiers et même aux

⁹² « Enquête sur les déchets produits par l'activité de construction en France en 2008 », SOeS 2010 Etude RECORD n°20-0817/1A

réhabilitations. Il est aussi envisagé de dématérialiser ce diagnostic (BIM) pour promouvoir l'utilisation de données ouvertes et favoriser le lien entre l'offre et la demande de matériaux réutilisables.

En parallèle de la mise en place de ce type de démarche, une pratique se développe de plus en plus, le réemploi, gisement aujourd'hui quasiment inexploité. L'atout majeur de cette pratique est qu'elle ne demande aucune transformation des matériaux. Les avantages en faveur du réemploi sont nombreux : moins de ressources extraites de nos sols, moins d'énergie utilisée, mais également moins de dégagement de CO₂ qui sont associés à l'ensemble des étapes de fabrication d'un matériau. Le réemploi de matériaux permet ainsi de réaliser des gains environnementaux et financiers.

Les matériaux recyclés coutent en effet selon les estimations 50 à 80 % moins cher que leurs équivalents neufs. La Belgique et les Pays-Bas sont très en avance sur ces sujets avec la création de marchés dédiés. A l'inverse, en France, ces pratiques ancestrales disparues au profit de matériaux neufs et normalisés, ne sont pas développées et commencent à revenir au gout du jour. Depuis ces trois dernières années le réemploi de matériaux de construction connaît un véritable essor et est même aujourd'hui considéré comme l'une des innovations clés dans un secteur dont l'impact environnemental est au cœur des débats.

De plus en plus de plateformes numériques et physiques voient le jour ces dernières années. Le principe est de récolter tous les matériaux réutilisables lors de la déconstruction / démolition d'un bâtiment et de les proposer à la vente. Cycle Up a été par exemple pionnière dans ce domaine en France avec la mise en place d'un marché en ligne de solution professionnelle pour le développement du réemploi des matériaux de construction dans des opérations immobilières et d'aménagement. Cycle Up développe ainsi depuis 3 ans cette plateforme d'échange de matériaux de seconde vie, mais propose également des outils et des méthodes pour accélérer la prise en compte du réemploi et de l'économie. Cycle Up n'en est encore qu'à ses débuts puisqu'ils ne réalisent qu'encore à ce jour une seule transaction par jour et ne résolvent que 15 à 20 % des transactions qui leurs sont confiées. Les ressources ne semblent donc pas manquer, mais la demande se fait attendre.

Une des raisons expliquant cette situation réside dans l'ensemble des réglementations qui sont en vigueur pour la construction neuve. Les constructeurs et maîtres d'ouvrage ont besoin de garantir la conformité des produits qu'ils vont (ré)employer. L'ensemble des matériaux de construction qui sont mis en œuvre dans les bâtiments sont assortis d'évaluations techniques, documents permettant de prouver leurs performances. Ces documents ne sont cependant plus valides lorsque le produit est réemployé. Or, l'assurabilité d'un système constructif ou plus globalement d'un bâtiment réside sur la présence ou non de ces documents. Il est tout de même possible d'établir un dialogue avec certains assureurs qui jouent le jeu, mais il faut tout de même trouver un système permettant de réassurer les produits réemployés.

Ces problématiques d'assurabilités ont fait l'objet de projet collaboratifs depuis 2014 entre l'ADEME, le CSTB et une coopérative d'architecture qui a développé une expertise pionnière en France sur le réemploi : BELLASTOCK⁹³. Leurs travaux à ce sujet consistent à réaliser de nouveaux référentiels voués à venir compléter les normes actuelles en faisant appel aux professionnels concernés par les filières projet par projet. Leur dernier rapport « REPAR #2 » pose ainsi les référentiels et les outils de projet permettant d'instaurer un dialogue commun entre tous les acteurs de la construction, pour commander, prescrire, mettre en œuvre, évaluer et assurer des composants d'ouvrage en réemploi.

Il ne s'agirait pas ici de créer un nouveau type de diagnostic mais d'en créer un qui serait complémentaire au diagnostic déchet actuellement en vigueur. Il devrait être réalisé par un expert (bureau de contrôle, etc.) et comporterait un dénombrement des produits disponibles en indiquant des informations sur leur état, leur potentiel de réemploi ainsi que des informations sur les éventuelles restrictions d'usage ou les précautions à prendre lors de la dépose, du stockage et du transport.

L'ensemble de ces initiatives tendent toutes vers les mêmes objectifs : analyse ; enrichir et diffuser cette pratique de réemploi qui commence à prendre son envol.

⁹³ REPAR #2 – Le Réemploi, passerelle entre architecture et industrie – ADEME, BELLASTOCK, CSTB - 2018
Etude RECORD n°20-0817/1A

Conclusions et enseignements :

En 2014, les entreprises du bâtiment ont produit 42,2 millions de tonnes de déchets⁹⁴. Ce gisement est constitué à 75 % de déchets inertes et est issu à 93% des opérations de déconstruction / rénovation.

L'objectif en matière de valorisation (préparation en vue du réemploi, recyclage, autres formules de valorisation matière : remblayage, etc.) des matériaux issus des déchets non dangereux de construction et de démolition est de 70 % (cf. Directive Européenne 2008/98/CE du 19 novembre 2008). La promotion des pratiques de déconstruction, la mise en pratique de l'écoconception, dont la prise en compte de la fin de vie dès la conception des bâtiments / matériaux, l'organisation de la filière de collecte / tri / valorisation et la réutilisation des déchets inertes sont les principaux enjeux de la fin de vie du secteur du bâtiment. Avant que ce ne soient des déchets, ce sont des éléments de construction, donc des ressources. Il faut donc arrêter de parler de déchets, et commencer par conserver l'intégrité des éléments de construction.

Les filières de recyclage des matériaux pour le bâtiment sont encore émergentes. Les premiers matériaux biosourcés arrivent à peine en fin de vie. L'anticipation de la gestion de leur fin de vie devient donc un sujet clé afin que la réglementation ne soit pas un frein à leur développement. L'état des lieux de la fin de vie des matériaux biosourcés investigués dans la présente étude dans le secteur du bâtiment peut se résumer sur la base du tableau de bord suivant issu de l'étude ADEME, 2014 sur la fin de vie de ces matériaux.

Tableau de bord		2010 - 2012	2020	2030	
Marché des isolants, durée d'usage : Isolation toiture = 20 à 25 ans ; Isolation mur = 20 à 25 ans ou 40 à 50 ans en fonction du caractère incitatif des politiques publiques					
Isolants biosourcés	Isolants fibres de bois	Volume mis sur le marché	30 000 tonnes ⁹⁵	92 000 à 103 000 tonnes	Non connu
		Part de biosourcé	80 %		
		Volume en fin de vie	-	-	8 à 10 000 tonnes
		Remarques	Part de biosourcé amenée par la fibre végétale principalement		
	Quate de cellulose	Volume mis sur le marché	50 000 tonnes	40 000 à 50 000 tonnes ⁹⁶	70 000 à 100 000 tonnes
		Part de biosourcé	85 %		
		Volume en fin de vie	-	-	0 à 10 000 tonnes
		Remarques	Part de biosourcé amenée par la cellulose de bois		
	Isolants souples biosourcés⁹⁷	Volume mis sur le marché	9 500 à 11 700 tonnes	12 500 à 15 000 tonnes	17 700 à 21 700 tonnes
		Part de biosourcé	80 à 85%	80 à 100%	95 à 100%
		Volume en fin de vie	0 à 2 500 tonnes	2500 à 5 000 tonnes	5 000 tonnes
		Remarques	Part de biosourcé amenée par la fibre et ponctuellement par les liants		
Marché des bétons biosourcés, durée d'usage : supérieurs à 50 ans					
Bétons biosourcés	Béton de chanvre et béton de bois	Volume mis sur le marché	100 000 à 160 000 tonnes	300 000 à 500 000 tonnes	2,8 à 4,5 millions de tonnes
		Part de biosourcé	20 à 50 %	20 à 50 %	20 à 50 %
		Volume en fin de vie	-	-	-
	Remarques	Développement lent du fait de la nécessité de disposer d'un réseau large d'applicateur	Premières mises sur le marché de bétons végétaux préfabriqués (hors mur antibruit)		

⁹⁴ Déchets et déblais produits par l'activité de construction en 2014, SOeS

⁹⁵ Données actualisées surestimées dans l'étude ADEME, 2014 sur la base des données DGALN, 2012 & 2017

⁹⁶ A noter que la filière a subi de fortes perturbations en 2012 – 2013 qui ont impacté fortement son activité qui a régressée puis s'est redressée rapidement, en lien avec une problématique incendie (changement d'ignifugeant, non-respect des éléments de protection au feu lors de la pose sur certains chantiers).

⁹⁷ Données ADEME, 2014 légèrement surestimées par rapport aux dernières estimations connues DGALN, 2017, Memento, 2020

L'emballage

La gestion de la fin de vie des emballages fait l'objet de plusieurs directives européennes qui fixent des objectifs concernant le taux de recyclage des emballages. En particulier, la directive 2018/852 prévoit pour 2025, qu'au minimum 65 % (en poids) de tous les déchets d'emballages devront être recyclés. Cet objectif global se décompose suivant les différents matériaux d'emballages : 50 % en poids pour le plastique ; 25 % pour le bois ; 70 % pour les métaux ferreux ; 50 % pour l'aluminium ; 70 % pour le verre ; 75 % pour le papier et le carton. Ces seuils sont réhaussés pour 2030, afin d'atteindre 70% de déchets d'emballages recyclés.

Afin de remplir ces objectifs, le « Paquet Economie Circulaire » rend obligatoire la mise en place de filières à responsabilité élargie pour les producteurs, pour tous les emballages, ce qui rend le producteur responsable des déchets vendus et donc participe à la mise en place et au financement de la filière de gestion de la fin de vie des emballages.

D'ici 2023, cette même directive 2018/851 du Paquet Economie Circulaire rendra obligatoire la mise en place d'une filière de collecte des biodéchets. Les pays seront autorisés à organiser une collecte conjointe de ces biodéchets et des déchets ayant des propriétés de biodégradabilité et de compostabilité conformes aux normes européennes. Cette directive favorisera les produits biosourcés compostables domestiquement ou industriellement sans pour autant créer une filière de gestion des déchets propre et indépendante.

Ces directives européennes sur les emballages se déclinent en France, avec notamment la loi EGALIM, qui prévoit, à partir de 2021, un élargissement de l'interdiction des produits plastiques à usage unique : pailles, couverts, piques à steak, couvercles à verre jetables, plateaux-repas, pots à glace, saladiers, boîtes et bâtonnets mélangeurs pour boissons. Cette loi exclut les matériaux compostables. La France ambitionne de tendre vers 100 % de plastiques recyclés. La LOI AGECE n°2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire prévoit d'ailleurs l'interdiction de plusieurs objets plastiques dès 2021 (récipients et gobelets en polystyrène expansé, plastiques "oxo-fragmentables" autres que les sacs, déjà interdits, qui se désagrègent sans vraiment disparaître, tiges pour ballon, confettis) et d'autres dès 2022 (sachets de thé et tisane et les jouets dans les menus enfants des fast-foods, films plastiques pour les fruits et légumes, etc.).

Les plastiques biosourcés représentent aujourd'hui 2,2 millions de tonnes, soit moins de 1 % de la production mondiale de plastiques⁹⁸. La capacité de production des plastiques biosourcés en Europe est estimée à 550 000 tonnes en 2020⁹⁹. En France, 38 000 tonnes de déchets plastiques biosourcés sont générés par an, dont environ 2/3 de plastiques biosourcés drop-in, dont la structure est identique à celle des plastiques classiques pétrosourcés (Famille A : bio-PET, bio-PP, bio-PE, etc.) et 1/3 de plastiques biosourcés à structures nouvelles (Famille B : bases amidon, PLA, etc.). Les plastiques biosourcés de famille A et B n'ont pas la même influence sur les filières de tri existantes. Dans le cas de la famille A, la stricte analogie de structure n'entraîne aucune influence sur les filières de fin de vie. Les plastiques de famille B se retrouvent quant à eux dilués dans le flux des déchets ménagers¹⁰⁰.

Sur le volume global d'emballages plastiques mis sur le marché en France, seuls 25 % sont recyclés et 37,7% sont valorisés énergétiquement. Dans les cas des emballages ménagers, environ 50 % des flacons et bouteilles sont recyclés mais seulement 1 % des autres emballages ménagers le sont¹⁰¹.

A l'heure actuelle, les plastiques biosourcés ont, du fait des faibles gisements, peu d'impact sur les filières existantes de valorisation (sauf présence éventuelle de plastiques de la famille B dans le flux actuel de recyclage mécanique, à la suite de l'étape de tri).

La gestion de la fin de vie des matériaux biosourcés est soumise à 3 enjeux, propres à la mise sur le marché de tout nouveau matériau innovant :

- **Collecter et massifier les gisements de matériaux en fin de vie.** Dans le cas contraire, la valorisation énergétique est la meilleure solution à court terme pour une filière matériau naissante, tant que l'on n'a pas de volume de matière suffisant permettant de mettre en place des filières de tri ou collecte.

⁹⁸<https://www.european-bioplastics.org/market/>

⁹⁹<http://www.bioplastiques.org/en-chiffres>

¹⁰⁰ <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/gisements-valorisation-biosources-fin-vie-2014-rapport-final.pdf>

¹⁰¹ <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/gisements-valorisation-biosources-fin-vie-2014-rapport-final.pdf>

- **Capacité à trier (détecter et séparer) les matières.** Par exemple, le principal point d'interrogation concerne la capacité des filières actuelles de collecte et de tri (centres peu équipés en tri optique) à pouvoir détecter et séparer efficacement tout matériau innovant, dans le but d'éviter de perturber les filières de recyclage existantes dans un premier temps, puis de les valoriser séparément lorsque les flux seront suffisants.
- **Disposer de techniques de valorisation opérationnelles et adaptées aux matériaux à traiter.**

L'avenir de la fin de vie des matériaux biosourcés est à considérer différemment pour les deux familles de polymères.

Voies actuelles de fin de vie des principaux emballages plastiques et vision prospective :

Famille A (drop-in) :

- **Le PET biosourcé** représente 50 % du gisement de plastiques biosourcés en France. C'est le matériau le mieux valorisé (78,7% dont 48,5 % par recyclage et 30,2 % par valorisation énergétique). Le PET biosourcé, dont le flux dans les filières de collecte devrait augmenter dans les années à venir, est identique chimiquement au PET pétrosourcé et est donc recyclé de la même manière, par voie mécanique. Il ne perturbe donc pas les filières existantes.
En France, le PET est le seul matériau plastique qui peut être décontaminé lors du processus de régénération et qui peut ainsi être réutilisé dans des emballages au contact alimentaire. Les emballages en PET sont recyclés en fibres textiles, en bouteilles ou en feuilles qui permettent de fabriquer de nouvelles barquettes.
Le PET sera encore plus recyclé dans les prochaines années, du fait de la Directive (UE) 2019/904 du Parlement européen, relative à la réduction de l'incidence de certains produits en plastique sur l'environnement, qui stipule que 90% des bouteilles en plastique devront être recyclées d'ici 2029, et qu'elles devront contenir au moins 25% de plastique recyclé d'ici 2025.
- **Le PE** représente environ 20 % du gisement des plastiques biosourcés. Des investissements conséquents sont réalisés pour accroître la production de ce polymère. **Le PP** représente quant à lui une proportion très faible. Le PE biosourcé ayant la même structure que le PE pétrosourcé, il n'a pas d'impact sur la filière de recyclage. Pour la même raison, les flux de PP biosourcés pourront être dilués dans le flux de PP pétrosourcé également. Le prix du PP biosourcé (30 à 50 % plus cher) implique des gisements faibles (29 000 T à l'échelle européenne en 2020).

Les emballages rigides en PE haute densité et PP, lorsqu'ils sont recyclés en mélange (quand la concentration de PP ne dépasse pas 10 % dans le flux PEhd), sont aujourd'hui utilisés pour fabriquer des tuyaux ou des mandrins. Lorsque le PP est recyclé seul, il peut être utilisé dans des pièces automobiles. Les taux de recyclage, de l'ordre de 50% pour les bouteilles et flacons en PEhd et PP¹⁰² et de 1 % pour les barquettes faites avec ces mêmes matériaux¹⁰³. Les emballages rigides sont plus simples à séparer et donc à valoriser à court terme que les emballages souples.

Les emballages souples en PE et PP sont recyclés à seulement 10 %¹⁰⁴ par voie mécanique, pour fabriquer principalement des sacs poubelles et des tuyaux d'irrigation. Les 90 % restants ne sont pas recyclés et valorisés énergétiquement. De même, les films et emballages souples autres que PE (pots et barquettes complexes, films souples de PP complexes) sont pour le moment valorisés en énergie principalement. Deux acteurs français, le groupe Barbier et Machaon, développent le recyclage des films en PE/PP en France.

Les principaux verrous actuels au recyclage des emballages souples en PP et PE résident dans la capacité des filières à mobiliser les gisements et la capacité des systèmes de tri à détecter et séparer efficacement les déchets en fonction de leur nature. Le problème pourrait être important lorsque de nouveaux matériaux avec des structures nouvelles (PLA, PHA, etc.) vont rentrer massivement dans le flux.

¹⁰² https://ged.fne.asso.fr/silverpeas/LinkFile/Key/22dedc1a-0940-41a9-b9e3-77a778972c59/FNE_fiche_rep_plastiques.pdf

¹⁰³ http://www.ecoemballages.fr/sites/default/files/cotrep_guide_recyclabilite_2017_web.pdf

¹⁰⁴ <https://www.citeo.com/le-mag/435/>

Toutefois, le projet d'extension des consignes de tri à tous les emballages plastiques partout en France depuis 2012, et qui concernera tous les Français en 2022, va augmenter largement la quantité d'emballages triés à la source.

Cela va favoriser l'émergence de technologies de tri des emballages souples ainsi que le développement de solutions alternatives de fin de vie pour le PE et le PP. Il faudra donc trouver de nouveaux débouchés, ce qui va favoriser le déploiement de nouvelles technologies de valorisation.

Les procédés mécaniques actuellement majoritairement utilisés pour le recyclage consomment beaucoup d'énergie et pourraient, à terme, être au moins partiellement substitués par d'autres technologies. Le recyclage chimique des polymères offre un fort potentiel de valorisation et pourrait être appliqué en théorie à tous les emballages en plastique. Néanmoins, il n'existe pas de procédé industriel viable économiquement à ce jour.

Différentes technologies de recyclage sont à l'étude :

- Dépolymérisation (emballages en PET complexes telles que des barquettes multicouches),
- Dissolution dans un solvant spécifique puis filtration (pour les films ou emballages alimentaires souples en PE, PS, PP),
- Techniques thermiques telles que la pyrolyse (conversion thermique des plastiques) ou gazéification (décomposition poussée en hydrogène et monoxyde de carbone) pour le PE, PP et PS. Ces techniques thermiques permettraient une transformation en composés chimiques pour la plasturgie, ou en liquide et gaz combustible à des fins énergétiques comme carburant.

Ces technologies sont en plein essor. Des études d'impact environnemental plus poussées de ces procédés et un cadre réglementaire mieux défini sont nécessaires avant de prévoir leur déploiement à grande échelle. Toutefois, cette voie de valorisation serait un levier supplémentaire pour réduire l'empreinte environnementale du recyclage et compléter la palette des filières existantes, en permettant le traitement de produits multi-résines qui sont difficilement traités par les autres techniques.

Famille B (biodégradables PLA, PHA, résines à base d'amidon, etc.) :

- Les flux actuels de matériaux biosourcés de famille B en fin de vie, comme le PLA ou les bases d'amidon, ne répondent pas à des facteurs économiques clefs nécessaires pour justifier de la création d'un flux et d'une filière de valorisation particulière :
 - Tonnages existants insuffisants au vu du seuil minimum fixé à 10 000 tonnes. A titre d'exemple, la production de PLA en France atteint 2 400 tonnes seulement,
 - Absence de débouchés sectoriels et parallèlement d'attentes et de besoins de la part des repreneurs pour la matière recyclée,
 - Valeur marchande en compétition avec les prix pour la matière vierge et des coûts associés aux traitements des matériaux biosourcés en fin de vie.

Ces polymères, qui représentaient environ 26 % (résines à base d'amidon) et 2 % (PLA) des gisements de plastiques biosourcés en France en 2014, sont quasiment exclusivement valorisés par voie énergétique à l'heure actuelle, à l'exception des résines à base d'amidon biodégradables qui sont valorisées à 10 % par compostage industriel¹⁰⁵.

- Les marchés des plastiques biosourcés de famille B connaissent une croissance importante, à l'image du PLA. Total Corbion PLA va d'ailleurs construire une seconde usine en France d'une capacité de 100 000 tonnes/an. La mise en service est prévue en 2024. Les flux de PLA en fin de vie devraient être amenés à augmenter considérablement au cours des prochaines années.
- La priorité est de s'assurer que les flux actuels de plastiques ne soient pas perturbés par l'arrivée de ces nouveaux matériaux de famille B, en mettant en place un système de tri (détection et séparation) efficace. Dans un premier temps, tous les matériaux (dont les plastiques biosourcés de la famille B) qui n'entrent pas dans les filières actuelles de recyclage mécanique (ex : PET, PE) et qui ne sont pas en volumes suffisants pourraient être massifiés (flux agrégé) et valorisés énergétiquement. Lorsque les volumes de ces matériaux seront

¹⁰⁵ <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/gisements-valorisation-biosources-fin-vie-2014-rapport-final.pdf>

suffisants, une filière de valorisation (flux) spécifique (autre qu'énergétique) pourra être envisagée.

- Certains plastiques biosourcés comme le PLA ou ses dérivés peuvent perturber les filières de tri existantes : le PLA est incompatible avec les résines classiques actuellement recyclées mécaniquement comme le PET et les contaminent, en altérant les propriétés du matériau recyclé. Lorsqu'une bouteille en PLA est détectée, son éjection du flux PET entraîne l'éjection de plusieurs bouteilles PET : cette séparation devra être optimisée.

Des travaux de recherche publiés récemment semblent montrer une volonté de développer des méthodes de recyclage chimique permettant la production de mélanges PET-PLA (Gere et Czigany., 2020). Une autre étude publiée en 2020 a quant à elle démontré qu'un processus chimique permettait de décomposer des plastiques en PLA pour produire un solvant vert biodégradable, le lactate de méthyle (Roman-Ramirez et al., 2020). Les options considérées à défaut pour les plastiques biodégradables comme le PLA sont la valorisation énergétique et l'incinération.

- Plusieurs autres solutions de fin de vie du PLA sont à l'étude :
 - Développement d'additifs enzymatiques permettant d'en faire un polymère compostable domestiquement (la société Carbiolice y travaille actuellement),
 - Développement d'un procédé de recyclage chimique par Total Corbion PLA qui permettrait d'obtenir des lactides et de produire à nouveau du PLA par polymérisation,
 - Projet de filière pour organiser le tri des emballages en PLA et évaluer la faisabilité technico-économique d'une filière du recyclage (projet Re-Cup porté par Danone, 2019).
- Des avancées scientifiques et technologiques sont nécessaires pour accroître la biodégradabilité de nouveaux polymères (PLA, PHA, PBS, résines à base d'amidon, etc.) en conditions environnementales réelles.

En effet, un des verrous est la dégradabilité incomplète des plastiques et le risque en conséquent de trouver des particules de plastique dans le compost. Une étude de Citeo a montré qu'il était possible d'incorporer 5 % de PLA compostable dans un procédé de compostage industriel, à condition de prévoir un broyage en amont et d'allonger la durée de maturation du compost ¹⁰⁶.

Ces résultats viennent confirmer ceux présentés en décembre 2018 par l'ADEME au sujet des sacs compostables à domicile (résine à base d'amidon et polymères fossiles compostables) : en réalité, la dégradation en conditions domestiques n'est pas optimale si on ne respecte pas scrupuleusement les meilleures pratiques. Le compostage industriel est donc à privilégier. Pour le PLA, les travaux de Carbiolice ambitionnent de rendre possible son compostage domestique dans les prochaines années.
- La France ne dispose pas de filière de collecte spécifique pour les produits compostables. La demande est forte de la part des producteurs de plastiques biosourcés compostables de voir se développer cette filière de compostage, car en l'absence d'une filière de recyclage organique (plateforme de compostage industriel à minima), cette propriété de compostabilité n'est pas valorisable. Cette voie est d'autant plus prometteuse qu'elle concernerait principalement les emballages souples, peu valorisés par recyclage mécanique aujourd'hui. De plus, dans le cas d'une collecte chez l'habitant, la mise en place de la filière pourrait faciliter les travaux sur d'autres filières comme les emballages souples qui sont difficilement triables aujourd'hui. Des prémisses de filière de compostage existent pour certaines résines à base d'amidon et il y a un fort potentiel de valorisation par compostage pour le PLA.

¹⁰⁶ <https://www.citeo.com/le-mag/emballages-en-plastiques-biosources-et-compostables-est-ce-la-solution/>
Etude RECORD n°20-0817/1A

Conclusions et enseignements :

Le cadre réglementaire fixé par l'Union Européenne et par la France sur la gestion de la fin de vie des emballages va rendre les producteurs responsables des déchets plastiques vendus et va donc contribuer à la mise en place et au financement de la filière de gestion de la fin de vie des emballages. De même, le Paquet Economie Circulaire rendra obligatoire la mise en place d'une filière de collecte des biodéchets, ce qui va favoriser le développement de filières durables de recyclage pour l'ensemble des plastiques, y compris les plastiques biosourcés, dont les flux seront de plus en plus conséquents au cours des prochaines années.

Actuellement, les principales voies de fin de vie pour les plastiques biosourcés de famille A (identiques chimiquement aux pétrosourcés) sont le recyclage mécanique, via les mêmes filières que les plastiques conventionnels, et la valorisation énergétique. Pour les plastiques biosourcés de famille B, il n'existe pas à l'heure actuelle de filière dédiée, et ces déchets se retrouvent généralement dans le flux de déchets ménagers ou, au mieux (pour certaines résines à base d'amidon), partiellement compostés industriellement.

Les trois grands enjeux associés à la fin de vie sont : (1) de réussir à collecter et massifier les gisements de matériaux en fin de vie, (2) de parvenir à trier (détecter et séparer) les matières, afin de pouvoir détecter et séparer efficacement tout matériau innovant, pour ne perturber les filières de recyclage existantes et les valoriser séparément, et (3) de disposer de techniques de valorisation opérationnelles et adaptées aux matériaux à traiter.

Concernant les plastiques biosourcés de famille A, les flux de PET, PP ou PE sont intégrables dans les voies de recyclage actuelles, en raison de l'identité de structure chimique avec les matériaux pétrosourcés. Une filière mature de recyclage mécanique existe pour le PET. En revanche, le recyclage des plastiques souples en PE et PP est encore très insuffisant. L'extension des consignes de tri de tous les emballages plastiques constitue cependant une forte opportunité de développer des filières de recyclage ou de valorisation. Le recyclage par voie mécanique étant très énergivore, des travaux importants de développement sont menés actuellement pour mettre en place des voies de recyclage chimique ou de valorisation énergétique (pyrolyse, gazéification).

Les matériaux de famille B sont encore peu valorisés et il n'existe pas encore de filière de recyclage ou de compostage véritablement dédiée. La priorité dans un premier temps est de s'assurer que les flux actuels ne soient pas perturbés par l'arrivée de ces nouveaux matériaux en mettant en place un système de tri (détection et séparation) efficace. On sait que le PLA par exemple perturbe les filières de recyclage du PET.

Des filières de recyclage chimique sont à l'étude et un effort devra être fourni pour améliorer la compostabilité de ces polymères, afin qu'ils puissent être collectés dans les biodéchets et compostés à domicile ou industriellement, ce qui faciliterait la fin de vie et éviterait la mise en place de filière spécifique coûteuse. Cependant, la France ne dispose pas encore de filière de collecte spécifique pour les produits compostables.

Le calcul de volume mis sur le marché pour une résine biosourcée donnée en 2020 ou 2030 a été estimé à partir des gisements connus 10 ans auparavant, en appliquant le taux de croissance moyen annuel du marché mondial des différents matériaux.

Tableau de bord		2010 - 2013	2020	2030
PLA	Volume mis sur le marché	0,6 kt	2,4 kt ¹⁰⁷	9,8 kt
	Part de biosourcé	100 %		
	Taux de croissance filière	15 %		
	Voies de fin de vie	-	- incinération - valorisation énergétique	- compostage domestique et industriel - recyclage mécanique - recyclage chimique
PHA	Volume mis sur le marché	0	0,15 kt ¹⁰⁸	NC
	Part de biosourcé	100 %		
	Taux de croissance filière	100 %		
	Voies de fin de vie	-	-	- compostage domestique et industriel
Résines base d'amidon à	Volume mis sur le marché	0,76 kt ¹⁰⁹	14 kt	24 kt
	Part de biosourcé	30 à 80 %		
	Taux de croissance filière	6 %		
	Voies de fin de vie	- compostage domestique	- compostage domestique - valorisation énergétique	- compostage domestique - recyclage mécanique ou chimique
PET	Volume mis sur le marché	15 kt	22 kt ¹¹⁰	33 kt
	Part de biosourcé	30 à 100 %		
	Taux de croissance filière	4 %		
	Voies de fin de vie	- recyclage mécanique	- recyclage mécanique - valorisation énergétique	- recyclage mécanique
PE	Volume mis sur le marché	0,63 kt	36 kt	204 kt
	Part de biosourcé	100 %		
	Taux de croissance filière	19 %		
	Voies de fin de vie	- recyclage mécanique - valorisation énergétique	- recyclage mécanique - valorisation énergétique	- recyclage mécanique - valorisation énergétique (pyrolyse, gazéification)
PP	Volume mis sur le marché	0	0,1 kt	1,9 kt
	Part de biosourcé	30 à 100%	30 à 100%	30 à 100 %
	Taux de croissance filière	6,5 %		
	Voies de fin de vie	-	- recyclage mécanique - valorisation énergétique	- recyclage mécanique - valorisation énergétique (pyrolyse, gazéification)

¹⁰⁷ <http://natureplast.eu/marche-des-bioplastiques-nouveautes/>

¹⁰⁸ <https://www.european-bioplastics.org/market/>

¹⁰⁹ <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/gisements-valorisation-biosources-fin-vie-2014-rapport-final.pdf>

¹¹⁰ <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-starch-blends-biodegradable-plastic-market#:~:text=Starch%20blends%20biodegradable%20plastic%20market%20will%20reach%20an%20estimated%20volume,period%20of%202020%20to%202027.&text=Performance%20problems%20related%20to%20biodegradable,challenge%20to%20the%20market%20growth>

D.3 Synthèse de la phase 2

L'objectif de cette partie est de faire le point sur l'ensemble des outils de mesure et de pilotage disponibles au niveau national et européen afin d'évaluer le caractère biosourcé d'un matériau et son impact environnemental :

- *Etat des lieux des méthodes de mesure du caractère biosourcé des matériaux*
- *Etat de l'art des principaux outils utilisés afin d'évaluer totalement ou partiellement l'impact environnemental des matériaux biosourcés*

L'utilisation du terme « biosourcé » n'est aujourd'hui **pas encadré réglementairement**, et peut donc être utilisé dès lors qu'un produit / matériau contient une part de matière biosourcée, i.e. issue de la biomasse. **La garantie d'un contenu minimum en biosourcé ne peut donc être apportée que par des mesures concrètes, permises par deux méthodes principales reconnues et normées.** La mise en œuvre de cette mesure et le résultat peuvent ensuite être communiqués grâce à des **labels dédiés à garantir un contenu en biosourcé**, et qui exigent l'utilisation de ces méthodes normées dans leur cahier des charges. Ces labels peuvent garantir un contenu minimal en biosourcé, ou simplement la valeur de la teneur en biosourcé (label Bio-Based Content).

Reste qu'un contenu en biosourcé n'est pas forcément corrélé à un impact environnemental moins élevé, mis à part sur l'enjeu de l'épuisement des ressources fossiles. Pour s'assurer d'un impact environnemental réduit, des **labels** apportant des garanties environnementales sont un outil facilement accessible, mais il n'en existe à ce jour aucun spécifique et dédié aux produits biosourcés. **Parmi les labels existants**, que ce soient des écolabels ou des auto-déclarations environnementales, **aucun n'exige un contenu minimum strict en biosourcé excepté le label NF HQE pour le bâtiment.** Certains apportent toutefois **des bonus sur cet aspect, et la plupart exigent des garanties sur l'origine du biosourcé si le produit en contient.** A noter que seuls les secteurs du bâtiment et de l'emballage disposent de labels environnementaux.

Pour évaluer et juger de la **performance environnementale d'un matériau biosourcé, il convient de s'assurer de la prise en compte de tous les aspects générant un impact**, en s'intéressant au cycle de vie complet du matériau, exigé par certains labels.

La méthode de **l'analyse du cycle de vie** est en ce sens l'outil actuellement le plus robuste, et est grandement utilisé dans le secteur du bâtiment. Les résultats des ACV des produits de ce secteur, dont certains biosourcés, sont disponibles gratuitement et faciles d'accès grâce à la base de données INIES, **mais pour les emballages et les transports, il n'existe pas de telles bases de données publiques.** Les recherches d'ACV sont donc à faire spécifiquement, ou à réaliser.

La phase 3 ci-après permet d'approfondir le sujet de la performance environnementale des produits biosourcés en faisant des focus sur des ACV spécifiques.

Enfin, **le devenir des produits en fin de vie est un facteur crucial** lorsque l'on se préoccupe de l'enjeu environnemental. Cet aspect est **pris en compte par l'ACV** (i.e. évalué de manière quantitative sur plusieurs enjeux environnementaux), et est plutôt bien couvert par les **3 écolabels dédiés au secteur du bâtiment et ceux de l'emballage** qui requièrent des exigences sur la fin de vie des produits (biosourcés ou non), en plus des labels auto-déclaratifs pour les emballages dédiés la fin de vie.

Cette **étape de fin de vie est également à considérer de manière macro**, et d'autant plus pour les filières de fin de vie absorbant à la fois des matériaux biosourcés et non biosourcés. Les contextes réglementaires liés à la fin de vie ne facilitent pas forcément cette intégration, les filières ayant été créées pour les matériaux classiques non biosourcés (hors secteur bois) de manière à répondre aux exigences légales, ce qui pourrait être perturbé par les matériaux biosourcés. Mais l'adaptation et le développement des filières de traitement est également conditionné par les taux d'incorporation en biosourcé, pour l'instant restant faibles voir anecdotique dans le secteur du transport

E. Phase 3 : Analyse critique des performances environnementales des matériaux biosourcés et traduction en procédures d'achats pour les industriels

L'objectif de cette partie est :

- d'analyser de manière critique et objective la performance environnementale des produits biosourcés
- d'obtenir des éléments tangibles permettant d'évaluer la performance environnementale des produits biosourcés, via leur comparaison aux non biosourcés,
- d'établir des arbres de décision pour l'achat de matériaux biosourcés pouvant s'intégrer dans des procédures d'achats.

E.1 Introduction

Le choix de cas d'étude ACV

L'analyse de l'impact environnemental n'est, en date de publication de ce rapport :

- ni obligatoire : en France, aucune loi n'oblige à conduire une analyse de performance environnementale des produits fabriqués et mis sur le marché ;
- ni réglementée : bien qu'il existe des méthodes normées et reconnues internationalement, comme par exemple l'analyse du cycle de vie (ACV)¹¹¹, lorsqu'une structure décide de procéder à l'analyse de la performance environnementale d'un de ses produits, elle est libre de procéder comme elle le souhaite.

En conséquence, il y a au global peu d'informations et de données permettant de réaliser une analyse générale sur la performance environnementale des matériaux biosourcés. L'analyse porte donc dans cette partie sur des cas d'étude particuliers servant de « cas d'école » et dont les conclusions alimenteront la construction des arbres de décisions.

La performance environnementale peut être évaluée :

- sur différents aspects : un impact sur l'environnement peut être de nature variée :
 - . contribution au dérèglement climatique (couramment appelé changement climatique),
 - . émissions de substances dites polluantes dans l'air, l'eau, le sol provoquant des effets délétères sur les écosystèmes et la santé humaine, directement (exemple : particules fines s'introduisant dans les voies respiratoires) ou indirectement (exemple : acidification des eaux de pluies dégradant la végétation)
 - . épuisement de ressources non renouvelables,
 - . contribution à la disparité de la ressource eau et au stress hydrique etc.
- et via différents outils, qualitatif, quantitatif, mono ou multicritères :
 - . le bilan carbone : quantitatif monocritère évaluant l'impact d'un site sur le changement climatique (quantification des émissions de gaz à effet de serre)
 - . l'empreinte eau : quantitatif, portant sur deux critères que sont la quantité d'eau consommée et la pollution de l'eau, quantifiant l'impact environnemental potentiel d'un produit lié à l'eau
 - . les Évaluation Simplifiée et Qualitative du Cycle de Vie (ESQCV) : méthode qualitative identifiant les principaux enjeux environnementaux d'un système
 - . l'analyse du cycle de vie : méthode quantitative et multicritère quantifiant les impacts environnementaux d'un produits etc.

L'ACV ressort comme étant la méthode la plus complète (étant multicritère) et robuste (quantitative, reposant sur des modèles de calcul scientifiques) ; elle est systématiquement imposée par l'ADEME en France lors de projets d'évaluation de la performance environnementale, et est par ailleurs retenue par la Commission Européenne en tant que méthode de référence pour l'évaluation environnementale des produits¹¹². C'est donc sur des cas d'études d'ACV que cette phase 3 s'appuie, étant reconnue, pour laquelle des rapports publics sont disponibles, permettant une approche produit et une approche comparative aux produits non biosourcés.

¹¹¹ normée par l'ISO 14040 et 14044

¹¹² Programme européen « Product Environmental Footprint » (PEF)
Etude RECORD n°20-0817/1A

Les ACV retenues font dans la suite du rapport l'objet d'une critique vis à vis des choix méthodologiques faits, de la pertinence des hypothèses réalisées et des conclusions apportées par les résultats et interprétations des études.

Distinctions entre le secteur du bâtiment et les 2 autres secteurs

Contrairement au secteur du bâtiment, les ACV réalisées dans les autres secteurs sont cadrées par les normes ISO 14040 et 14044 génériques à l'ACV, sans être régies par d'autres normes spécifiques aux secteurs. Les ISO 14040 et 14044 sont moins contraignantes et précises que la norme EN 15804 :

- le périmètre et les étapes du cycle de de vie sont définis par les auteurs, et peuvent varier (pas d'obligation normative)
- les indicateurs et modèles associés sont choisis par les auteurs (pas d'obligation normative)
- les allocations (affectation) décrites sont au choix de l'auteur (suivant les indications de la norme), pouvant varier et être testées en analyse de sensibilité
- la prise en compte du stockage de carbone biogénique peut varier (pas d'obligation normative)
- bien qu'une revue critique est fortement conseillée, dans le but de rendre légitime les conclusions et de valider les choix méthodologiques, elle reste à la discrétion du déclarant.

ce qui laisse beaucoup de marge de manœuvre sur les choix méthodologiques, pouvant avoir un impact sur les résultats.

Par ailleurs, à la différence des FDES qui ne sont jamais comparatives (l'analyse de la partie E.2 ayant donc nécessité un travail de mise en comparaison), les ACV comparatives existent hors cadre FDES, et c'est sur de telles études, publiques, que les cas d'école pour le secteur du transport et de l'emballage ont été choisis. Les choix méthodologiques, les choix d'indicateurs et d'hypothèses ont donc été réalisés par les auteurs des rapports d'ACV analysés, et analysés de manière critique par les auteurs de ce présent document.

E.2 Bâtiment

Introduction

Dans le secteur du bâtiment, trois typologies de produits sont étudiées afin de mieux comprendre les enjeux liés aux matériaux biosourcés :

- les revêtements de sols
- les blocs béton
- les isolants

Les comparaisons ont été établies sur des éco-profilés nommés Fiches de Déclarations Environnementale et Sanitaire (FDES) disponibles dans la base de données INIES (inies.fr). Elles sont spécifiques au secteur de la construction. Ces FDES sont cadrées normativement par :

- la norme européenne EN 15804+A1 (2014)
- le Complément National NF EN 15804/CN (2014)

Ces deux documents décrivent la méthode à utiliser (l'ACV, elle-même normée par l'ISO 14040 et l'ISO 14044) ainsi que les spécificités liées au secteur (allocation, regroupement de produits, frontières du système, etc.). Les données doivent être aussi récentes que possible (moins de 5 ans au moment de la déclaration) et la couverture technologique doit refléter la réalité physique. Les indicateurs sont définis par la norme et son complément national et doivent tous être présents dans ces éco-profilés. Le flux de référence de l'unité fonctionnelle est également défini dans un document réglementaire (« Arrêté du 23 décembre 2013 relatif à la déclaration environnementale des produits de construction et de décoration destinés à un usage dans les ouvrages de bâtiment »).

Chaque FDES est spécifique à un produit (ou à plusieurs produits ayant une fonction similaire) : une FDES ne compare pas des produits entre eux. Cette étape a donc dû être réalisée pour obtenir des comparaisons entre biosourcés et non biosourcés, en suivant les bonnes pratiques que la base INIES rappelle¹¹³

La non-comparaison usuelle entre FDES est d'ailleurs un de ses principes initiaux et doit être indiquée dans chaque FDES par ce paragraphe :

Les DEP de produits de construction peuvent ne pas être comparables si elles ne sont pas conformes à la norme NF EN 15804+A1.

La norme NF EN 15804+A1 définit au § 5.3 « Comparabilité des DEP pour les produits de construction », les conditions dans lesquelles les produits de construction peuvent être comparés, sur la base des informations fournies par la DEP :

« Une comparaison de la performance environnementale des produits de construction en utilisant les informations des DEP doit être basée sur l'usage des produits et leurs impacts sur le bâtiment, et doit prendre en compte la totalité du cycle de vie (tous les modules d'informations) ».

De façon pratique, la comparaison est possible pour des produits particuliers comme les revêtements de sol ou les isolants pour lesquels la fonction et les performances techniques sont soit directement comparables (cf §E.2.2) soit facilement réajustables (cf. §E2.3). L'exemple sur les « blocs béton » (cf. §E2.4), permet donc autant de montrer la possibilité d'utilisation de produits biosourcés dans le secteur de la construction que de mettre en perspective ce biais méthodologique.

Différents types de FDES existent :

- la FDES individuelle présentant une unique référence de produit pour un seul industriel ;
- la FDES individuelle de gamme incluant plusieurs références de produits pour un seul industriel ; un produit moyen « typique » est considéré ;
- la FDES collective incluant des références de produits de même fonction de plusieurs industriels ; un produit moyen « typique » est alors considéré pour les résultats présentés dans la FDES, et une analyse de sensibilité est effectuée afin de vérifier que l'ensemble des produits n'ont pas des impacts 40% supérieurs à ceux du produit moyen défini.

¹¹³ <https://www.inies.fr/faq/> : question 15
Etude RECORD n°20-0817/1A

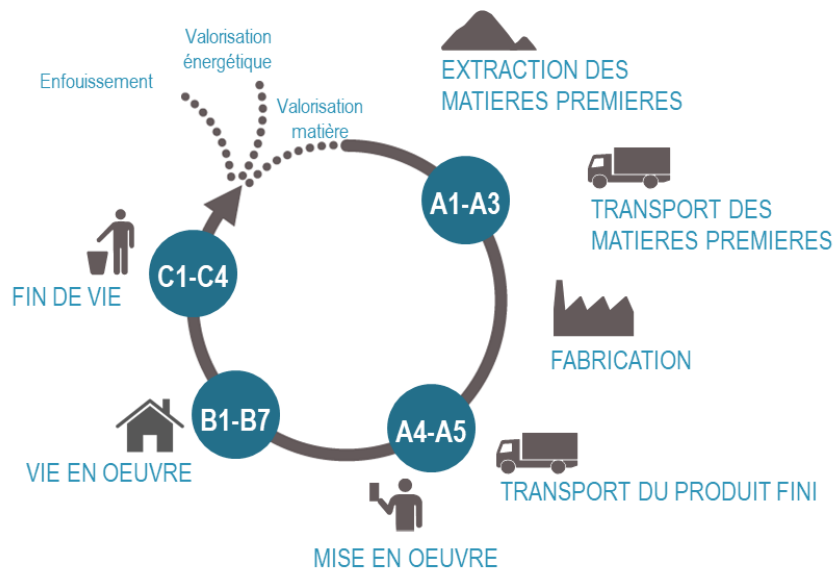
Vingt-huit indicateurs sont disponibles pour chaque FDES. Neuf sont des indicateurs d'impacts, dont deux indicateurs de pollution de l'air et de l'eau spécifiques à la France, le reste étant des indicateurs de flux. Le travail présenté ci-après se focalise sur les indicateurs dits « pertinents » vis-à-vis des enjeux des produits.

Indicateurs d'impact	Unité	Description	Méthode
Réchauffement climatique	kg CO ₂ équivalent	Prend en compte les émissions de gaz à effet de serre (CO ₂ , méthane, ...) qui contribue au réchauffement climatique à un horizon de 100 ans. Indicateur incontournable quel que soit le secteur et type de produit étudié.	Global Warming Potential for a 100-year time horizon as in IPCC: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)].
Appauvrissement de la couche d'ozone	kg CFC-11 équivalent	Prend en compte toutes les substances qui contribuent à la destruction de la couche d'ozone stratosphérique.	Ozone Depletion Potentials for Steady-state as in WMO (World Meteorological Organisation): Scientific assessment of ozone depletion. Global Ozone Research and Monitoring Project Reports. 2003.
Acidification des sols et de l'eau	kg SO ₂ équivalent	Liée aux rejets d'oxydes de soufre (SOx) et d'azote (NOx) et d'ammoniac (NH ₃) dans l'atmosphère par l'homme. Ces rejets sont liés aux procédés de combustion (SOX, NOx) et aux activités agricoles (NH ₃). L'acidification des sols génère un dépérissement des arbres. L'acidification de l'eau provoque une diminution de la biodiversité et augmente le risque de saturnisme et d'intoxication par l'aluminium.	Acidification Potentials for average Europe total as in Huijbregts, M., 1999b: Life cycle impact assessment of acidifying and eutrophying air pollutants. Calculation of equivalency factors with RAINS-LCA. Interfaculty Department of Environmental Science, Faculty of Environmental Science, University of Amsterdam, The Netherlands.
Eutrophisation	kg PO ₄ ³⁻ équivalent	Eutrophisation de l'eau. Introduction de nutriment dans les milieux aquatiques qui conduit à leur modification et à leur dégradation (augmentation de la production d'algues vertes). Dans la cas de produits biosourcés avec matière première agricole, cet indicateur est important car le secteur agricole rejette des substances phosphatées.	Heijungs, R., J. Guinée, G. Huppes, R.M. Lankreijer, H.A. Udo de Haes, A. Wegener Sleeswijk, A.M.M. Ansems, P.G. Eggels, R. van Duin, H.P. de Goede, 1992 : Environmental Life Cycle.
Formation d'ozone photochimique	kg éthène équivalent	Oxydants photochimiques responsables de la formation d'ozone au niveau de la troposphère (smog de pollution au-dessus des villes en période estivale). Les substances à l'origine de	Jenkin, M.E. & G.D. Hayman, 1999: Photochemical ozone creation potentials for oxygenated volatile organic compounds: sensitivity to variations in kinetic and mechanistic parameters. Atmospheric Environment 33: 1775-1293. Derwent, R.G., M.E. Jenkin, S.M.

Indicateurs d'impact	Unité	Description	Méthode
		cet impact sont le plus souvent les émissions de COV, CO et NOx, liées aux combustions (transports) et activités agricoles	Saunders & M.J. Pilling, 1998. Photochemical ozone creation potentials for organic compounds in Northwest Europe calculated with a master chemical mechanism. Atmospheric Environment, 32. p 2429-2441.
Épuisement des ressources abiotiques (éléments)	kg Sb équivalent	Inclut toutes les ressources non renouvelables de matières abiotiques à l'exception des ressources fossiles (exemple : la consommation de minerais)	Abiotic Resource Depletion Potentials for ultimate reserves as in Oers, L.F.C.M., van & Koning, A., de & Guinée, J.B. & Huppes, G., 2002. Abiotic resource depletion in LCA: improving characterisation factors for abiotic depletion as recommended in the new Dutch
Epuisement des ressources abiotiques – combustibles fossiles	MJ, pouvoir calorifique inférieur	Inclut toutes les ressources fossiles	LCA Handbook. Delft: Ministry of Transport, Public Works and Water Management.
Indicateurs de flux	Unité	Description	Méthode
Utilisation nette d'eau douce	m ³	-	

Les FDES présentent également des informations complémentaires concernant la contribution à la qualité sanitaire des espaces intérieurs et des informations de confort : hygrothermique, acoustique, visuel et olfactif sont présentes dans les FDES.

La norme EN 15804 divise le cycle de vie d'un produit de construction en 16 étapes :



Ces 16 étapes sont intégrées dans 4 modules :

Module	Étapes
Fabrication	Approvisionnement en matières premières Transport amont Fabrication
Mise en œuvre	Transport jusqu'au chantier Installation
Vie en œuvre	Utilisation Maintenance Réparation Remplacement

Module	Étapes
Fin de vie	Réhabilitation
	Utilisation de l'énergie
	Utilisation de l'eau
	Déconstruction
	Transport en fin de vie
	Traitement des déchets
	Élimination

Un module optionnel, prenant en compte les potentiels de réutilisation, de récupération et/ou de recyclage, exprimés en impacts et bénéfices nets, peut être pris en compte afin de valoriser la fin de vie du produit dans le système défini.

Pour des raisons de confidentialité, certains industriels ne fournissent pas les quantités de matières premières utilisées dans leur(s) produit(s) et les 3 étapes de fabrication peuvent être agrégées dans la FDES.

Lors de la modélisation des matières premières biosourcées, il est possible de prendre en compte le carbone biogénique capté par la plante lors de sa phase de croissance. Pour cela, une quantité spécifique de carbone prélevé dans l'air est affectée à chaque matière première d'origine végétale selon la norme ISO 21930. Un facteur de caractérisation de valeur -1, inclus dans la méthode de calcul, est considéré pour ce flux de carbone, contribuant donc au résultat d'impact sur le changement climatique. En fin de vie, le carbone biogénique capté par le produit est considéré comme relargué totalement ou en partie dans l'atmosphère lors de son élimination. Les cas de figures sont :

- en cas de recyclage ou de réutilisation : le flux de carbone considéré comme flux physique et intrinsèque au produit suit ce dernier hors du système. La totalité du carbone affecté à ce produit est alors relargué : un facteur de caractérisation de valeur +1 est considéré dans la méthode afin de réémettre celui-ci dans l'atmosphère ;
- en cas d'incinération : le produit étant brûlé, le carbone associé est relargué totalement : un facteur de caractérisation de valeur +1 est considéré dans la méthode afin de réémettre celui-ci dans l'atmosphère ;
- en cas d'enfouissement : le produit se dégrade totalement ou partiellement. Le carbone stocké peut donc être totalement ou partiellement relargué. Des scénarios sont disponibles pour certains produits (le bois par exemple). Quand il n'en existe pas, un facteur de caractérisation de valeur +1 est considéré dans la méthode afin de réémettre celui-ci dans l'atmosphère.

Les règles d'affectation des impacts aux co-produits sont fixées par les normes NF EN 15804+A1 et NF EN 15804/CN et exigent que :

- les affectations soient évitées autant que possible ;
- les affectations soient fondées sur les propriétés physiques (par exemple masse, volume) lorsque la différence de revenus générés par les co-produits est faible ;
- dans tous les autres cas, les affectations soient fondées sur des valeurs économiques.

Les FDES constituent ainsi un outil multicritère majeur permettant d'aider les professionnels dans leurs choix de matériaux dans l'optique de concevoir des bâtiments avec le plus faible impact environnemental possible, tout en créant une atmosphère saine pour les futurs utilisateurs.

L'ensemble des FDES étudiées sont consultables sur la base INIES : <https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html>. Se référer au paragraphe « 1.2.1 Les bases de données (BDD) et les analyses du cycle de vie (ACV) » pour plus d'explications sur la procédure permettant de retrouver ces FDES.

Actuellement, les produits du bâtiment contenant des matériaux biosourcés sont encore peu nombreux et la confidentialité des FDES liée aux secrets de fabrication complique la comparaison des produits entre eux.

Les trois exemples ci-après (revêtements de sols, blocs béton et isolants) ont été sélectionnés en combinant disponibilité de FDES de matériaux biosourcés, et diversité des catégories de produits.

Les revêtements de sol

Pour cette typologie de produits, deux cas d'étude sont analysés :

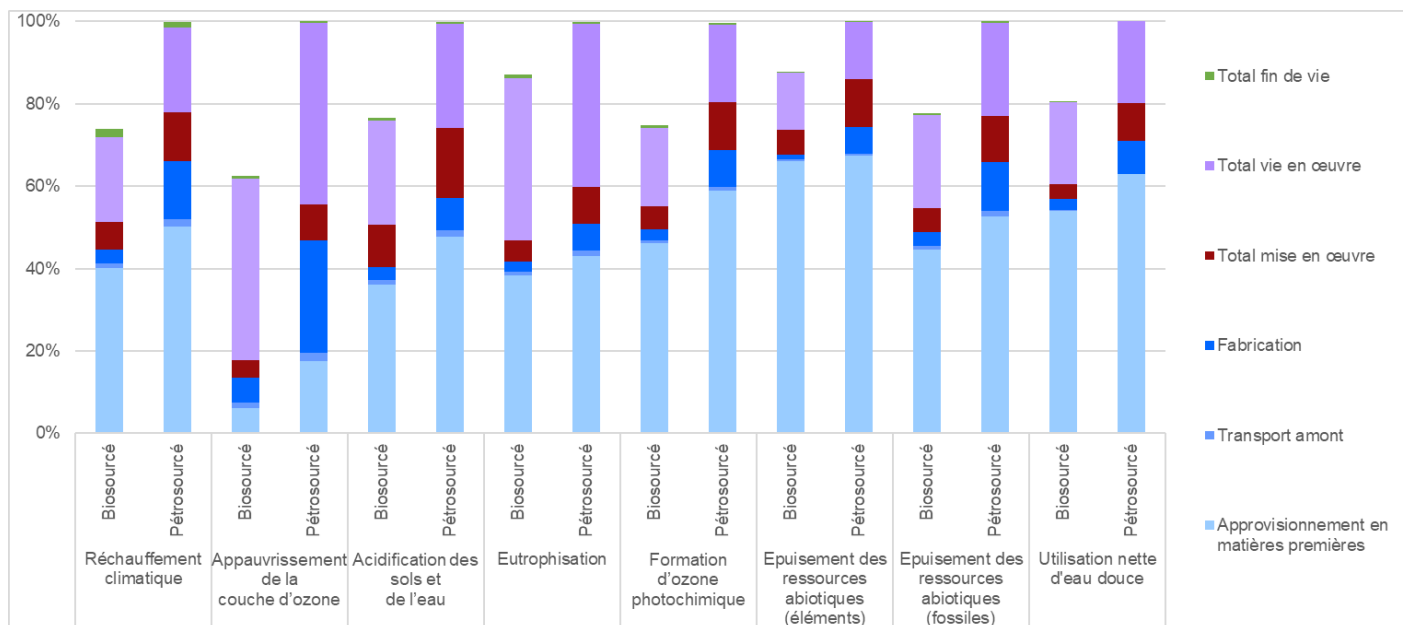
Nom de la FDES	Déclarant	Type de FDES	Année de publication	Durée de vie de référence	Unité fonctionnelle	Matériaux	Part massique de biosourcé	MP pour le biosourcé
Revêtement de sol en PVC vinyle sur liège	Gerflor par le biais de Kalei (syndicat professionnel)	Individuelle de gamme	2019	25 ans	Couvrir 1 m ² de sol intérieur avec un revêtement de sol PVC sur liège et participer à la décoration et au confort des locaux.	PVC, plastifiant, charge minérale, liège	~ 5%*	Liège
Revêtement de sol PVC sur mousse VSM U3/U4 > 2,9 kg/m ²	Kalei	Collective	2019	25 ans	Couvrir 1 m ² de sol intérieur avec un revêtement de sol vinyle sur mousse U3/U4 d'une masse surfacique supérieure à 2,9 kg/m ² et participer à la décoration et au confort des locaux en assurant les performances décrites dans les normes européennes NF EN 651 et NF EN 14041	PVC, enduits, plastifiant, stabilisant	0%	NA

*La part de biosourcé est estimée à partir des documents présents sur le site internet de Gerflor pour le produit SAGA 55. L'épaisseur totale du produit est de 4,60 mm et l'envers, constitué de 42% de matières biosourcées, est de 0,63 mm. En considérant que la masse volumique est identique selon toute l'épaisseur du produit, on obtient une part de biosourcé de $42\% \times 0,63 / 4,60 = \sim 5\%$.

Les deux produits ont été modélisés en utilisant la base de données Ecoinvent 3.4 et le logiciel SimaPro 8.5. Les unités fonctionnelles ont le même flux de référence (1 m²) et les mêmes caractéristiques fonctionnelles (décorer, revêtir).

Le scénario de fin de vie est identique pour les deux produits et reflète la connaissance des filières de traitement des déchets actuelles : les produits sont tous les deux acheminés vers un site d'enfouissement (cf.).

La figure suivante présente la comparaison, par étape du cycle de vie, des impacts des deux produits analysés sur les 8 indicateurs.



Au vu des résultats et du fait que le produit biosourcé ne contient que 5% de matières végétales, il est difficile de mettre en avant la présence de liège comme seule raison de la différence d'impacts. C'est pourquoi, une nouvelle étude de cas a été menée afin de mieux comprendre l'impact des produits biosourcés dans les revêtements de sol.

Les deux nouveaux produits étudiés sont présentés ci-dessous. Il s'agit de deux produits équivalents : l'iQ Natural étant le même produit que l'iQ Range mais utilisant une partie de matières premières biosourcées.

Nom de la FDES	Déclarant	Type de FDES	Année de publication	Durée de vie de référence	Unité fonctionnelle	Matériaux	Part massique de biosourcé	MP pour le biosourcé
iQ Natural – Revêtement de sol vinyle homogène	Tarkett	Individuelle	2021	30 ans	Couvrir 1 m ² de sol intérieur avec un revêtement de sol de type vinyle, mis en œuvre selon les règles de l'art, et participer à la décoration et au confort des locaux en assurant les performances décrites dans la norme européenne ISO 10581 et EN ISO 23997 pendant une durée de vie de référence de 30 ans. Le revêtement répond au classement des locaux : - au plus U4P3E2/3C2 défini par le CSTB - ou au classement européen au plus 34 – 43 défini par la norme NF EN ISO 10874	PVC biosourcé, plastifiant biosourcé, huile de soja époxydée, charge minérale	64%	Pas d'informations pour le PVC et le plastifiant, huile de soja
iQ Range – Revêtement de sol vinyle homogène	Tarkett	Individuelle de gamme	2018	30 ans	1 m ² de revêtement de sol avec une durée de vie de 30 ans pour une application et des caractéristiques spécifiques et une utilisation conforme aux normes ISO 10581 et EN ISO 10874	PVC	0%	NA

Le PVC biosourcé utilisé correspond à du PVC bio-attribué. Autrement dit, Tarkett achète du PVC 100% biosourcé à ses fournisseurs qui eux produisent du PVC à la fois biosourcé et pétrosourcé. L'ensemble du PVC produit par leurs fournisseurs est mélangé puis une part est acheminée jusqu'à l'usine de production du revêtement de sol qui produit ensuite l'iQ Natural. En demandant une attestation à son fournisseur justifiant le caractère biosourcé d'une partie de sa production, théoriquement, le PVC est 100% biosourcé. En réalité, il n'est pas possible de déterminer la part réelle de PVC biosourcé.

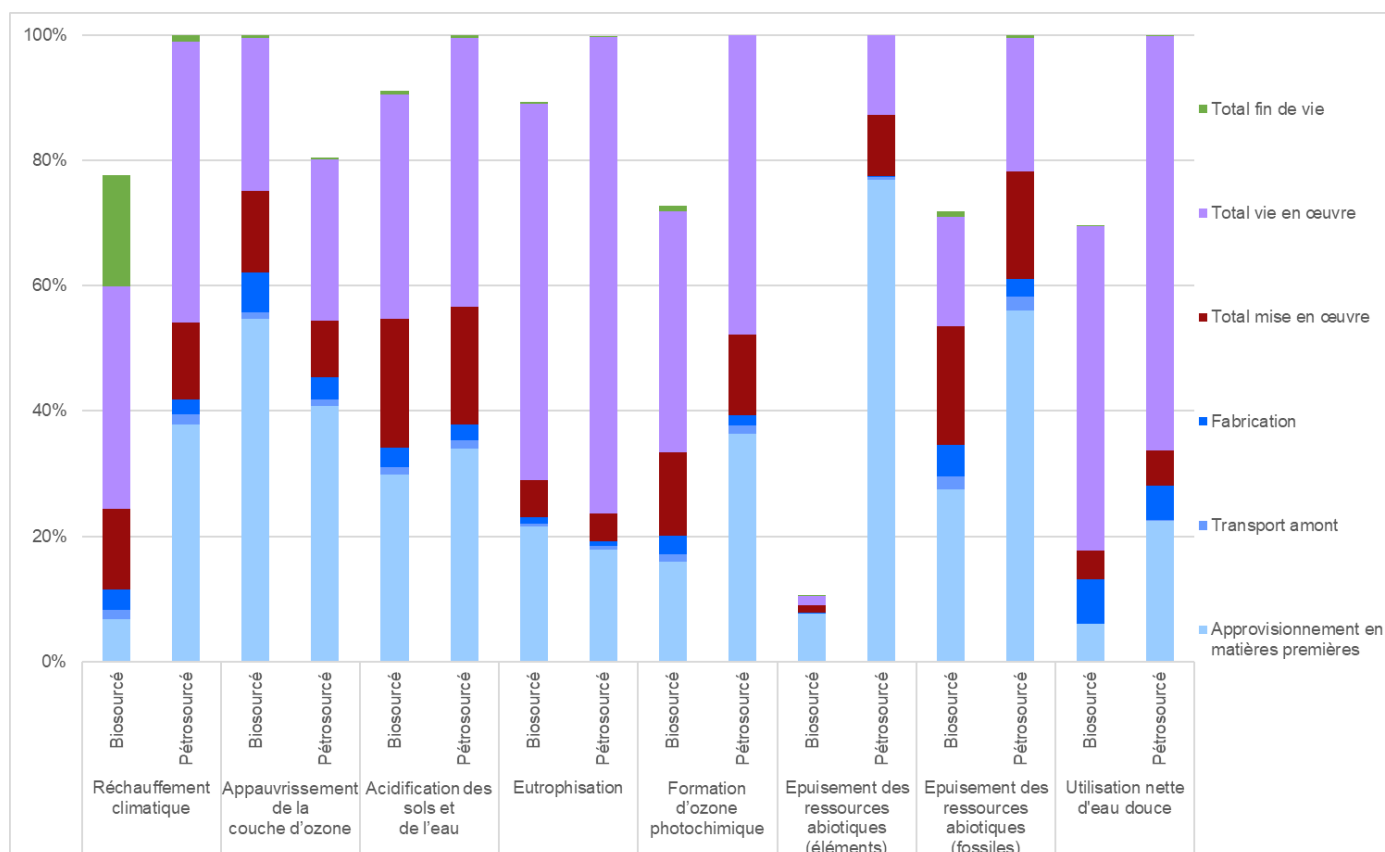
Le carbone biogénique est pris en compte dans la FDES du revêtement de sol biosourcé.

Les unités fonctionnelles ont le même flux de référence (1 m²) et les mêmes caractéristiques fonctionnelles (décorer, revêtir).

Le taux de chutes lors de l'installation est estimé à 10% pour l'iQ Natural contre 9,8% pour l'iQ Range.

Le scénario de fin de vie est identique pour les deux produits et reflète également la réalité des filières de traitement des déchets actuelles : les produits sont tous les deux acheminés vers un site d'enfouissement.

La figure suivante présente la comparaison, par étape du cycle de vie, des impacts des deux produits analysés sur les 8 indicateurs.



Le revêtement de sol biosourcé permet une réduction des impacts environnementaux sur l'ensemble des indicateurs à l'exception de l'appauvrissement de la couche d'ozone par rapport à son homologue pétrosourcé. Sur la majorité des indicateurs, la baisse est liée à l'étape de d'extraction des matières premières.

Dans le cas particulier de l'appauvrissement de la couche d'ozone c'est également la phase d'extraction des matières premières qui a un impact plus important pour le produit biosourcé.

Les FDES ne donnant pas le détail de chaque phase, il est nécessaire de regarder les tendances pour interpréter ces résultats. Ici, le choix d'utiliser des matières premières biosourcées semble ainsi dans ce cas d'étude, être bénéfique.

D'un point de vue qualitatif, les deux produits présentent des émissions de composés organiques volatiles conformes à la classe A+ de l'étiquetage réglementaire français.

Cette comparaison permet donc de montrer, même avec les limites qu'elle comporte (bio-attribution, hypothèses légèrement différentes), que le remplacement possible d'une matière pétrosourcée par une matière biosourcée peut avoir une influence sur la majorité des impacts évalués et sur tout le cycle de vie du produit.

Les isolants thermiques

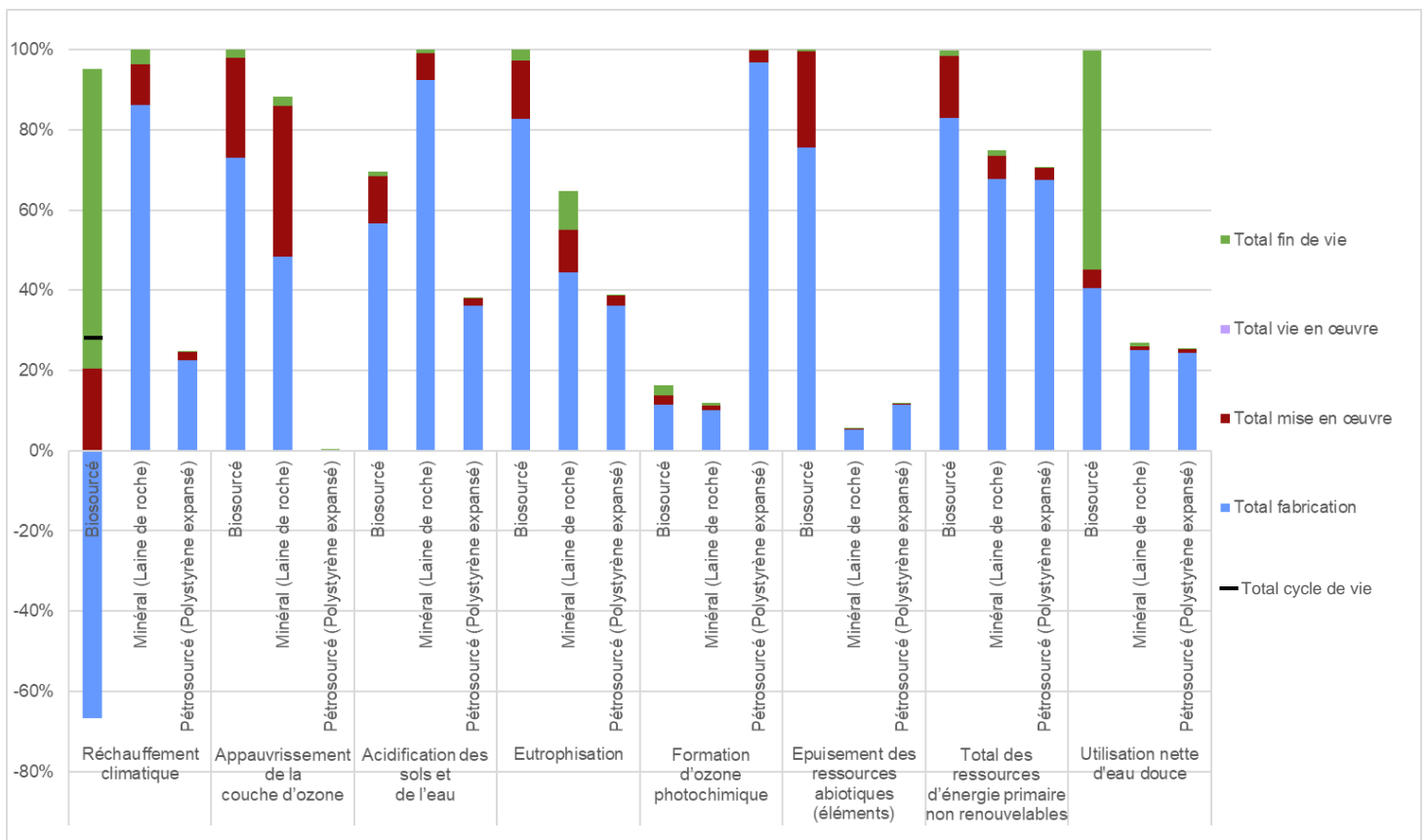
Pour cette typologie de produits, trois cas d'étude ont été analysés :

Nom de la FDES	Déclarant	Type de FDES	Année de publication	Durée de vie de référence	Unité fonctionnelle	Matériaux	Part massique de biosourcé	MP pour le biosourcé	Éléments additionnels
Isolant Biofib Trio	Cavac	Individuelle	2018	50 ans	Assurer une fonction d'isolation thermique sur 1 m ² de paroi sur la base d'une durée de vie de référence de 50 ans avec une conductivité thermique $\lambda = 0,039$ W/m.K tout en assurant les performances prescrites du produit.	Fibres végétales et liant polyester	92%	Chanvre, lin et coton. Les proportions ne sont pas mentionnées.	<ul style="list-style-type: none"> - Caractéristiques dimensionnelles de l'isolant : épaisseur de 100 mm, masse volumique de 30 kg/m³ et masse surfacique de 3 kg/m². - Un traitement antifongique est appliqué au produit. - Résistance thermique de 2,55 m².K/W.
ROULROCK KRAFT 100 mm	Rockwool France	Individuelle	2017	50 ans	Réaliser une fonction d'isolation thermique sur 1 m ² de paroi en assurant la résistance thermique de $R = 2,50$ K.m ² .W ⁻¹ pour l'isolation des combles perdus en rouleaux.	Fibres de roche (basalte et laitier en partie) et liant	0%	NA	<ul style="list-style-type: none"> - Une part des matières premières sont d'origine recyclés. - Caractéristiques dimensionnelles de l'isolant : épaisseur de 100 mm et masse surfacique de 2,3 kg/m².
- KNAUF NEXTherm MUR-B2i RC30 100mm -KNAUF NEXTherm MUR-B2i RC30 SE 100mm	Knauf PRD	Individuelle	2020	50 ans	Assurer une fonction d'isolation thermique sur 1m ² de mur en isolation intégrée en mur béton, sous forme de panneau rigide en Polystyrène expansé (PSE) ignifugé d'épaisseur 100 mm et de résistance thermique $R = 3,10$ m ² .K/W, sur une durée de vie de référence de 50 ans.	Polystyrène expansé ignifugé	0%	NA	<ul style="list-style-type: none"> - Caractéristiques dimensionnelles de l'isolant : épaisseur de 100 mm et masse surfacique de 1,1 kg/m².

Afin de comparer les trois produits entre eux, un facteur correctif sur tous les impacts a été appliqué sur tous les impacts afin de se ramener sur des produits ayant la même résistance thermique.

Le scénario de fin de vie est identique pour les trois produits et reflète la réalité des filières de traitement des déchets actuelle. Tous les produits sont acheminés vers un site d'enfouissement pour déchets inertes.

La figure suivante présente la comparaison, par étape du cycle de vie, des impacts des trois produits analysés sur les 8 indicateurs.



Les isolants utilisant des matières végétales présentent des résultats disparates comparés à leurs homologues non biosourcés (minéral et pétrosourcé).

Sur l'aspect du réchauffement climatique, les isolants biosourcé et pétrosourcé présentent des résultats meilleurs que l'isolant minéral. En effet, le module concernant la fabrication de la laine de roche est bien plus impactant que ses homologues, dû à son processus de fabrication qui demande de chauffer celle-ci à haute température.

Concernant les autres indicateurs, aucune tendance ne peut être observée pour le produit biosourcé. L'utilisation de d'engrais dans un cas ou d'énergie dans un autre peut, par exemple, expliquer ces différences de tendances pour des indicateurs différents. Il n'est ainsi pas possible de conclure sur de réels avantages à utiliser des matières biosourcées dans les isolants.

Les blocs de béton

Pour cette typologie de produits, deux cas d'étude sont également analysés :

Nom de la FDES	Déclarant	Type de FDES	Année de publication	Durée de vie de référence	Unité fonctionnelle	Matériaux	Part massique de biosourcé	MP pour le biosourcé	Éléments additionnels
Bloc de béton de chanvre BIOSYS	VICAT	Individuelle	2018	100 ans	Assurer la fonction de 1 m ² de maçonnerie en béton de chanvre pour une durée de vie de référence de 100 ans, une épaisseur de 30cm et un R de 4,22 m ² .K/W	Liant à base de ciment et copeaux de chènevotte (chanvre)	Non communiqué	Chanvre	- Caractéristiques dimensionnelles du bloc type sont de 600 mm de longueur, 300 mm d'épaisseur et 308 mm de hauteur - 90,75 kg pour 1m ² de mur. - Résistance thermique de 4,22 m ² .K/W.
Vertical Bloc	Vertical Bloc SARL	Collective	2017	100 ans	Assurer la fonction de mur porteur (structure et clos) sur 1 m ² de paroi, tout en assurant une isolation acoustique (Rw (C, Ctr) de 43 (-1 ; -3) dB) et une isolation thermique (résistance thermique de 0,075 m ² .K/W*), additives à celle d'un doublage.	Ciment, adjuvants, granulats (sables et graviers) et additions minérales	0%	NA	- Caractéristiques dimensionnelles du bloc type sont de 600 mm de longueur, 150 mm d'épaisseur et 200 mm de hauteur. - 155 kg pour 1m ² de mur. - Nécessite du béton prêt à l'emploi pour le remplissage des blocs. - Résistance thermique de 0,075m ² K/W.

Les deux produits ont été modélisés en utilisant la base de données ecoinvent 3.4. Les unités fonctionnelles ont le même flux de référence (1 m²) et, en partie, les mêmes caractéristiques fonctionnelles (isoler, fonction de mur). En effet, dans ce cas particulier du bloc de béton, **plusieurs fonctions sont présentes : « porter » ou « assurer la fonction de maçonnerie » et « isoler ».** **Faire une comparaison brute, comme celle qui est proposée, est donc délicate et à proscrire.**
→ Ce biais est présenté ici pour montrer la façon dont des analyses trop directes pourraient être faites entraînant des comparaisons non pertinentes et potentiellement défavorables à l'une ou l'autre des références utilisées.

La solution pour une comparaison efficace serait de raisonner en termes de système (structure, isolant, colle, paroi) ou de bâtiment. Cela impliquerait alors de définir hypothèses et choix constructifs qui n'est pas l'objectif de cette analyse.

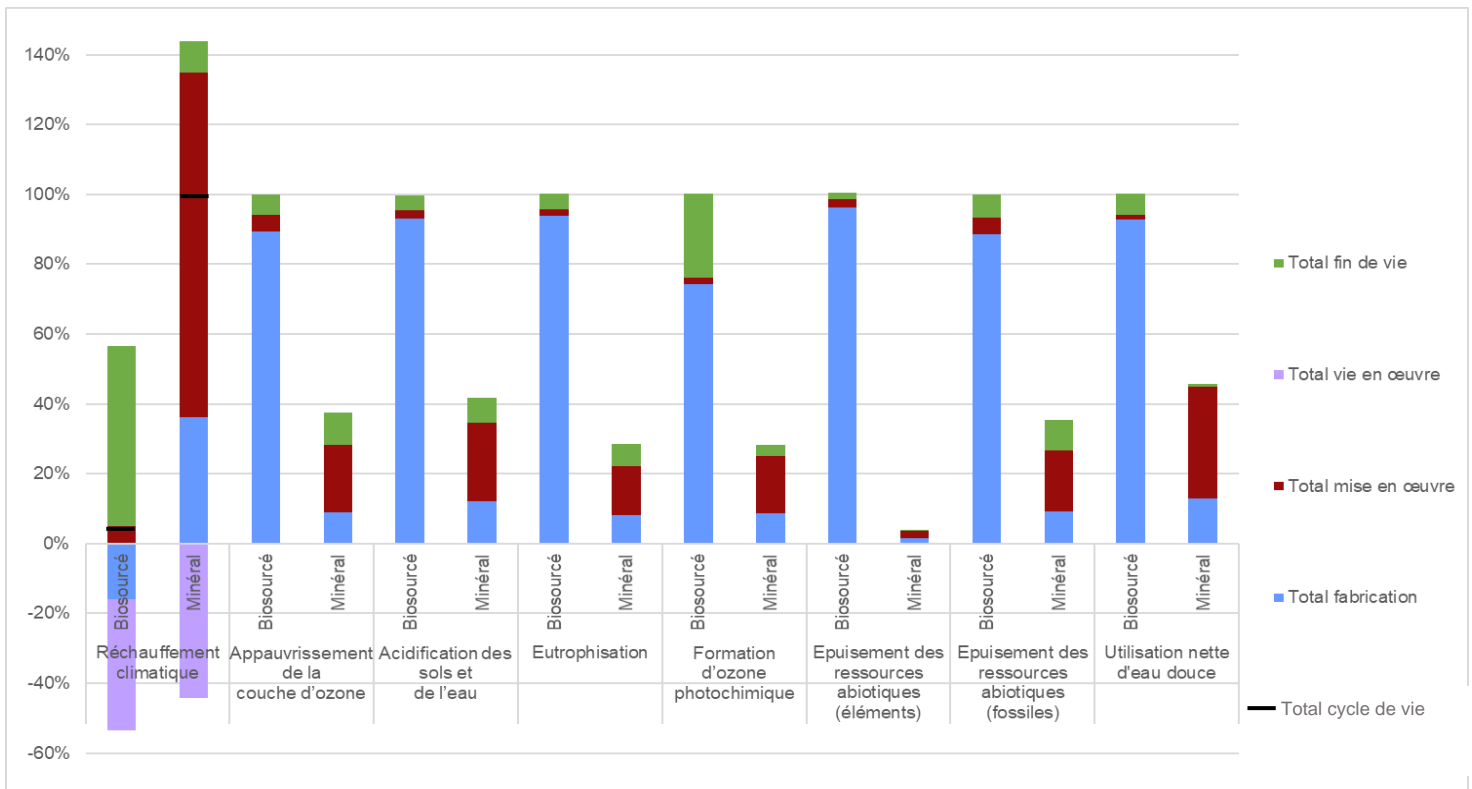
Aucune information n'est disponible concernant la teneur en chanvre du bloc de béton de chanvre BIOSYS.

Les fins de vie des deux produits sont différentes :

- pour Biosys : le béton est concassé puis enfoui
- pour le Vertical Bloc : le béton est concassé puis en partie recyclé (70%) et enfoui (30%)

Pour rappel , en moyenne 77,7% du béton est recyclé ou réutilisé (cf. partie D.2Tableau 27). L'hypothèse de fin de vie pour le Biosys ne suit pas cette tendance, et une autre fin de vie aurait pu être testée.

La figure suivante présente la comparaison, par étape du cycle de vie, des impacts des deux produits analysés sur les 8 indicateurs.



Le « total cycle de vie » correspond à la somme des impacts positifs et négatifs sur l'ensemble du cycle de vie. Il est représenté par la barre noire légendée « Total cycle de vie ».

Sur l'indicateur réchauffement climatique, le béton de chanvre n'émet qu'un peu plus de 3% des émissions totales du béton minéral et est donc largement moins impactant que ce dernier. La fabrication du béton, composé de ciment, passe par une étape de chauffage à très haute température et est donc énergivore. Le calcaire, entrant dans la composition du ciment, produit également des émissions de CO₂ lorsqu'il est chauffé (phénomène de décarbonatation).

Lors de la mise en œuvre, l'utilisation de chanvre permet de réduire les impacts car ce produit ne nécessite aucun intrant, mise à part une consommation électrique afin de dimensionner parfaitement les blocs. Elle ne nécessite pas de béton de remplissage comparé au Vertical Bloc ce qui a pour conséquence une baisse importante des impacts.

Concernant la vie en œuvre et la fin de vie, le béton, au contact de l'air, va recapter du carbone (phénomène de carbonatation). C'est pourquoi des résultats sont négatifs lors de cette phase. Le béton biosourcé ayant moins de ciment dans sa composition, il va à la fois moins émettre de CO₂ lors de sa fabrication et moins en capter lors de sa vie en œuvre et sa fin de vie.

Ces divers éléments montrent que, le béton de chanvre a des impacts moins importants que le béton minéral au niveau du réchauffement climatique.

Concernant les autres indicateurs, les étapes de fabrication du béton de chanvre sont plus impactantes que pour le béton minéral. La culture du chanvre, nécessitant de l'eau et des intrants (fertilisants, produits phytosanitaires), entraîne un fort impact sur l'ensemble des indicateurs comparés à son homologue minéral. Malgré le fait que les étapes de mises en œuvre soient moins impactantes dans le cas du biosourcé, l'impact global reste plus élevé.

Il est, dans le cas de cet exemple et d'une analyse multicritère, assez difficile de conclure sur le bénéfice environnemental des produits biosourcés.

De plus, il est nécessaire de se rappeler l'objectif initial des ACV de matériaux de construction : nourrir les données des ACV de bâtiment. Ainsi la comparaison faite ici n'est que peu pertinente. Deux éléments vont dans ce sens :

- **La fonction d'isolation n'est pas prise en compte défavorisant le béton biosourcé qui a une résistance thermique plus importante que le béton minéral ;**
- **Le béton biosourcé ne peut, aujourd'hui, n'être appliqué que pour un bâtiment d'un étage car des éléments additionnels doivent être ajoutés (béton armé par exemple) au-delà. Cela le défavoriserait alors par rapport au béton minéral.**

Il serait donc intéressant d'étudier cette comparaison à l'échelle du bâtiment. Ces analyses sont d'ailleurs faites dans le cas de la RE2020 à travers une ACV bâtiment.

Conclusion sur les trois cas d'étude « Bâtiment »

Le premier constat à faire est en proportion le faible nombre de FDES de produits biosourcés disponibles sur la base INIES. Sans pouvoir les quantifier précisément, sur les plus de 2000 FDES actuellement recensées, moins de 5% semblent intégrer une part de matières biosourcées.

Ensuite, en raison de la confidentialité, les informations fournies sont limitées et ne permettent pas d'analyser finement des produits entre eux, car la part de matériaux biosourcés ne doit pas être réglementairement être mentionnée.

Le deuxième constat est que les produits analysés peuvent être multifonctionnels, i.e. rendre plusieurs services en même temps. L'analyse du cycle de vie étant une approche fonctionnelle (les impacts environnementaux sont quantifiés par rapport à un (ou des) service(s) rendu(s), certaines comparaisons peuvent ne pas être pertinentes si les produits comparés ne sont pas à iso-fonctionnalité (cas de l'analyse faite sur le béton). Ces analyses ne peuvent, dans la majorité des cas, donc se faire qu'au niveau d'un bâtiment.

Avec l'analyse comparative réalisée, il n'est pas possible de conclure sur un bénéfice global dans l'intégration de matières biosourcées dans les produits du bâtiment. Les résultats sont disparates entre les différents produits du bâtiment étudiés et une analyse au cas par cas doit être effectuée pour déterminer quel produit présente les impacts environnementaux les plus faibles. Néanmoins, sur l'aspect du réchauffement climatique, l'intégration de matières biosourcées semble tendre vers une réduction de l'impact du produit.

E.3 Transport

Trois ACV comparatives sont analysées, dont deux sur le secteur automobile :

- *Analyse du cycle de vie comparative de panneaux de porte automobile biosourcé (PP/fibres de lin et de chanvre) et pétrosourcé (ABS)*, ADEME, 2016¹¹⁴

- *Etude comparative sur leur cycle de vie de 2 platines de rétroviseur de Peugeot 207, PSA, 2009*¹¹⁵

- *Analyse du cycle de vie d'un biocomposite*, A. Le Duigou, P. Davies et C. Baley, *Matériaux & Techniques* 98, 143-150, 2010¹¹⁶

Sur ces trois ACV, seule celle sur les panneaux de porte réalise une analyse d'incertitude. Pour rappel, cette analyse permet d'étudier la variation des résultats d'ACV en fonction des incertitudes des valeurs des données d'inventaire, et ce la plupart du temps via par la méthode Monte Carlo. L'analyse d'incertitude permet de s'assurer de la robustesse des conclusions tirées et est généralement demandée par le procédé de revue critique. Dans le cas de la platine de rétroviseur, la remarque a été faite par les experts. Cependant le commanditaire de l'étude ne demandait pas d'analyse d'incertitude et celle-ci n'a donc pas été effectuée.

Aucune analyse d'incertitude n'a été réalisée pour l'ACV composites.

Objectifs des études

La première étude date de 2016 et concerne l'évaluation de panneaux de porte automobile à base de composites. Elle a été réalisée par Quantis pour le compte de l'ADEME, afin de partager publiquement les connaissances actuelles sur les impacts environnementaux des composites biosourcés.

La deuxième étude concerne des platines de rétroviseurs et a été commanditée par PSA Peugeot Citroën en 2009. Le groupe souhaitait en effet accroître la part de matériaux biosourcés dans ses véhicules, en identifiant en amont leurs avantages et inconvénients grâce à des ACV.

La troisième étude, réalisée en 2010, concerne des matériaux biocomposites à destination du transport nautique, et notamment pour du mobilier de bateau de plaisance. Elle a été réalisée par A. Le Duigou du Laboratoire d'Ingénierie des Matériaux de Bretagne (LIMATB) de Lorient.

L'objectif principal des trois études est identique : il s'agit de comparer la performance environnementale d'une pièce dans sa version biosourcée et non biosourcée. Dans un cas, c'est un panneau de porte de véhicule et dans l'autre, c'est une platine de rétroviseur. Pour la troisième étude, il s'agit du biocomposite à fonctions mécaniques équivalentes.

Un des objectifs secondaires de l'étude concernant le panneau est de mettre en exergue des actions permettant l'amélioration de la performance environnementale de la filière des composites, notamment dans le cadre des composants automobiles.

Pour les rétroviseurs, il s'agit aussi d'améliorer les performances environnementales, mais cette fois au niveau global du couple matière-pièce.

¹¹⁴ Rapport complet disponible en ligne : https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/rapport_acv-biosource_769_.pdf

¹¹⁵ Rapport non public

¹¹⁶ Article disponible en ligne : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00480/59149/61778.pdf>

Etude RECORD n°20-0817/1A

Description des produits étudiés

	Matériau	Masse (g)	Part de biosourcé	Matière première pour le biosourcé
Analyse du cycle de vie comparative de panneaux de porte automobiles biosourcé (PP / fibres de lin et de chanvre) et pétrosourcé (ABS)				
Panneau pétrosourcé ABS	ABS	1292	0%	NA
Panneau biosourcé NFPP ¹¹⁷	Fibres naturelles, PP vierge, fibres de verre	1046	40,2%	Lin et chanvre
Étude comparative sur leur cycle de vie de 2 platines de rétroviseur de Peugeot 207				
Platine PP : polypropylène et fibres de verre (PPGF pour polypropylène and glass fiber)	PP et fibres de verre (GF pour glass fiber) (30% en masse)	135,9	0%	NA
Platine PP biosourcée : polypropylène et fibres naturelles (PPNF pour polypropylène and natural fibers)	PP et fibres naturelles (NF pour natural fiber) (30% en masse)	128,6	30%	Chanvre
Analyse du cycle de vie d'un biocomposite				
Composite	Polyester insaturé et fibres de verre	1000	0%	NA
Biocomposite	PLLA et fibres de lin	1220	100%	Lin et amidon de maïs pour le PLLA

Périmètre de l'étude et unité fonctionnelle (UF)

ACV de panneaux de porte automobile biosourcé

UF : « Satisfaire le cahier des charges du constructeur automobile pour l'utilisation d'un panneau de porte avant dans un véhicule essence de type « Routière » (segment H1), pour une distance totale de 150 000 km parcourus pendant 10 ans. »

Les 150 000 km ont été choisis par consensus dans une précédente ACV de véhicules de l'ADEME afin de permettre la comparaison de différentes ACV de véhicules ou de composants. Le segment H1 du véhicule correspond à une berline de marque allemande.

Le périmètre est en « cradle to grave », incluant toutes les étapes du cycle de vie. Celles-ci se déroulent toutes en France, excepté l'étape de production de la pièce qui a lieu en Allemagne.

La phase de montage est considérée comme étant identique pour les deux panneaux étant donné que la différence de masse entre la version biosourcée et pétrosourcée n'induit pas de diminution des consommations et émissions associées au montage.

Comme la phase d'utilisation est prise en compte dans cette étude, un calcul pour la consommation de carburant associée au panneau est effectué. La formule proposée est la suivante :

$$consommation_{pièce} = masse_{pièce} \times V(100kg, NDEC) \times 0,01$$

avec :

- Pièce = panneau de porte pétrosourcé ou biosourcé
- Consommation = carburant consommé par la pièce, en L/100km
- masse = masse de la pièce (panneau de porte pétrosourcé = 1,292 kg, biosourcé = 1,046 kg)
- V(100kg, NEDC) = consommation de carburant induite par la masse transportée (L/100km*100kg).

La valeur du paramètre V(100kg, NEDC) est un chiffre clé. L'étude de Koffler et Rohde-Bradenburger (2009) fournit les valeurs suivantes pour le diesel et pour l'essence :

- V(100kg, NEDC) = 0,15 L/100km pour le transport de 100kg pour un véhicule essence

¹¹⁷ Natural Fiber - PolyPropylène
Etude RECORD n°20-0817/1A

- $V(100kg, NEDC) = 0,12 \text{ L}/100km$ pour le transport de $100kg$ pour un véhicule diesel

Pour les 150 000 km définis dans l'unité fonctionnelle, cela représente une quantité d'essence de 1,77 kg pour le panneau biosourcé et 2,18 kg pour le panneau pétrosourcé, soit 5,63 kg et 6,93 kg de CO₂ émis respectivement.

ACV de platines de rétroviseur

UF : « Supporter la coque et le miroir et assurer le rabattement d'un rétroviseur de Peugeot 207 Hdi 5 portes de 70 Ch fabriquée en 2008 en France, pendant 12 ans (soit 150 000 kms) »

L'étude est effectuée en « cradle to grave » incluant toutes les étapes du cycle de vie de la platine, mais aussi sans prendre en compte la phase d'utilisation et sans phase d'utilisation ni fin de vie.

Pour la prise en compte de la phase d'utilisation, le calcul de la consommation de carburant induit par la platine de rétroviseur C_{platine} est basé sur la formule suivante :

$$C_{\text{platine}} = C_{\text{ref.veh.}} \times (M_{\text{platine}} / M_{\text{ref. Veh.}}) \times c$$

avec :

$C_{\text{ref.veh.}}$ la consommation de référence du véhicule, soit 4,5 l / 100 km

$M_{\text{ref. Veh.}}$ la masse de référence du véhicule, soit 1178 kg

M_{platine} la masse de la pièce (platine de rétroviseur non biosourcée = 135,9 g, biosourcée = 128,6 g)

c , le facteur d'affectation = 0,6 (sans unité)

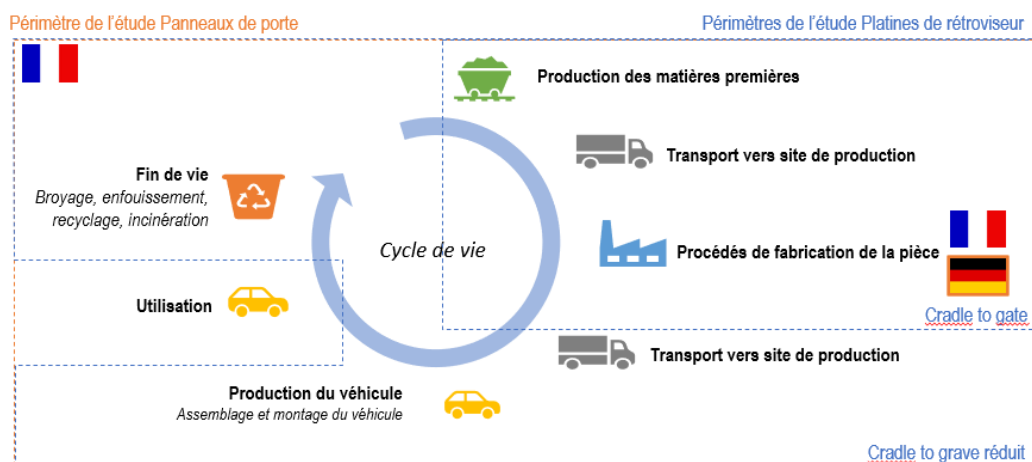
Ce facteur d'affectation se base sur les recommandations de l'European Council of Automotive Research and Development (EUCAR) et permet de lier le poids du véhicule à la consommation de carburant.

Cette consommation est ramenée à la consommation liée à la platine selon une affectation massique, avec un facteur de 60% du poids du véhicule lié à la consommation de carburant. Cette hypothèse d'un facteur de 60% se base sur les recommandations de Ridge L9., de l'European Council of Automotive Research and Development (EUCAR) qui est une source solide et également l'hypothèse la plus défavorable. De plus, un élément supplémentaire qui plaide pour le choix d'un facteur de 0,6 est l'importance du rétroviseur dans l'aérodynamisme d'une voiture (le facteur aérodynamisme vient s'ajouter au facteur massique).

Ce qui résulte sur une consommation de 0,467L pour PPGF30 et 0,442L pour PPNF30 sur le cycle de vie de la voiture (150 000km).

Les deux platines ont subi des tests mécaniques afin de vérifier qu'elles étaient effectivement équivalentes.

Comparaison du périmètre entre les deux études du secteur automobile



	Panneaux	Rétroviseur
UF	« Satisfaire le cahier des charges du constructeur automobile pour l'utilisation d'un panneau de porte avant dans un véhicule essence de type « Routière » (segment H1), pour une distance totale de 150 000 km parcourus pendant 10 ans. »	« Supporter la coque et le miroir et assurer le rabattement d'un rétroviseur de Peugeot 207 Hdi 5 portes de 70 Ch fabriquée en 2008 en France, pendant 12 ans (soit 150 000 kms) »
Masse du panneau à l'utilisation	biosourcé : 1,046 kg pétrosourcé : 1,292 kg	biosourcé : 128,6 g pétrosourcé : 135,9 g
Périmètre	- Cradle-to-grave - Cradle-to-grave réduit, sans phase d'utilisation	- Cradle-to-grave - Cradle-to-grave réduit, sans phase d'utilisation - Cradle-to-gate
Géographie	France et Allemagne pour la production du panneau	France
Véhicule	Berline allemande	Peugeot 207
Calcul pour la consommation du véhicules	$masse_{pièce} \times V(100kg, NDEC) \times 0,01$	$C_{vehicule} \times (M_{platine} / M_{vehicule}) \times c$
Consommation pour 150000km	2,18 kg pour le panneau pétrosourcé et 1,77 kg d'essence pour le biosourcé	0,467L pour la platine non biosourcée et 0,442L pour la platine biosourcée
Fin de vie <i>(cf. détail dans la partie 0 Gestion en fin de vie)</i>	Pièce biosourcée : 33% incinération et 67% enfouissement Pièce non biosourcée : 11% recyclage, 29% incinération et 60% enfouissement	100% enfouissement dans les deux cas

ACV d'un biocomposite

L'unité fonctionnelle de cette étude est au kg de matériau, et n'inclut ainsi pas la phase d'usage. Les propriétés mécaniques des deux composites ont été comparées, ce qui a permis de déterminer qu'1,22kg de biocomposite permettait d'obtenir des propriétés équivalentes à 1kg de composite. Il est étudié en « cradle-to-gate » et en « cradle-to-grave » sans phase d'utilisation, ce qui rajoute donc uniquement l'étape de fin de vie au premier périmètre.

Concernant la fin de vie, le composite biosourcé et non biosourcé sont 100% incinérés dans le scénario de référence, et d'autres fins de vie sont testées en analyses de sensibilité.

Points de vigilance :

- Périmètre : l'étude des composites ne considère pas un usage mais une quantité de matière, alors qu'une ACV doit se baser sur une fonction pour répondre aux exigences des normes ISO 14040 et 14044 ; le composite biosourcé est plus lourd que le pétrosourcé, tandis que c'est l'inverse dans les 2 ACV du secteur automobile (pièce biosourcée plus légère pour un même usage que la non biosourcée).

- Estimation de la consommation de carburant : les deux études ne se basent pas sur la même source pour la consommation de référence du véhicule ; cela peut conditionner les résultats comparatifs lorsque la phase d'utilisation du véhicule est prise en compte dans le cas où il y aurait un effet seuil sur la masse du véhicule transportée. L'étude « platines de rétroviseurs » mentionne cette limite et réalise une analyse de sensibilité sur le facteur de caractérisation pour l'estimation de la consommation.

Méthodologie

Cette partie, que l'on retrouve aussi pour le secteur emballage, a pour but de regarder en détail les éléments clés d'une ACV qui influent notamment dans le cadre de la comparaison biosourcé versus non biosourcé les résultats d'impacts afin d'apporter un regard critique.

Indicateurs retenus

Dans l'ACV des panneaux, la méthode appliquée est celle dite « des stocks » : les impacts liés la production de la matière recyclée brute entrant dans les produits ne sont pas pris en compte, seul leur acheminement l'est. En fin de vie, les impacts des procédés pour la production d'une matière secondaire sont inclus (transport en fin de vie, broyage, régénération de la matière).

Pour l'ACV des platines de rétroviseur, la manière dont sont alloués les bénéfices et les impacts dans le cas des scénarios de recyclage et d'incinération avec récupération d'énergie n'est pas indiquée.

Indicateur	Unité	Panneau	Platine	Composite
Changement climatique	kg CO ₂ eq	IPCC 2013	IPCC 2007 GWP 100a	CML, GWP100
Emissions de CO ₂	kg CO ₂	Nc	Données d'inventaire	
Epuisement de la couche d'ozone	CFC-11-eq	WMO 1999	WMO	CML2000
Emissions de particules	kg PM 2.5-eq	Rabl and Spadaro, 2004	nc	CML 2000
Formation d'ozone photochimique	kg NMVOC-eq	Van Zelm et al., 2008 as applied in ReCiPe	nc	CML 2000
Acidification	mol H ⁺ -eq	Seppälä et al., 2006; Posch et al., 2008	nc	nc
Acidification	kg SO ₂ éq.	Nc	CML 2001	CML 2000
Eutrophisation	kg PO ₄ éq.	Nc	CML 2001	CML2000
Eutrophisation aquatique ou eutrophisation eau douce	kg P-eq	Struijs et al., 2009 as implemented in ReCiPe	nc	CML 2000
Eutrophisation marine	kg N-eq	Struijs et al., 2009 as implemented in ReCiPe	nc	nc
Eutrophisation terrestre	mol N-eq	Seppälä et al., 2006; Posch et al., 2008	nc	nc
Epuisement des ressources minérales et fossiles	kg SB eq	van Oers et al., 2002	nc	nc
Radiations ionisantes	kg U235-eq (to air)	Dreicer et al., 1995	nc	nc
Ecotoxicité aquatique	CTUe	Rosenbaum et al., 2008 (recommended + interim)	nc	nc
Toxicité humaine – cancérigène	CTUh	Rosenbaum et al., 2008 (recommended + interim)	nc	nc
Toxicité humaine – Non cancérigène	CTUh	Rosenbaum et al., 2008 (recommended + interim)	nc	nc
Utilisation des sols	kg C(deficit)	Milà i Canals et al., 2007	nc	nc
Santé humaine	DALY	Impact2002+	nc	nc
Qualité des écosystèmes	PDF.m2.an	Impact2002+	nc	nc
Epuisement des ressources	MJ	Impact2002+	nc	nc
Energie non-renouvelable	MJ	Cumulative Energy Demand	Impact 2002+	Cumulative Energy Demand
Energie totale	MJ	Cumulative Energy Demand	Cumulative Energy Demand	Cumulative Energy Demand
Occupation des terres	m ² a	Inventaire	Impact 2002+	nc
Consommation de ressources renouvelables	kg	Nc	Données d'inventaire	nc
Consommation de ressources non-renouvelables	kg	Nc	EDIP 2003	nc
Consommation d'eau	L	Nc	Données d'inventaire	nc
DIB, DIS, DIV	kg	Nc	Flux intermédiaires	nc

Dans le cas de l'ACV des platines de rétroviseur, un faible nombre d'indicateurs a été sélectionné en consortium avec PSA. Les indicateurs de flux ont été favorisés pour leur usage courant dans l'industrie. Les autres indicateurs, et notamment ceux relatifs à la toxicité et l'écotoxicités sont cependant étudiés avec à l'analyse de sensibilité sur la méthode de calcul EDIP 2003 avec la méthode ReCiPe.

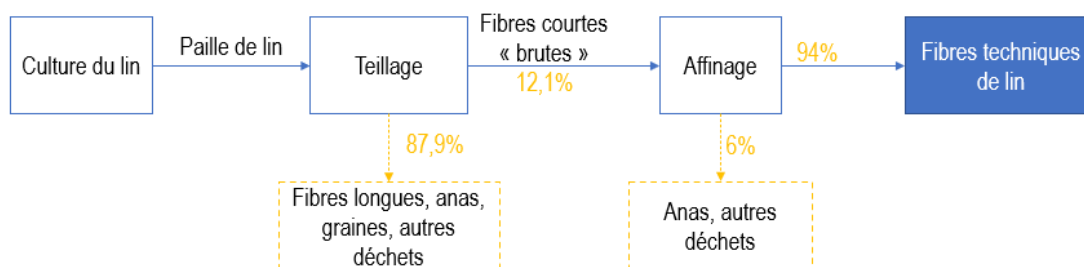
Analyse comparative entre les trois cas d'étude :

- Nombres d'indicateurs : le cas des platines de rétroviseur et des biocomposites utilisent moins d'indicateurs, ce qui risque de ne pas faire apparaître des transferts de pollution liés à l'utilisation de la matière biosourcée.
- Aucune des études ne justifie le lien entre ces choix d'indicateurs et les enjeux des matériaux biosourcés

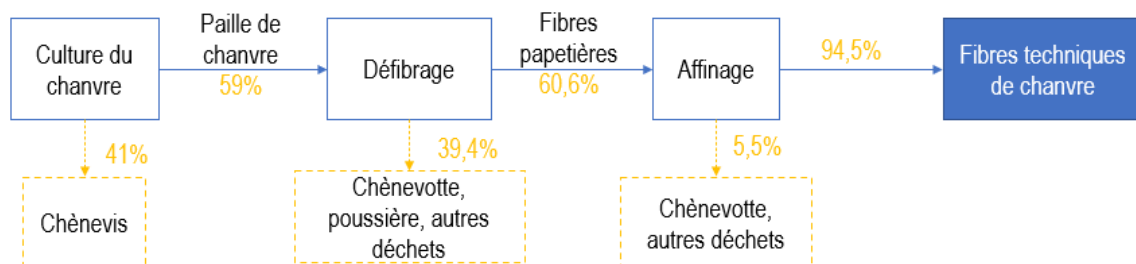
Origine de la biomasse et gestion allocations biomasse

Dans le cadre de l'ACV des panneaux de portes, une allocation économique sur les produits et matières secondaires agricoles (lin et chanvre) a été réalisée pour le scénario de base, avec des analyses de sensibilité sur d'autres types d'allocation.

Allocation pour les fibres de lin :



Allocation pour les fibres de chanvre :



Pour les platines de rétroviseur, les fibres pour le composite sont aussi issues de chanvre. Dans cette étude, les poussières émises lors du défibrage ne sont pas prises en compte, de même que les émissions liées à la transformation de la fibre. Cette dernière hypothèse est testée en analyse de sensibilité.

La seule allocation réalisée est liée aux différents co-produits issus de la culture de chanvre, avec une allocation massique des impacts de 22% pour les fibres.

En comparaison, l'ACV des panneaux de porte alloue une allocation économique finale de 33% des impacts aux fibres à l'issue des différents procédés.

Pour les biocomposites, les fibres de lin sont obtenues à partir d'allocations économiques décrites dans l'ACV *Analyse de Cycle de Vie comparée d'une chemise en lin et d'une chemise en coton*, Bio Intelligence Service, 2007¹¹⁸. **On obtient finalement une allocation de 68% des impacts de la culture du lin aux fibres utilisées pour le biocomposite.**

N.B. : le PLLA utilisé pour la matrice est basé sur de l'amidon de maïs, aucune allocation n'est décrite dans l'article Application of life cycle assesment to Nature Works TM polylactide(PLA) production, Vink, E. & Rabago, K. & Glassner, D. & Gruber, P. 119.



Prise en compte du carbone biogénique

Dans le cas de l'ACV des panneaux de portes, aucun bénéfice n'est considéré pour stockage de carbone (justification par le PEF qui recommande un bénéfice du stockage pour une durée de vie minimale de 100 ans, ce qui n'est pas le cas pour les panneaux de portes)

Afin de tester l'influence de cette hypothèse sur les résultats de l'étude, une analyse de sensibilité est réalisée, en incluant les flux de carbone biogénique et notamment le carbone biogénique stocké à la fin de vie du panneau (pour sa fraction enfouie).

Pour l'étude sur les platines de rétroviseur, le stockage du CO₂ biogénique est pris en compte et calculé selon la formule suivante :

$$Q_{CO_2} = (Q_{MS} \times PC_{MS}) \times (MM_{CO_2} / MM_C)$$

Avec :

Q_{MS} : masse de matière sèche considérée (g).

Q_{CO₂} : masse de CO₂ nécessaire pour constituer une masse Q_{MS} de matière sèche.

PC_{MS} : Proportion de carbone dans la matière sèche de chanvre (45,9% selon l'ADEME (1998))

MM_{CO₂} : masse molaire du CO₂ (44 g.mol⁻¹).

MM_C : masse molaire du carbone (12 g.mol⁻¹).

On obtient 1,7g CO₂ pour 1g de matière sèche.

Dans l'ACV des platines de rétroviseur, le carbone biogénique est considéré comme étant séquestré pour le traitement en fin de vie enfouissement (scénario de base). Une analyse de sensibilité est faite en considérant une fin de vie par incinération, pour laquelle le carbone biogénique est considéré comme étant totalement réémis.

Pour l'ACV des biocomposites, le stockage du carbone durant la phase d'amont agricole est pris en compte. Il est considéré comme étant à 65% réémis lors de l'enfouissement, à 65% valorisé en biogaz lors de la digestion anaérobique, réémis à 65% lors du compostage et totalement libéré lors de l'incinération.

Les trois études ne prennent donc pas le même scénario de référence ni la même logique de prise en compte du stockage de carbone biogénique. Mais les deux première testent toutes deux l'autre alternative en analyse de sensibilité (prise en compte ou non du stockage de carbone dans la part enfouie en fin de vie).

¹¹⁸ Disponible en ligne : <https://docplayer.fr/35013035-Organisations-professionnelles-du-lin-analyse-de-cycle-de-vie-comparee-d-une-chemise-en-lin-et-d-une-chemise-en-coton.html>

¹¹⁹ Vink, Erwin & Rabago, Karl & Glassner, David & Gruber, Patrick. (2003). Application of life cycle assesment to Nature Works TM polylactide(PLA) production. *Polymer Degradation and Stability*. 80. 403-419. 10.1016/S0141-3910(02)00372-5. , disponible en ligne : https://www.researchgate.net/publication/222538527_Application_of_life_cycle_assesment_to_Nature_Works_TM_polylactidePLA_production

Prise en compte des émissions de gaz à effet de serre induites par le changement d'affectation des sols

L'étude sur les panneaux de porte étudie l'impact de l'utilisation et du changement d'affectation des sols sur les émissions de gaz à effet de serre. En effet, une extension des cultures de lin et de chanvre pour répondre au développement de la filière des composites biosourcés pourrait induire des émissions, notamment en cas de déforestation.

Une évaluation de ces émissions grâce à l'outil Blonk et conforme à la norme PAS-2050, suivant les recommandations du PEF et du protocole Envifood est appliquée. Celle-ci a permis de conclure qu'il n'y aurait pas d'émissions de ce type dans le cas de ces deux cultures, donc que les émissions de gaz à effet de serre liées au changement d'affectation des sols directs ne sont pas comptabilisées.

Les émissions liées au changement d'affectation des sols indirect n'ont pas été analysées.

Cet aspect n'est pas mentionné dans les deux autres études, alors que cela peut être un point clé dans le cadre de la modélisation de produit biosourcé. Dans d'autres pays et pour certaines cultures, les émissions de CO₂ liées à la déforestation indirectes peuvent en effet être significatives. Cette déforestation indirecte peut avoir lieu lorsqu'une culture est en expansion, et s'implante au détriment d'autres activités (pâturage, élevage) qui se délocalisent en déforestant pour trouver de nouveaux espaces. La croissance de la culture de la canne à sucre au Brésil a par exemple pu engendrer une déforestation indirecte. La quantification de la déforestation indirecte est cependant difficile, et rarement prise en compte, mais il convient d'en mentionner la possibilité.

Gestion en fin de vie

ACV panneaux de porte automobiles biosourcé

Le scénario de fin de vie défini correspond à la situation française : le véhicule est d'abord dépollué et démonté dans un centre agréé afin de récupérer certaines pièces pour les réutiliser. Ces étapes ne concernant pas les panneaux de portes, aucune consommation ou émission qui y sont liés ne sont prises en compte. Ces panneaux sont encore rattachés à la carcasse lorsque celle-ci atteint le broyeur. L'étude considère que les émissions et consommations de l'étape de broyage sont identiques dans les deux cas puisque la différence de masse est non significative : 1,292 kg pour la porte pétrosourcé et 1,046 kg pour la biosourcé. Les déchets plastiques issus du broyage sont ensuite recyclés à 11%, incinéré à 29% ou enfouis à 60% selon l'expertise VHU de l'ADEME. Comme il n'existe pas encore à ce jour de filière de recyclage des composites biosourcés automobiles, les parts d'incinération et d'enfouissement sont ramenés à 100%.

	Panneau biosourcé	Panneau pétrosourcé
Recyclage	0%	11%
Incinération	33%	29%
Enfouissement	67%	60%

Le panneau en ABS est lui potentiellement recyclé et les données utilisées pour modéliser son incinération et son enfouissement correspondent à celles de mélanges de plastiques. Le recyclage est modélisé par une quantité d'électricité (0,6kWh/kg) nécessaire pour la préparation des granulés à partir des résidus de broyage.

Pour le composite biosourcé, les données applicables au PP sont utilisées pour 50% du produit et les données applicables au bois sont utilisées comme proxy pour les 50% de fibres naturelles de lin et de chanvre.

Le rapport d'ACV, datant de 2016, indique que la répartition pour le non biosourcé provient de l'expertise VHU ADEME ; selon PlasticsEurope, 43% des déchets plastique de l'industrie automobile sont mis en décharge, 30% valorisés énergétiquement et 27% recyclés (cf. la partie D.2.4 a)). Les chiffres français sont cependant plus pertinents sur un périmètre France ; pour le panneau biosourcé, l'hypothèse d'une répartition entre incinération et enfouissement est cohérente, aucune filière de recyclage dédié aux composites biosourcés n'étant encore développée.

ACV de platines de rétroviseur

La filière de fin de vie modélisée est basée sur les données du recycleur GALLOO France, choisi comme étant représentatif des broyeurs agréés français.

Les deux platines ayant des caractéristiques ne répondant pas aux exigences des filières de recyclage, celles-ci sont considérées comme étant enfouies en fin de vie dans le scénario de base. Des scénarios alternatifs de recyclage et d'incinération sont testés en analyse de sensibilité.

Le rapport d'ACV explique le choix d'un enfouissement à 100% comme fin de vie par le fait que la non biosourcée est trop dense pour suivre la filière de tri et être recyclée, et que l'extrusion de la biosourcée est trop difficile, ce qui l'exclut donc aussi d'un recyclage. Ces informations proviennent d'une collecte de données spécifiquement faite auprès d'un recycleur français. Le choix de l'enfouissement, sans aucune partie incinérée, n'est cependant pas justifié.

Biocomposites

Plusieurs scénarios de fin de vie sont évalués dans cette analyse, avec 100% de la fin de vie étant :

- Incinération avec récupération d'énergie, basée sur les capacités calorifiques de chacun des matériaux pour le composite
- Recyclage à 90% pour le biocomposite
- Enfouissement pour le composite
- Méthanisation pour le biocomposite

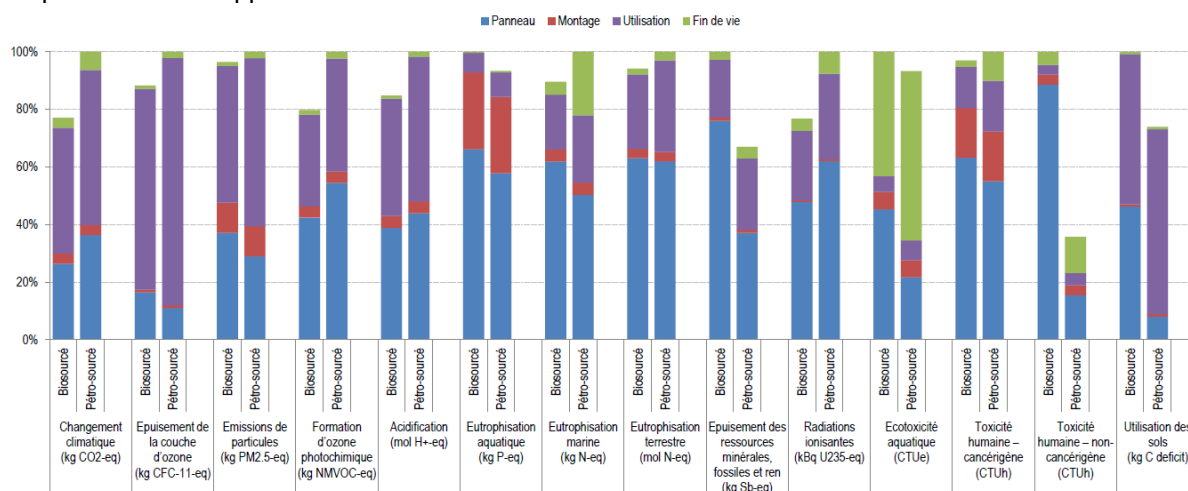
Le scénario de traitement en recyclage pour la pièce biocomposite n'est pas représentatives de la réalité, le PLA n'étant actuellement pas recyclable (pistes uniquement en cours de développement sur le recyclage chimique).

	Panneaux de portes		Rétroviseurs	
	Biosourcé	Pétrosourcé	Biosourcé	Non-biosourcé
Fin de vie	0% recyclé, 33% incinéré, 67% enfoui	11% recyclé, 29% incinéré, 60% enfoui	100% enfoui	100% enfoui
Données utilisées	50% PP 50% bois	Mélange de plastique pour l'incinération et l'enfouissement Quantité d'électricité pour le recyclage	70% enfouissement PP 30% enfouissement bois	70% enfouissement PP 30% enfouissement fibre de verre
Analyse de sensibilité	Application de la méthode PEF 50/50 : Les bénéfices liés au recyclage matière sont attribués à 50% au panneau et ceux issus de la récupération énergétique lui sont alloués à 100%		Un scénario 100% recyclé et un scénario 100% incinéré avec valorisation énergétique	

Résultats

ACV de panneaux de porte automobiles, résultats scénario de référence

Graphique extrait du rapport d'ACV :



Le panneau biosourcé ressort moins impactant sur 9 indicateurs, et plus impactant que le non biosourcé sur 5 indicateurs.

Que le panneau soit biosourcé ou pétrosourcé, c'est leur étape de production qui est la principale contributrice à leur impact environnemental. Pour le panneau biosourcé, les contributions de cette phase représentent 45 à 89% des impacts totaux sur la majorité des indicateurs. Cela est particulièrement lié à la production des fibres naturelles, à cause de l'amont agricole du lin et du chanvre (71% des impacts du panneau sur l'ensemble de son cycle de vie sur l'indicateur toxicité humaine non cancérigène est généré par les émissions de zinc et autres métaux dans le sol qui sont liées à l'utilisation d'amendements organiques, mais, ayant été modélisés par proxys et donc générant des résultats à analyser avec précautions). Sur l'eutrophisation marine, les émissions aux champs de la culture du chanvre représentent 24% des impacts totaux du cycle de vie.

La production d'ABS est le plus gros contributeur pour la phase de production du panneau non biosourcé, suivi du procédé d'injection pour la mise en forme.

La différence d'impact sur la majorité des indicateurs est générée par l'amont agricole du panneau biosourcé, excepté pour l'indicateur épuisement des ressources sur lequel la différence s'explique par la présence de zinc dans les infrastructures pour la production du panneau. Celles-ci ont été modélisées de manière spécifique pour le scénario biosourcé et de manière générique pour le scénario pétrosourcé ; la différence d'impact associée n'est donc pas à prendre pour argent comptant car dépendante de l'inventaire plus ou moins bien renseigné (il est de plus précisé dans le rapport que cette conclusion dépend de l'indicateur utilisé : avec l'indicateur d'impact2002+, la contribution des infrastructures ne ressort pas et le panneau biosourcé obtient des impacts inférieurs.)

Il est cependant précisé que les cultures du lin et du chanvre rendent des services écosystémiques sociaux et environnementaux qui ne sont pas pris en compte par l'ACV :

- ce sont des cultures à faible utilisation d'intrants comparativement aux autres cultures agricoles annuelles.
- ce sont de très bonnes têtes de rotation, favorisant ainsi les cultures venant après que ce soit en matière de rendements, de structure des sols ou de réduction de la pression des maladies et des adventices (cas du chanvre).
- l'ensemble des composantes de ces plantes est valorisé, ne générant ainsi aucun déchet au sens de la réglementation européenne en vigueur.
- la culture de ces plantes à fibres repose sur un savoir-faire humain spécifique au niveau des agriculteurs et unités de défibrage/teillage.

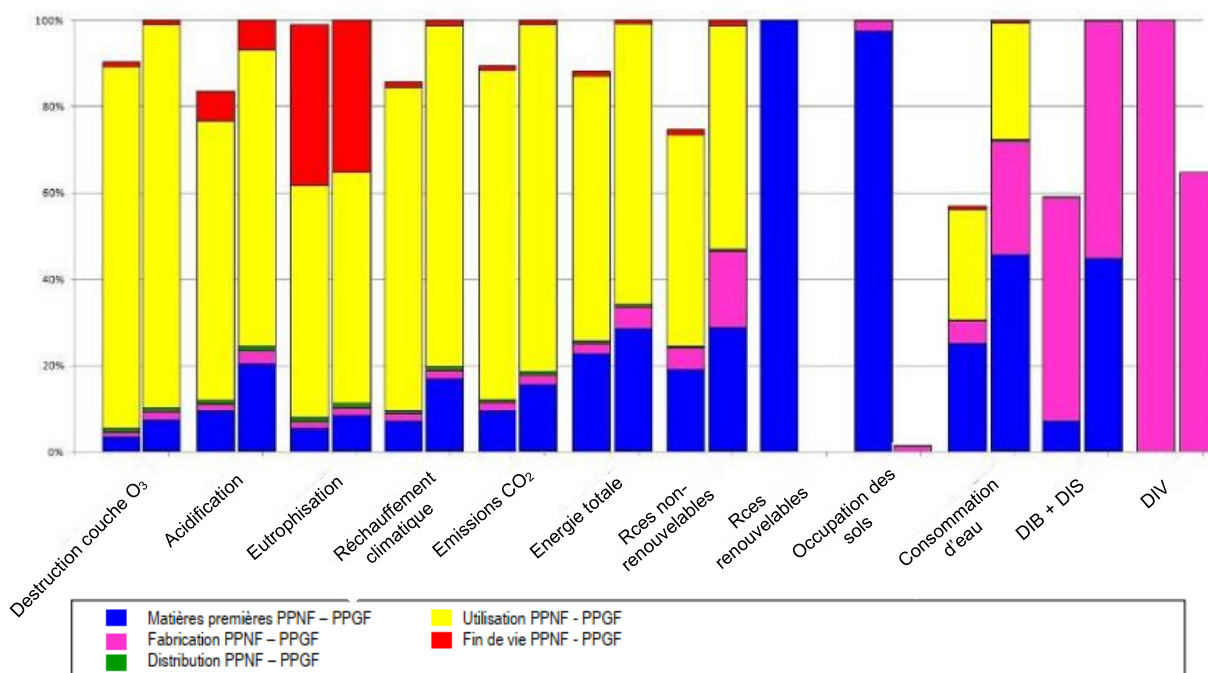
La phase d'utilisation est la principale contributrice sur cinq indicateurs pour les deux types de panneau : changement climatique, épuisement de la couche d'ozone, émissions de particules,

acidification et utilisation des sols. Elle permet un gain assez limité (de 1 à 16%) en faveur du panneau biosourcé.

La fin de vie qui est la principale contributrice sur l'écotoxicité aquatique,

ACV de patines de rétroviseurs, résultats scénario de référence

- *Cradle to grave complet* : graphe extrait du rapport d'ACV ; pour chaque indicateur, la barre de gauche est celle de la platine biosourcée :



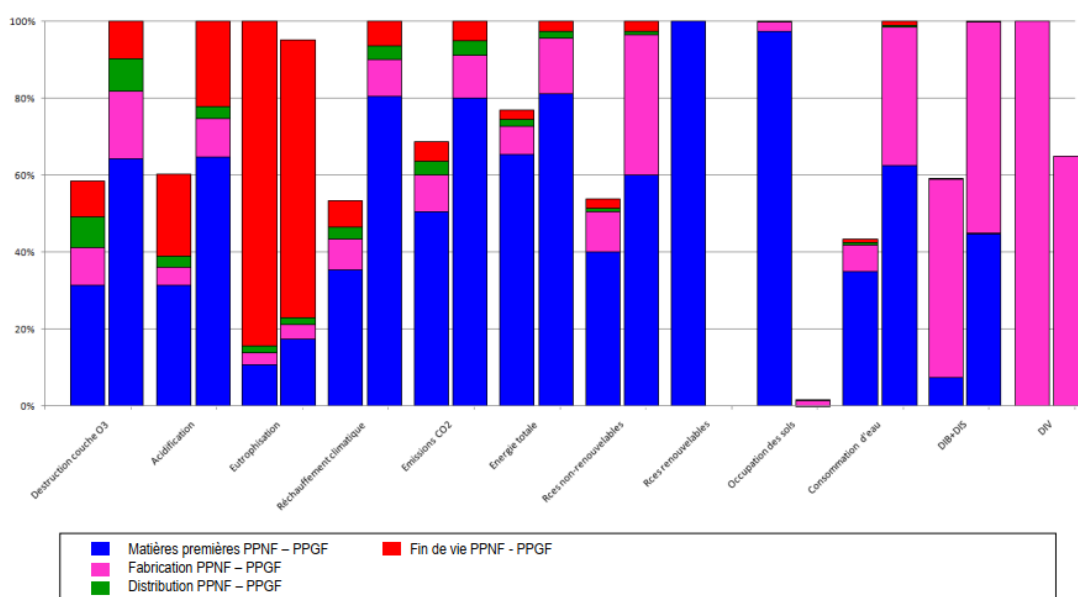
La platine biosourcée est plus performante sur 9 indicateurs, et pire que la non biosourcée sur 4 indicateurs.

La phase d'utilisation contribue de manière importante pour les deux platines (en jaune sur le graphe), avec une contribution supérieure à 50% sur sept indicateurs. L'impact de cette phase utilisation est similaire sur les deux platines malgré la réduction de la masse de 6% de la platine PPNF qui permet donc pas de diminuer l'impact de manière significative à l'échelle du cycle de vie.

Les seconds contributeurs sont ensuite les matières premières, avec beaucoup plus d'impact pour les fibres de verre que pour les fibres naturelles à base de chanvre. En effet, on obtient des réductions d'impact grâce au biosourcé allant de 23% à 57% sur huit indicateurs : destruction de la couche d'ozone, acidification, réchauffement climatique, émissions de CO₂, consommation d'énergie, consommation de ressources non-renouvelables, consommation d'eau et génération de déchets banals et spéciaux.

L'étape de fabrication ressort uniquement sur la génération de déchet, et la fin de vie a des impacts importants sur l'eutrophisation.

- *Cradle to grave réduit, graphe extrait du rapport d'ACV ; pour chaque indicateur, la barre de gauche est celle de la platine biosourcée :*



Le résultat d'analyse en cradle to grave réduit, i.e. sans la phase d'utilisation, ne change pas les conclusions (voire accentue les différences déjà observées), excepté sur l'indicateur eutrophisation, sur lequel la platine biosourcée devient moins performante.

A noter : la contribution sur l'indicateur réchauffement climatique est réduite par le fait de la prise en compte de la séquestration du CO₂ biogénique avec l'enfouissement comme scénario de fin de vie.

- *Cradle to gate, sans phase d'utilisation ni de fin de vie :*

Enfin, en cradle to gate, i.e. sans utilisation ni fin de vie, la platine biosourcée redevient plus performante sur l'indicateur eutrophisation, le reste étant inchangé. A noter que la production de la matière première biosourcée (chanvre) génère entre 20 et 40% d'impacts en moins que celle en fibres de verre, dont la fabrication consomme deux fois plus de ressources non renouvelables et d'eau.

Les deux indicateurs sur lesquels la platine biosourcée est moins performante que la non biosourcée sont la consommation de ressources renouvelables et l'occupation des sols.

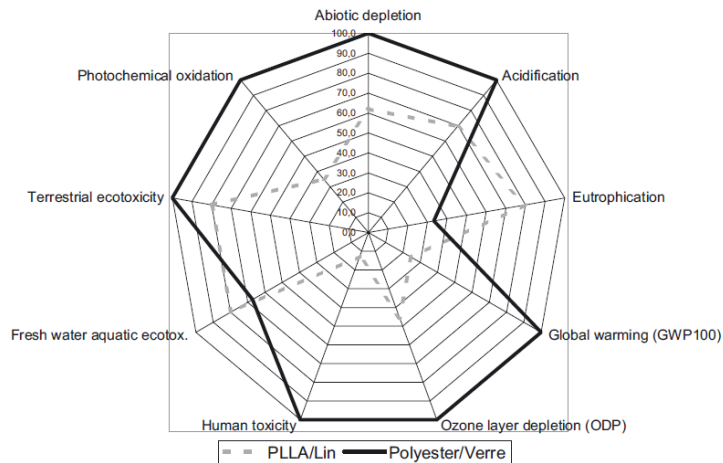
Le tableau ci-dessous, produit par les auteurs de ce présent document, synthétise les résultats de ces scénarii de référence pour la platine de rétroviseur :

Indicateurs	Unités	En cradle-to-grave, avec utilisation		En cradle-to-grave, sans utilisation		En cradle-to-gate	
		NF (biosourcé)	GF (non biosourcé)	NF	GF	NF	GF
Destruction couche O ₃	kg CFC 11 éq.	1,83E-07	2,02E-07	1,30E-08	2,30E-08	1,09E-08	2,08E-08
Acidification	kg SO ₂ éq.	5,12E-03	6,11E-03	1,16E-03	1,93E-03	7,53E-04	1,50E-03
Eutrophisation	kg PO ₄₃ - éq.	1,29E-03	1,30E-03	6,32E-04	6,05E-04	9,70E-05	1,48E-04
Réchauffement climat	kg CO ₂ éq.	1,56E+00	1,82E+00	2,00E-01	3,90E-01	1,74E-01	3,66E-01
Emissions CO ₂	kg CO ₂	1,56E+00	1,74E+00	2,40E-01	3,40E-01	2,23E-01	3,22E-01
Energie totale	MJ	2,86E+01	3,23E+01	8,80E+00	1,14E+01	8,50E+00	1,11E+01
Energie renouvelables	MJ	5,27E-01	2,05E-01	5,03E-01	2,05E-01	4,99E-01	2,05E-01
Energie non-renouvel	MJ	2,80E+01	3,21E+01	8,20E+00	3,21E+01	7,91E+00	3,21E+01
Rces non-renouvelabl	kg	2,74E-05	3,66E-05	9,50E-06	1,77E-05	9,07E-06	1,72E-05
Rces renouvelables	kg	3,90E-02	0,00E+00	3,90E-02	0,00E+00	3,90E-02	0,00E+00
Occupation des sols	m ² an	4,70E-02	7,38E-04	4,70E-02	7,14E-04	4,70E-02	7,13E-04
Consommation d'eau	litres	8,61E+00	1,51E+01	4,77E+00	1,10E+01	4,66E+00	1,09E+01
DIB+DIS	kg	8,43E-03	1,42E-02	8,43E-03	1,42E-02	8,43E-03	1,42E-02
DIV	kg	1,84E-02	1,19E-02	1,84E-02	1,19E-02	1,84E-02	1,19E-02

ACV de biocomposites

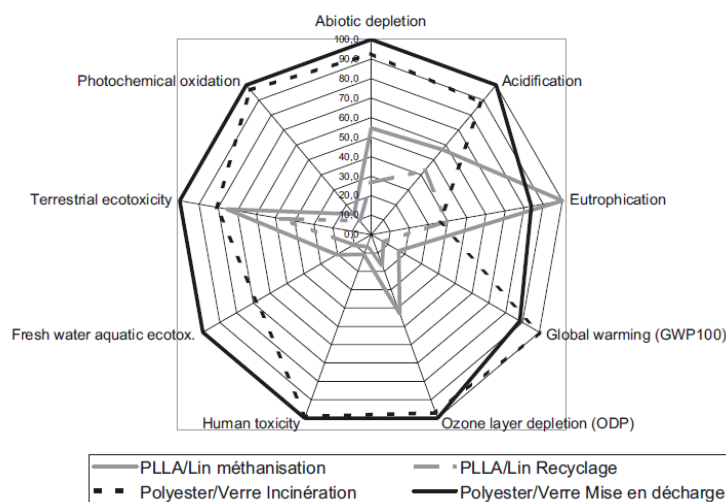
Les résultats de l'analyse sont exprimés sous la forme de graphiques radars et uniquement en comparatifs. Les valeurs absolues ne sont pas disponibles.

Le premier graphique (extrait du rapport ACV) représente les résultats pour le cycle de vie du berceau au produit.



On observe une meilleure performance environnementale de la part du composite biosourcé sur tous les indicateurs, excepté l'eutrophisation et l'écotoxicité marine. Ces deux indicateurs sont en effet liés aux cultures de maïs et du lin, et plus particulièrement de la première sur l'eutrophisation.

Une analyse de sensibilité est menée sur les scénarii de fin de vie à la fois pour le biosourcé et pour le non biosourcé (graphe (extrait du rapport ACV) :



Sur le cycle de vie prenant en compte la fin de vie du composite, on observe à nouveau des meilleures performances environnementales pour le biocomposite, excepté sur l'eutrophisation dans le cas d'une méthanisation. Sur tous les autres indicateurs, les impacts sont inférieurs à ceux du composite, même sur l'écotoxicité qui était pourtant supérieure en « cradle-to-gate ».

On peut cependant noter que ces scénarii ne sont pas tout à fait représentatifs de la réalité : recyclage ou méthanisation. Il aurait été intéressant d'en faire l'analyse avec les scénarios d'enfouissement et d'incinération. Par ailleurs, les deux autres études sur le transport montrent une contribution importante de la phase d'utilisation, et pour laquelle la différence de masse entre les composants va jouer un rôle non négligeable. Or, cette étape est négligée dans cette étude, alors que le composite biosourcé présente un surpoids de 22% par rapport au composite.

Analyses de sensibilité et d'incertitude le cas échéant

ACV de panneaux de porte automobiles

De nombreux scénarios alternatifs ont été analysés : modification du scénario d'allocation (massique...), prise en compte des flux de carbone biogénique, utilisation de diesel.... Ceux-ci sont résumés dans le rapport d'études.

Ci-dessous se trouvent les résultats des analyses de sensibilité et permet d'identifier l'influence des paramètres sur les résultats de l'étude.

Tableau 36 - Résultats des analyses de sensibilité : influence des paramètres sur les résultats (% d'évolution par rapport au scénario de référence)

	Allocations (bio)			Fin de vie (bio)	Fin de vie (pétro)	GES CASD (bio)		Carbone biogénique (bio)	Culture lin (bio)	Culture chanvre (bio)	Emissions utilisation (bio)	Emissions utilisation (pétro)	Carburant (bio)	Carburant (pétro)	Impact zinc (bio)	Impact zinc (pétro)	USEtox consensus (bio)	USEtox consensus (pétro)	Elec Europe (bio)	Elec Europe (pétro)
	massique	éco min	éco max			crop spécifique	shared resp.													
Changement climatique (kg CO2-eq)	0%	0%	1%	-4%	-3%	1%	0%	-3%	0%	0%	1%	1%	-10%	-9%	0%	0%	0%	0%	1%	-2%
Epuisement de la couche d'ozone (kg CFC-11-eq)	-1%	0%	1%	0%	-3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-11%	-11%	0%	0%	0%	0%	-1%	1%
Emissions de particules (kg PM2.5-eq)	-2%	-1%	2%	-5%	-7%	0%	0%	0%	0%	1%	4%	5%	-19%	-23%	0%	0%	0%	0%	13%	7%
Formation d'ozone photochimique (kg NMVOC-eq)	-2%	-2%	3%	-7%	-5%	0%	0%	0%	0%	1%	20%	20%	-11%	-11%	0%	0%	0%	0%	8%	4%
Acidification (mol H+-eq)	-4%	-3%	4%	-5%	-5%	0%	0%	0%	0%	4%	3%	3%	-15%	-16%	0%	0%	0%	0%	18%	10%
Eutrophisation aquatique (kg P-eq)	-1%	-1%	1%	-1%	-1%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	-3%	-4%	0%	0%	0%	0%	-7%	-24%
Eutrophisation marine (kg N-eq)	-9%	-6%	9%	-4%	-1%	0%	0%	0%	0%	11%	5%	5%	-6%	-7%	0%	0%	0%	0%	6%	1%
Eutrophisation terrestre (mol N-eq)	-7%	-5%	7%	-5%	-4%	0%	0%	0%	0%	8%	7%	8%	-8%	-10%	0%	0%	0%	0%	8%	4%
Epuisement des ressources minérales, fossiles et ren (kg Sb-eq)	-7%	-6%	8%	-1%	-6%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	-11%	-20%	0%	0%	0%	0%	-5%	1%
Radiations ionisantes (kBq U235-eq)	-2%	-1%	1%	0%	-11%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-5%	-5%	0%	0%	0%	0%	-12%	9%
Écotoxicité aquatique (CTUe)	-1%	-1%	2%	-6%	2%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	-2%	-3%	0%	0%	-100%	-100%	-1%	-6%
Toxicité humaine – cancérigène (CTUh)	-3%	-3%	4%	-4%	-7%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	-5%	-6%	0%	0%	-100%	-100%	-3%	-15%
Toxicité humaine – non-cancérigène (CTUn)	-16%	-20%	28%	-1%	1%	0%	0%	0%	0%	14%	1%	2%	-1%	-5%	-84%	-55%	-100%	-100%	0%	-2%
Utilisation des sols (kg C deficit)	-9%	-9%	12%	0%	-1%	0%	0%	0%	0%	7%	0%	0%	-8%	-12%	0%	0%	0%	0%	1%	0%

Dans la majorité des cas, les variations obtenues sont non significatives, attestant de la robustesse des hypothèses effectuées et des résultats. Seule l'utilisation de la méthode USEtox consensus montre une influence très importante sur les trois indicateurs liés au zinc.

Le carbone biogénique et les hypothèses sur les cultures du lin et du chanvre, liées au plastique biosourcé, ne démontrent pas de variation significative sur les résultats.

Dans la comparaison entre les deux panneaux, ces paramètres peuvent faire évoluer les conclusions mais pas les inverser, excepté sur ceux liés à la méthode USEtox :

- Pour l'écotoxicité aquatique, l'écart entre les résultats des deux panneaux s'accroît par rapport au scénario de référence, rendant le panneau biosourcé beaucoup plus impactant.
- A l'inverse, sur la toxicité humaine cancérigène, l'écart se réduit et l'impact du panneau biosourcé est très proche de celui pétrosourcé, alors qu'il était initialement plus impactant.
- Sur l'indicateur d'épuisement des ressources, le panneau biosourcé devient plus performant avec l'utilisation de l'indicateur d'Impact2002+ alors qu'il était plus impactant avec l'indicateur ADP reserve base de la méthode CML.

Une analyse d'incertitude a également été conduite sur cette étude.

L'analyse d'incertitude permet de conclure que le panneau biosourcé apparaît significativement plus performant dans plus de 95% des itérations sur 3 indicateurs qui sont par ailleurs tous trois robustes en termes de méthode de calcul, et notamment sur le changement climatique. Il apparaît moins performant de manière significative (dans 95% des cas) sur un indicateur, la toxicité humaine non cancérigène, dont la robustesse n'est pas avérée.

Sur l'ensemble du cycle de vie des panneaux, la version biosourcée fait preuve d'une meilleure performance environnementale avec un niveau significatif fort sur les indicateurs :

- Changement climatique (-23 % par rapport au pétrosourcé)
- Formation d'ozone photochimique (-20 % par rapport au pétrosourcé)
- Énergie totale (-18 % par rapport au pétrosourcé)
- Énergie non-renouvelable (-21 % par rapport au pétrosourcé)

Et avec un niveau significatif moyen sur les indicateurs :

Etude RECORD n°20-0817/1A

- Épuisement de la couche d'ozone (-12 %)
- Acidification (-15 %)
- Radiations ionisantes (-23 %)

Cependant, le panneau biosourcé présente des performances environnementales inférieures sur les indicateurs :

- Occupation des sols (+70 %) avec un niveau significatif fort
- Radiations ionisantes (+26%) avec un niveau significatif moyen.

Sur les autres indicateurs, les différences entre les deux panneaux sont considérées comme n'étant pas significatives et ne permettent donc pas de conclusion tranchée.

Les conclusions des analyses d'incertitude sont résumées dans le tableau ci-dessous, extrait du rapport d'ACV :

	Robustesse	Incertitude	Sensibilité	Significativité
Changement climatique (kg CO2-eq)	fort	fort	fort	fort
Epuisement de la couche d'ozone (kg CFC-11-eq)	fort	moyen	fort	moyen
Emissions de particules (kg PM2.5-eq)	non sign.	non sign.	fort	non sign.
Formation d'ozone photochimique (kg NMVOC-eq)	fort	fort	fort	fort
Acidification (mol H ⁺ -eq)	moyen	fort	fort	moyen
Eutrophisation aquatique (kg P-eq)	non sign.	moyen	fort	non sign.
Eutrophisation marine (kg N-eq)	non sign.	moyen	fort	non sign.
Eutrophisation terrestre (mol N-eq)	non sign.	moyen	fort	non sign.
Epuisement des ressources minérales, fossiles et ren (kg Sb-eq)	moyen	moyen	non sign.	non sign.
Radiations ionisantes (kBq U235-eq)	moyen	moyen	fort	moyen
Ecotoxicité aquatique (CTUe)	non sign.	non sign.	non sign.	non sign.
Toxicité humaine – cancérigène (CTUh)	non sign.	non sign.	fort	non sign.
Toxicité humaine – non-cancérigène (CTUh)	fort	fort	non sign.	non sign.
Utilisation des sols (kg C deficit)	moyen	moyen	fort	moyen
Energie totale (MJ)	fort	fort	fort	fort
Energie non-renouvelable (MJ)	fort	fort	fort	fort
Occupation des terres (m2a)	fort	fort	fort	fort

Légende :

Le panneau biosourcé est plus performant que le panneau pétrosourcé, avec un niveau de significativité fort
Le panneau biosourcé est plus performant que le panneau pétrosourcé, avec un niveau de significativité moyen
Ecart non significatif entre les panneaux
Le panneau biosourcé est moins performant que le panneau pétrosourcé, avec un niveau de significativité moyen
Le panneau biosourcé est moins performant que le panneau pétrosourcé, avec un niveau de significativité fort

→ **La non significativité (et donc non conclusion) est principalement due à la faible robustesse des indicateurs**, sauf pour épuisement des ressources minérales et la toxicité humaine non cancérigène pour lesquels une inversion de conclusion se fait en analyse de sensibilité.

→ Sur les indicateurs concluants, on observe un bénéfique global lié à l'utilisation de biosourcé.

Par ailleurs, l'ACV présente une analyse intéressante via le tableau ci-dessous qui spécifie les indicateurs sur lesquels le panneau biosourcé est :

- Plus performant que le non biosourcé grâce à l'étape de fabrication ET au gain de masse : case en vert foncé
- Plus performant que le non biosourcé UNIQUEMENT grâce au gain de masse : case en vert clair
- Moins performant que le non biosourcé à cause de la seule étape de fabrication : case en rouge

Les bénéfices environnementaux ne sont pas donc pas toujours uniquement liés à la réduction de la masse.

		Hors phase d'utilisation		
		Le panneau biosourcé est plus performant que le panneau pétrosourcé	Le panneau biosourcé et le panneau pétrosourcé présentent des impacts similaires	Le panneau biosourcé est moins performant que le panneau pétrosourcé
Sur l'ensemble du cycle de vie	Le panneau biosourcé est plus performant que le panneau pétrosourcé	<ul style="list-style-type: none"> • Changement climatique • Formation photochimique • Acidification • Energie totale • Energie non-renouvelable 	<ul style="list-style-type: none"> • Eutrophisation marine 	<ul style="list-style-type: none"> • Epuisement de la couche d'ozone • Radiations ionisantes
	Le panneau biosourcé et le panneau pétrosourcé présentent des impacts similaires		<ul style="list-style-type: none"> • Eutrophisation aquatique • Eutrophisation terrestre • Ecotoxicité aquatique • Toxicité humaine (cancérogène) 	<ul style="list-style-type: none"> • Emissions de particules
	Le panneau biosourcé est moins performant que le panneau pétrosourcé			<ul style="list-style-type: none"> • Epuisement des ressources • Toxicité humaine (non cancérogène) • Utilisation des terres • Occupation des sols

ACV de platines de rétroviseur

De la même manière, de nombreux scénarios alternatifs ont été analysés (modification du mix électrique, prise en compte des émissions liées à la transformation du chanvre...) et sont résumés dans l'étude. Seuls certains impliquent des variations significatives :

- Variation du taux de fibres dans la platine (base : 30%) à 20 et 40% : légère diminution des impacts sur 9 des 12 indicateurs en augmentant le taux de fibres, mais cela implique des risques de conflit selon la disponibilité des sols si la demande en chanvre pour la production de fibres composites venait à augmenter.
- Modification du facteur de caractérisation dans le calcul des consommations de carburant pour la phase d'utilisation : le choix du facteur de caractérisation de l'étape d'utilisation a une importance capitale sur les résultats, en démontrant une diminution de 14% de l'impact sur l'indicateur changement climatique en faveur de la platine PPNF pour un facteur de 60%, et une diminution de 20% pour un facteur de 30%.
- Variation du scénario de fin de vie (base : enfouissement) :
 - o Dans le cas de l'incinération, les impacts de la platine PPNF augmentent sur le changement climatique car le carbone biogénique stocké est rejeté en plus grande quantité que lors d'un enfouissement. Cependant, ce scénario diminue les impacts sur les consommations d'énergie et d'eau car le contenu énergétique de la platine PPNF est plus important que la platine PPGF.
 - o Dans le cas théorique où les deux platines seraient recyclées, on pourrait obtenir des diminutions jusqu'à 60% sur huit indicateurs.
- Variation de la méthode d'évaluation des impacts du cycle de vie avec EDIP 2003 et ReCiPe : pas de déplacements de pollution significatifs, les conclusions de l'étude sont robustes.

ACV de biocomposites

Aucune analyse de sensibilité n'est mentionnée. L'évaluation des scénarios alternatifs de fin de vie peut être considérée comme telle et démontre de fortes variations sur les résultats. Celle-ci ne change cependant pas les conclusions, excepté sur l'eutrophisation.

Conclusions sur les trois cas d'étude « Transport »

Indicateurs sur lesquels la version biosourcée démontre un bénéfice environnemental en comparaison de la version non biosourcée :

Panneaux de portes	Platines de rétroviseur	Composite
Changement climatique		
Epuisement de la couche d'ozone		
Acidification		
Energie totale		Epuisement des ressources minérales et fossiles
Energie non-renouvelable		Ecotoxicité terrestre
Formation d'ozone photochimique	Consommation de ressources non-renouvelables	Formation d'ozone photochimique
Radiations ionisantes	Génération de déchets banals ou spéciaux (DIB et DIS)	Toxicité humaine
	Consommation d'eau	
	Emissions de CO ₂	

Indicateurs sur lesquels la version biosourcée démontre une augmentation de l'impact environnemental en comparaison de la version non biosourcée :

Panneaux de portes	Platines de rétroviseur	Composite
Occupation des terres	Ressources renouvelables	Ecotoxicité marine
Utilisation des sols	Occupation des sols	
	Déchets industriels valorisés	

Indicateurs pour lesquels la différence d'impact entre le biosourcé et le pétrosourcé n'est pas significative :

Panneaux de portes	Platines de rétroviseur	Composite
Emissions de particules	nc	nc
Eutrophisation aquatique		
Eutrophisation marine		
Eutrophisation terrestre		
Epuisement des ressources minérales et fossiles		
Ecotoxicité aquatique		
Toxicité humaine – cancérigène		
Toxicité humaine – non cancérigène		

Seule l'étude sur les panneaux de portes permet de faire ressortir ces indicateurs grâce à l'analyse d'incertitude sur les valeurs et la robustesse des indicateurs.

D'après les analyses de sensibilité réalisées, des points méthodologiques peuvent influencer grandement les résultats et sont donc à considérer dans la comparaison de matériaux bio- et pétrosourcés :

- l'utilisation de la méthode USEtox, notamment liée aux questions d'amont agricole,
- le taux de fibres naturelles dans le composite
- la formule de calcul des consommations de carburant pour la phase d'utilisation
- le type de fin de vie appliqué et la prise en compte du carbone biogénique

Concernant la phase d'utilisation, spécifique en ACV pour ce secteur transport, les deux rapports ACV panneaux automobiles et platines rétroviseurs mentionnent respectivement :

« Les gains environnementaux évalués pour le panneau biosourcé résident principalement dans **l'allègement** (et donc dans la moindre consommation de carburant) et une **moindre utilisation de plastique pétrosourcé**. A noter que chez les constructeurs automobiles, **les solutions permettant un allègement sont très souvent en compétition avec des solutions permettant une bonne recyclabilité** du véhicule. »

mais il n'y a pas d'analyse de sensibilité sur la fin de vie réalisée.

« **L'étape contribuant le plus aux impacts de la platine est l'utilisation** (impact majoritaire sur 7 indicateurs). De plus, il y a un lien direct et proportionnel entre la diminution de masse et la diminution des résultats d'indicateurs pour l'étape d'utilisation. **La diminution de masse de 5,6%** (passage du PPGF de 135,9 g au PPNF de 128,6 g) **permet une diminution proportionnelle sur l'étape d'utilisation qui s'ajoute aux différences d'impacts sur les autres étapes** »

Via ces trois cas d'école, on observe une tendance montrant un bénéfice lié aux matériaux biosourcés et par rapport au minéral, et par rapport au pétrosourcé, bénéfice montré également par les analyses de sensibilité du biosourcé. Son utilisation permet un gain environnemental significatif (attesté par analyse d'incertitude dans une des deux études) sur plusieurs indicateurs, dont celui du changement climatique.

En particulier, la réduction de la masse de la pièce permet de réduire l'impact de la phase d'utilisation, principale contributrice sur la majorité des indicateurs.

Le scénario de fin de vie peut aussi influencer les résultats d'impacts : l'analyse de sensibilité entre un enfouissement et une incinération de la pièce réalisée dans l'étude sur les rétroviseurs démontre un impact plus important sur le changement climatique dans le cas d'une incinération du fait de la réémission dans l'air du CO₂ biogénique capté durant la phase d'amont agricole. Il est donc essentiel, lorsque les données réelles concernant la fin de vie ne sont pas connues, d'établir des scénarios de fin de vie cohérents avec la réalité en se basant sur des statistiques des filières de fin de vie.

E.5 Emballage

Trois ACV sont exploitées pour le secteur de l'emballage, chacune comparant chacun entre 2 et 5 produits.

- Les deux premières portent sur des contenants et sont analysées de manière comparative dans cette partie :
 - Life Cycle Assessment of SIGNATURE PACK: a beverage carton containing polymers based on the mass balanced renewable material approach¹²⁰
 - Comparative Life Cycle Assessment of Tetra Pak® carton packages and alternative packaging systems for liquid food on the Nordic market¹²¹
- La troisième est une ACV de sacs de caisse :
 - *Environmental impact assessments of innovative bio-based production - Task 1 of « Study to R&I Policy in the Area of Bio-based Products and Services », European Commission et al, 2019¹²² ciblée pour la présente analyse sur le cas d'étude 7 "CASE STUDY 7: SINGLE-USE PLASTIC CARRIER BAGS"*

Toutes ont été soumises à revue critique.

Objectif des études

Contenants alimentaires

La première ACV a été commanditée par l'entreprise SIG Combibloc, la deuxième par l'entreprise Tetra Pak, deux fabricants d'emballages pour les boissons type brique et bouteille. Les deux études ont été réalisées par l'IFEU en 2018 et 2017 respectivement.

Parmi les objectifs des deux études, il s'agit d'étudier et de comparer les performances environnementales des briques pour le conditionnement des liquides (lait, jus, nectars...) produites par chacun des deux producteurs à partir de matériaux biosourcés et pétrosourcés.

La seconde étude, dont le périmètre géographique couvre le Danemark, la Finlande, la Norvège et la Suède a également pour objectifs :

- de mettre à jour les connaissances sur les forces et faiblesses en termes d'impact environnemental des briques pour conditionnement des liquides (lait, jus et nectars...), utilisant en partie des matériaux biosourcés
- de comparer la performance environnementale des briques face à leurs systèmes concurrents (bouteille PET, HDPE...) afin d'évaluer l'intérêt ou non de remplacer la barrière aluminium par une barrière PE
- de déterminer un facteur qui permettent la conversion des impacts entre plastiques fossiles et bioplastiques (ex : réduction de CO₂ par gramme de matière première ou autre information environnementale pertinente), afin d'apporter aux acheteurs des informations solides quant à une transition vers des emballages alternatifs.

¹²⁰ Disponible en ligne : https://cms.sig.biz/media/3667/ifeu_sig_lca_signature-pack.pdf

¹²¹ Disponible en ligne :

https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/oekobilanzen/pdf/LCA_Nordic_final_report_incl_Critical_Review.pdf

¹²² Disponible en ligne : <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/15bb40e3-3979-11e9-8d04-01aa75ed71a1>

Sacs

L'objectif principal est d'évaluer les profils environnementaux de sacs de provisions biosourcés, et de les comparer à leurs homologues d'origine fossile. L'étude se concentre sur les sacs de caisse et s'inscrit dans un projet plus large qui vise à fournir des éléments factuels et des preuves scientifiques concernant les impacts environnementaux des bioproduits innovants, et surtout des produits en plastique, par rapport à leurs homologues pétrochimiques, afin de contribuer à la politique bioéconomique à venir et à la prise de décision en la matière sur le plan de l'UE.

Description des produits étudiés

Contenants alimentaires

Deux types de briques sont étudiés, une version avec et une version sans aluminium. Les types de bouchon sont également légèrement différents.

	Matériau	Masse (g)	Part de biosourcé	Matière première pour le biosourcé
SIG COMBIBLOC				
Brique avec aluminium	PP, HDPE, LDPE, carton, aluminium	30,3	0%	NA
Brique avec aluminium et biosourcée	Bio-PP, bio-HDPE, bio-LDPE, carton, aluminium	30,3	22,7%	Huile de tall
Brique sans aluminium	PP, LDPE, PA, carton	29,7	0%	NA
Brique sans aluminium et biosourcée	Bio-PP, bio-LDPE, bio-PA, carton	29,7	28,5%	Huile de tall
TETRA PAK				
Brique	PE, LDPE, carton	29,25	0%	NA
Brique biosourcée	Bio-PE, Bio-LDPE, Carton	29,25	21,1%	Canne à sucre
Bouteille	HDPE, TiO ₂ , PP	45,96	0%	NA
Bouteille biosourcée	Bio-HDPE, TiO ₂ , PP	45,96	82,3%	Canne à sucre

Dans le cadre de l'étude SIG Combibloc, les matériaux biosourcés sont issus de la polymérisation à base de bois de conifère.

Dans le cadre de l'étude Tetra Pak, ceux-ci sont issus de la polymérisation d'éthylène provenant d'éthanol à base de canne à sucre.

Ces deux matières premières différentes permettront ainsi de comparer deux types de matériaux biosourcés : biomasse de première génération, i.e. issue d'une ressource pouvant être consommée par l'homme, et biomasse de deuxième génération i.e. issue de ressources non alimentaires.

Sacs

L'ACV compare les produits décrits dans le tableau ci-dessous :

	Matériau	Masse (g)	Part de biosourcé	MP pour le biosourcé
Analyse de cycle de vie comparative de sacs de caisse en plastique à usage unique biosourcés (à base de granule d'amidon plastique ou de PEBD biosourcé) et pétrosourcés (PEBD issu de la pétrochimie)				
Sac en PEBD pétrosourcé	PEBD pétrosourcé	17,9	0%	NA
Sac en PEBD biosourcé	PEBD biosourcé	17,9	100%	Sucre de canne
Sac biosourcé à base d'amidon de maïs	ATP (acide téréphtalique purifié)	22,4	30-70%	Amidon de maïs
Sac biosourcé à base d'amidon de maïs et pomme de terre	ATP et copolyesters biodégradables (PLA (biosourcé) et PBAT (pétrochimique))	22,4	30-70%	Amidon de pomme de terre pour l'ATP et maïs pour le PLA

Périmètre de l'étude et unité fonctionnelle (UF)

Contenants alimentaires

L'unité fonctionnelle des deux ACV est similaire :

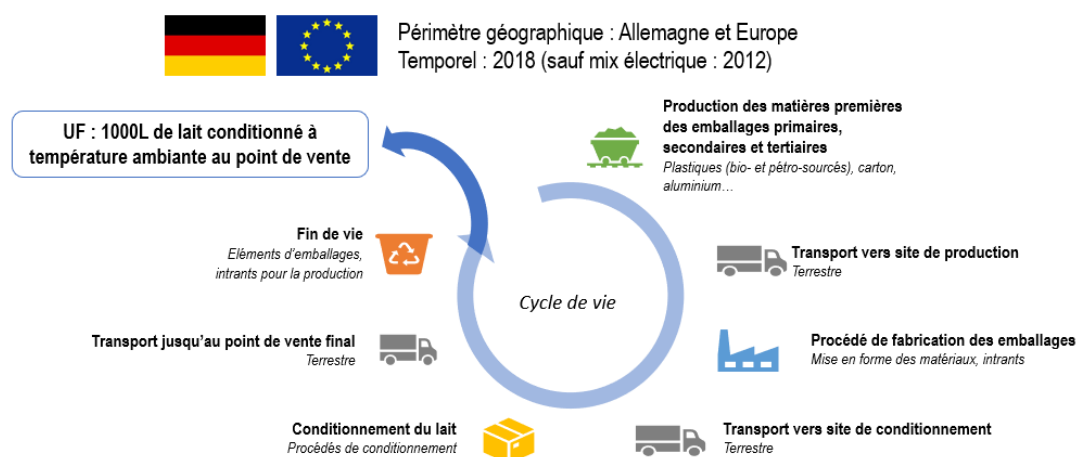
- TETRAPACK : « *The function examined in this LCA study is the packaging of beverages for retail. The functional unit for this study is the provision of 1000 l packaging volume for chilled or ambient beverage at the point of sale.* »

- SIG Combiblock : « *The function examined in this LCA study is the packaging of milk for retail. The functional unit for this study is the provision of 1000 L of ambient milk at the point of sale. (i.e. packed in 1000 beverage cartons)* »

i.e. « fournir l'emballage pour 1000 litres de boisson, fraîche ou à température ambiante, en point de vente.

Dans les deux ACV, le périmètre est en « cradle-to-grave » i.e. du berceau à la tombe, en prenant en compte toutes les étapes du cycle de vie excepté celle d'utilisation qui ne présente pas d'éléments induisant un impact spécifique.

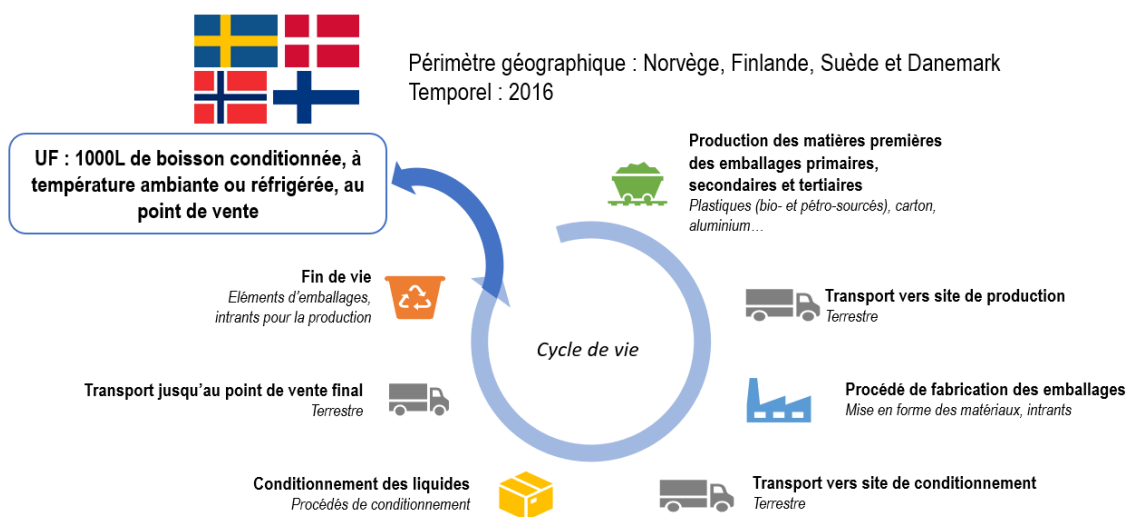
Pour l'étude SIG Combiblock, l'analyse est effectuée sur un périmètre géographique Allemagne et Europe, ce qui guide les choix de mix énergétique et de scénario de fin de vie.



Pour le scénario Europe, le scénario de fin de vie est le suivant : 48,5% des déchets sont recyclés, 20,6% sont incinérés et 27,9% sont enfouis. En Allemagne, 84,5% des briques sont recyclées et 15,5% sont incinérées. Ces données sont basées sur les statistiques Eurostat 2016 et sont donc représentatives de la réalité.

Il n'y a pas de différence entre les plastiques bio- et pétrosourcés puisque le PE biosourcé se recycle dans les filières actuelles.

Pour l'étude Tetra Pak, le périmètre géographique concerne les pays scandinaves et étudie la variabilité des impacts selon les scénarios de fin de vie dans ces différents pays. De la même manière que pour l'étude SIG Combibloc, les mix énergétiques sélectionnés varient selon la localisation.



Dans le cadre de ce présent rapport, seul le cas d'étude norvégien est analysé car il prend en compte les trois voies possibles de traitement en fin de vie : pour les briques, 61% sont recyclées, 37,1% incinérées et 2% enfouies ; pour les bouteilles, 22,30% sont recyclées, 73,8% sont incinérées et 3,9% sont enfouies.

		Recyclage	Incinération	Enfouissement
Allemagne	Brique	84,5%	15,5%	0%
Europe	Brique	48,5%	20,6%	27,9%
Norvège	Brique	61%	37,1%	2%
	Bouteille	22,3%	73,8%	3,9%

Il n'y a pas de distinction concernant la fin de vie entre les biosourcés et non biosourcés.

Sacs

L'unité fonctionnelle de l'ACV est la suivante : « *One single-use all-purpose lightweight plastic carrier bag with the volume of 20 liters and 10 kg weight holding capacity* » i.e. « Un sac en plastique léger à usage unique et universel d'un volume de 20 litres et d'une capacité de charge de 10 kg. »

Sacs de caisse	
UF	« Un sac en plastique léger à usage unique et universel d'un volume de 20 litres et d'une capacité de charge de 10 kg. »
Périmètre	Cradle-to-grave (phase utilisation par les clients exclue)
Géographie	<p>Production des matières premières :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Italie pour le maïs et Allemagne pour les pommes de terre pour le sac à base d'amidon • Brésil pour la production de matières premières et Europe pour le reste pour le sac en PEBD biosourcé ; • Europe pour le sac en PEBD pétrosourcé. <p>Transformation : Europe Utilisation et fin de vie : Europe</p>
Réutilisation des sacs	Aucune : usage unique

Une grande variété de fin de vie a été évaluée et est présentée ci-dessous :

Product system	EoL options modelled individually (100 % scenarios)	Intended option	EoL	Estimated EoL collection mix of EU (based on statistics of waste treatments of waste plastics)
Bio-based starch plastic	Incineration Landfilling Industrial composting Anaerobic digestion <i>Reuse as carrier bag</i> <i>Reuse as waste bag</i> <i>Reuse as organic waste bag</i>	Industrial composting		Industrial composting: 30 % Incineration: 39 % Landfilling: 31 %
Bio-based LDPE	Recycling Incineration Landfilling <i>Reuse as carrier bag</i> <i>Reuse as waste bag</i>	Recycling		Recycling: 30 % Incineration: 39 % Landfilling: 31 %
Petrochemical LDPE	Recycling Incineration Landfilling <i>Reuse as carrier bag</i> <i>Reuse as waste bag</i>			Recycling: 30 % Incineration: 39 % Landfilling: 31 %

Les scénarios non en italique correspondent à des scénarios modélisés 100% individuellement. Le scénario « Intended » correspond à celui attendu dans l'idéal (utilisés lors des comparaisons), et le scénario « mix of EU » est basé sur des statistiques de traitement des déchets plastiques en Europe.

Le scénario « intended » ici de compostage industriel pour le sac amidon est à l'échelle européenne. A l'échelle française, les scénarios prospectifs semblent plutôt être compostage domestique ou recyclage (mécanique ou chimique).

Le scénario « intended » du LDPE biosourcé est, toujours ici à l'échelle européenne, un recyclage, ce qui est aussi ce qui se profile en scénario pour 2030 au niveau français.

Méthodologie

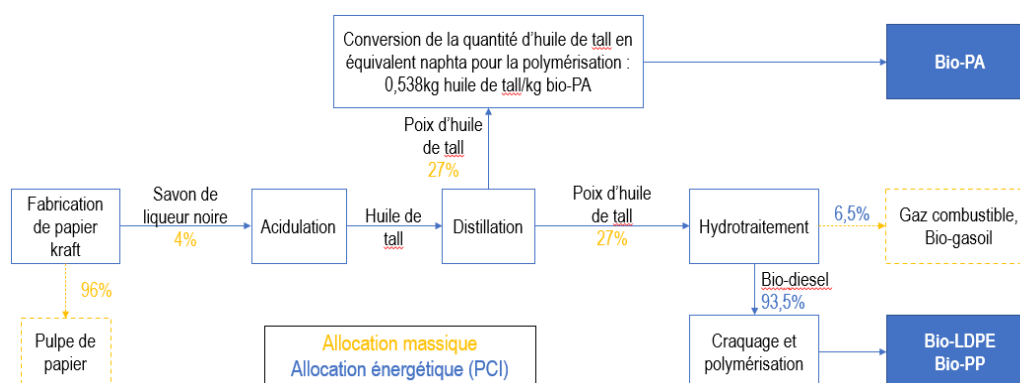
Contenants alimentaires

Indicateurs retenus

Indicateur	Unité	Tetra Pack	Signature Pack
Changement climatique	kg CO ₂ eq	IPCC 2013	
Epuisement de la couche d'ozone	CFC-11-eq	WMO 2011	
Formation d'ozone photochimique - MIR	kg O ₃ -eq	Carter 2008	
Acidification	kg SO ₂ -eq	CML 2002	
Eutrophisation terrestre	kg PO ₄ ³⁻ -eq	CML 2002	
Eutrophisation aquatique	kg PO ₄ ³⁻ -eq	CML 2002	
Toxicité humaine : PM2.5/Emissions de particules	kg PM 2.5-eq	ReCiPe 2008, JRC 2011, De Leeuw 2002	
CED, Energie non-renouvelable	MJ	VDI 1997	
CED, Energie totale	MJ	VDI 1997	
Usage de la nature – Potentiel de distance à la nature	m ² -e* 1a	Fehrenbach et al. 2015	nc
Rareté de la ressource en eau (valeur uniquement indicative)	m ³	Inventaire	nc
Epuisement des ressources minérales et fossiles (NREU)	kg Sb-eq	nc	CML 2013

Origine de la biomasse et gestion allocations biomasse

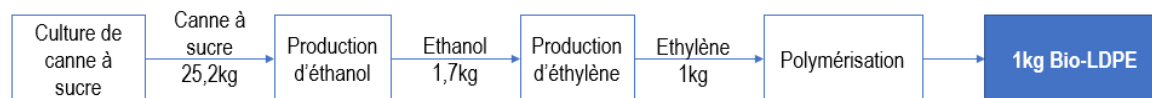
Dans le cadre de l'ACV SIG Combibloc, la résine utilisée est issue d'huile de tall, co-produit de l'industrie papetière. Des allocations sont donc appliquées pour allouer la majorité des impacts au produit d'intérêt, la pulpe de papier. Ces allocations sont soit massiques, soit énergétiques, selon le type de produit et son usage. Elles sont réparties selon le schéma ci-dessous.



Le rapport indique que la modélisation de la production du bio-PA mériterait d'être approfondie au niveau de la polymérisation de l'huile de tall. En effet, le naphta du procédé de polymérisation issu d'écoinvent 2.2 a été remplacé par l'huile de tall selon un taux équivalent calculé à partir du PCI des deux matières. Le procédé de polymérisation utilisé est le même que celui pour la production du PA pétrosourcé étudié ici et basé sur des données producteur. Les impacts du naphta utilisé dans ce

procédé ont été déduits à partir de la donnée naphtha de la base ecoinvent, qui n'est peut-être pas identique à celui utilisé par le producteur pour le PA.

Pour l'étude Tetra Pack, la donnée bio-PE est modélisée à partir du sucre de canne, sans allocation puisque celui-ci est le produit d'intérêt. Les données utilisées sont basées sur Chalmers 2008 pour la production du bio-PE et Macedo 2009 pour la culture de la canne à sucre.



Une donnée de bio-LDPE a été fournie par Braskem, premier producteur de bio-PE à partir de canne à sucre. Mais celle-ci n'a pas été utilisée pour le scénario de base de cette ACV, uniquement pour les analyses de sensibilité. En effet, l'étude de Braskem applique une approche par substitution des co-produits qui influence de manière importante les résultats du produit. De plus, le détail de modélisation des données n'est pas assez transparent et ne permet pas de comprendre complètement l'impact négatif du changement climatique lié à l'occupation des sols. Par ailleurs, cette étude a été soumise à revue critique mais n'est pas accessible publiquement.

Prise en compte du stockage de carbone biogénique

Dans le cadre des deux études, la prise en compte du carbone biogénique est effectuée en deux étapes : tout d'abord avec son stockage au cours de la phase d'amont agricole, comptabilisé par des valeurs d'émissions négatives, puis lorsque celles-ci sont réémises en fin de vie.

Prise en compte des émissions de gaz à effet de serre induites par le changement d'affectation des sols

Pour l'étude Tetra Pak, il est précisé que les émissions directes liées au changement d'affectation des sols ne sont pas comptabilisées (sauf pour la donnée fournie par Braskem, uniquement utilisée en analyse de sensibilité).

Sacs

Indicateurs retenus

Dans l'étude sur les sacs de caisse, la méthode appliquée est basée sur les recommandations du guide PECFR version 6.3 de la Commission Européenne de 2017. Les 16 catégories d'impact environnemental de point médian décrit par cette méthode sont donc incluses dans l'étude. Deux d'entre elles ont cependant fait l'objet d'hypothèse supplémentaire :

- la catégorie émissions de particules pour laquelle le modèle d'évaluation d'impact recommandé n'était pas clair ;
- la catégorie d'impact de changement d'utilisation des terres pour laquelle le modèle recommandé n'était pas disponible sur Simapro au moment de l'étude.

Pour ces deux catégories, les orientations du PEF 2013 ont donc été retenues.

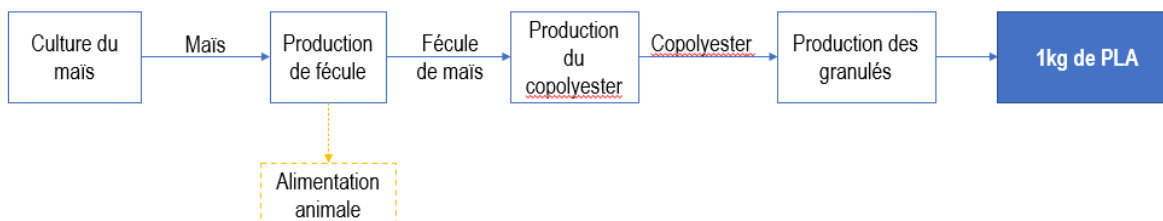
De plus, deux autres catégories d'impact ont été ajoutées :

- l'utilisation d'énergie non renouvelable, en raison du fait que celle-ci soit une bonne approximation de nombreux impacts liés à l'énergie ;
- le potentiel de changement de température globale (GTP) qui, contrairement à l'impact sur le changement climatique indiquant le forçage radiatif d'une substance sur une période donnée par rapport à celui du CO₂, permet de mesurer le rapport entre le changement de température moyenne mondiale à un moment donné causé par une substance et celui du CO₂.

Origine de la biomasse et gestion allocations biomasse

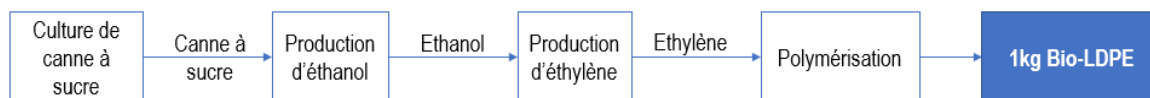
Pour la production du PLA à base d'amidon de maïs, les différentes allocations ne sont pas précisées dans le document car les données proviennent directement des producteurs d'amidon et fournisseurs de plastique. Le maïs est cultivé en Italie. Les co-produits issus de la production de féculé sont substitués par leurs équivalents en alimentation animale : avec du soja comme référence pour le contenu en protéine, du maïs pour le contenu en carbohydrate, et de l'huile de palme pour le contenu oléique.

Les rendements et consommation d'énergie pour la production du copolyester et pour les granulés sont issus de la donnée *Polyester-complexed starch biopolymer {RER} production* d'Ecoinvent 3.3.



Pour la production de l'amidon thermoplastique à base de pomme de terre, la féculé de pomme de terre est combinée avec un PLA à base de maïs d'origine américaine et un PBA. Les données du PLA ont été fournies par le producteur mais ne sont pas détaillées. De la même manière que pour le maïs, les co-produits de la pomme de terre lors de la production de la féculé sont substitués en alimentation animale.

Le dernier sac en LDPE 100% biosourcé est produit à base d'éthanol issu de canne à sucre brésilien. De la même manière, les données de rendement ne sont pas précisées dans l'article. Comme il n'y avait pas de donnée disponible pour la polymérisation, les impacts du processus ont été approximés en soustrayant les impacts de l'éthylène pétrosourcé des impacts du LDPE pétrochimique.



Prise en compte du stockage de carbone biogénique

Le stockage du carbone biogénique est pris en compte pour la phase « cradle-to-gate » et est ensuite réémis lors de la fin de vie, de la même manière que pour les autres études. Lorsque le plastique est composté, le carbone est transformé soit en CO₂ soit en CH₄. Pour les amidons thermoplastiques, 18% du carbone biogénique est stocké lorsqu'il est enfoui. Pour le PEBD non dégradé, la totalité est stockée lors de l'enfouissement. En compostage industriel et en méthanisation, respectivement 15 et 69% du carbone biogénique sont récupérés sous forme de compost, de digestat ou de biogaz.

Résultats

Contenants alimentaires

Les tableaux de résultats ci-dessous ont été construits à partir des résultats bruts disponibles dans les études. La légende utilisée est la suivante :

Impacts beaucoup plus importants que la brique pétrosourcée
Impacts plus importants que la brique pétrosourcée
Pas de différence significative
Impacts moins importants que la brique pétrosourcée
Impacts beaucoup moins importants que la brique pétrosourcée

Signature Pack, scénario Allemagne :

Résultats scénario Allemagne		Brique avec aluminium	Brique avec aluminium et biosourcée	Delta	Brique sans aluminium	Brique sans aluminium et biosourcée	Delta
Changement climatique	kg CO ₂ -eq	52,58	27,57	-48%	34,16	14,69	-57%
Acidification	kg SO ₂ -eq	0,26	0,27	+4%	0,19	0,2	+5%
Formation d'ozone photochimique - MIR	kg O ₃ -eq	3,6	3,71	+3%	3,11	2,78	-11%
Epuisement de la couche d'ozone	CFC-11-eq	0,05	0,05	+0%	0,05	0,05	+0%
Eutrophisation aquatique	kg PO ₄ ³⁻ -eq	20,94	14,87	-29%	20,82	16,41	-21%
Eutrophisation terrestre	kg PO ₄ ³⁻ -eq	27,97	29,07	+4%	24,56	25,14	+2%
Epuisement des ressources minérales et fossiles	kg Sb-eq	0,68	0,47	-31%	0,56	0,4	-29%
Toxicité humaine	kg PM 2.5-eq	0,25	0,26	+4%	0,2	0,2	+0%
CED, Energie totale	MJ	1,93	1,44	-25%	1,6	1,25	-22%
CED, Energie non-renouvelable	MJ	1,53	1,03	-33%	1,25	0,89	-29%

Il est identifié que les principaux contributeurs à l'impact environnemental des briques, qu'elles soient biosourcées ou pétrosourcées sont leur production, les matières premières et le recyclage en fin de vie. Les émissions du carbone biogénique en fin de vie jouent aussi un rôle important sur l'indicateur changement climatique. C'est le cas pour le scénario Europe et le scénario Allemagne.

Signature Pack, scénario Europe :

Résultats scénario Europe		Brique avec aluminium	Brique avec aluminium et biosourcée	Delta	Brique sans aluminium	Brique sans aluminium et biosourcée	Delta
Changement climatique	kg CO ₂ -eq	62,45	52,66	-16%	45	34,67	-23%
Acidification	kg SO ₂ -eq	0,3	0,3	+0%	0,22	0,22	+0%
Formation d'ozone photochimique - MIR	kg O ₃ -eq	3,78	3,82	+1%	3,29	2,9	-12%
Epuisement de la couche d'ozone	CFC-11-eq	0,0468	0,046	-2%	0,042	0,0409	-3%
Eutrophisation aquatique	kg PO ₄ ³⁻ -eq	23,9	17,68	-26%	23,94	19,31	-19%
Eutrophisation terrestre	kg PO ₄ ³⁻ -eq	29,19	29,84	+2%	25,75	25,68	-0%
Epuisement des ressources minérales et fossiles	kg Sb-eq	0,67	0,44	-34%	0,55	0,37	-33%
Toxicité humaine	kg PM 2.5-eq	0,27	0,28	+4%	0,22	0,22	+0%
CED, Energie totale	MJ	2,09	1,58	-24%	1,77	1,38	-22%
CED, Energie non-renouvelable	MJ	1,58	1,06	-33%	1,29	0,9	-30%

Les briques biosourcées présentent des avantages environnementaux sur au moins cinq indicateurs dans les quatre cas :

- Le changement climatique
- L'eutrophisation aquatique
- L'épuisement des ressources minérales et fossiles
- La consommation d'énergie totale
- La consommation d'énergie non-renouvelable

Ainsi que sur l'indicateur de formation d'ozone photochimique pour la brique sans aluminium, dans le scénario Allemagne et Europe.

En effet, la production de plastique pétrosourcé a un impact important sur les indicateurs d'épuisement des ressources minérales et fossiles, et ceux de consommation d'énergie, que ce soit pour l'extraction de la matière première ou le procédé de fabrication. Le plastique biosourcé a donc un impact réduit sur ces indicateurs, et le carbone biogénique permet les gains sur l'indicateur de changement climatique. On constate cependant que l'impact des briques biosourcées est environ deux fois plus important sur le changement climatique entre le scénario Allemagne et Europe. Cela réduit l'écart entre les deux briques, sans inverser les conclusions d'un bénéfice environnemental pour l'utilisation de plastique biosourcé.

Tetra Pack, scénario Norvège :

Résultats Norvège	Unités	Brique	Brique biosourcée	Delta	Bouteille HDPE	Bouteille bio-HDPE	Delta
Changement climatique	kg CO ₂ -eq	14,98	2,21	-85%	211,75	114,21	-46%
Acidification	kg SO ₂ -eq	0,15	0,36	+140%	0,54	2,04	+278%
Formation d'ozone photochimique - MIR	kg O ₃ -eq	2,8	3,71	+33%	5,78	12,91	+123%
Epuisement de la couche d'ozone	CFC-11-eq	0,03	0,3	+900%	0,06	2,05	+3317%
Eutrophisation aquatique	kg PO ₄ ³⁻ -eq	21,29	49,25	+131%	51,38	258,18	+402%
Eutrophisation terrestre	kg PO ₄ ³⁻ -eq	18,11	81,07	+348%	42,13	506,8	+1103%
Epuisement des ressources minérales et fossiles	kg Sb-eq	0,17	0,36	+112%	0,51	1,93	+278%
Toxicité humaine	kg PM 2.5-eq	1,25	1,59	+27%	4,75	14,64	+208%
CED, Energie totale	MJ	0,82	0,56	-32%	4,64	2,7	-42%
CED, Energie non-renouvelable	MJ	16,6	24,82	+50%	0,14	60,83	+43350%
Rareté de la ressource en eau (valeur uniquement indicative)	m3	0,3	17,89	+5863%	0,72	130,18	+17981%
Usage de la nature – Potentiel de distance à la nature	m2 -e* 1a	16,6	24,84	+50%	0,14	60,83	+43350%

Pour la plupart des indicateurs, le principal contributeur est la production des matières premières, et c'est notamment la production du plastique biosourcé qui contribue majoritairement à la différence d'impact entre les versions biosourcées et pétrosourcées. En effet, la culture de la canne à sucre est très demandeuse en énergie et émettrice d'azote qui sont utilisés pour fertiliser les champs. Cela va avoir un impact important sur l'indicateur d'épuisement de la couche d'ozone. La combustion de la bagasse, co-produit de la canne à sucre utilisé pour la production d'énergie, contribue sur l'indicateur de toxicité humaine.

Pour les briques, le carton utilisé contribue déjà de manière importante sur les indicateurs pouvant aussi être influencés par l'utilisation de plastique biosourcé. La différence d'impact ressort donc de manière plus importante sur la comparaison entre les bouteilles HDPE, en particulier sur les indicateurs consommation d'énergie non-renouvelable, rareté de la ressource en eau et usage de la nature qui sont en effet fortement liés à l'amont agricole de la canne à sucre. Cependant, l'étude insiste sur la faible robustesse de ces deux derniers et ne les prend pas en compte dans la comparaison entre les produits. On constate toujours un bénéfice au niveau du changement climatique, qui est lié aux émissions de carbone au moment du recyclage et de l'incinération, qui sont de nature biogénique pour les plastiques biosourcés.

Sacs

Le graphique ci-dessous présente la comparaison entre les sacs biosourcés (en vert foncé et clair pour le sac à base d'amidon, deux fins de vie différentes ; en bleu pour le sac PEBD biosourcé à base de canne à sucre) et le sac pétrosourcé (en gris). Les sacs biosourcés sont moins performants (jusqu'à 75 %) pour trois catégories d'impact (acidification, eutrophisation terrestre et marine). Pour la formation d'ozone photochimique, le sac à base d'amidon est comparable au système pétrosourcé, mais celui à base canne à sucre est nettement moins performant. Le sac pétrosourcé est plus performant que les biosourcés sur l'acidification. En ce qui concerne l'épuisement des ressources abiotiques (combustibles fossiles) et la catégorie NREU, le sac en plastique amidonné et le sac pétrosourcé affichent des performances similaires ; celui à base de canne sucre est plus performant. Sur le changement climatique, si l'on considère un scénario de fin de vie 100% compostage industriel (vert foncé), les sacs en plastique amidonné sont 10 % plus performants que le sac pétrosourcé. Cependant, avec le scénario de fin de vie réel actuel (30% compostage industriel, 39% incinération et 31% enfouissement, en vert clair), on constate une performance inférieure de 30 % à celle du sac pétrosourcé. Le biosourcé à base de canne à sucre présente quant à lui 80% moins d'impact que le pétrosourcé.

Le sac en plastique amidonné ne présente pas d'avantages environnementaux évidents dans aucune des catégories d'impact sélectionnées pour la comparaison (excepté sur le changement climatique dans le cas d'un scénario prospectif de fin de vie). Le sac canne à sucre offre de meilleures performances en matière de changement climatique, d'épuisement abiotique (combustibles fossiles) et de NREU.

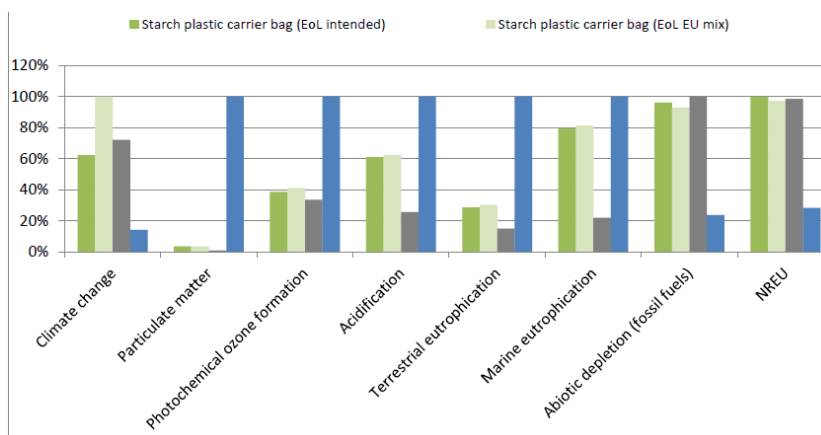


Figure 23 : Comparaison entre les sacs biosourcés à base d'amidon (en vert foncé et clair), le sac pétrosourcé (en gris) et le sac en PEBD biosourcé (en bleu)

Analyses de sensibilité

Contenants alimentaires

Dans l'étude Signature Pack, une analyse de sensibilité est effectuée sur l'allocation des impacts et bénéfices du recyclage et de l'incinération, avec une application d'un facteur de 100%. Tous les impacts et bénéfices sont donc alloués au produit étudié. Une seconde analyse est effectuée sur les taux de recyclage en fin de vie. **Dans les deux cas, les résultats obtenus ne changent pas les conclusions de la comparaison des briques.**

Dans l'étude Tetra Pack, l'application du facteur de 100% sur l'allocation des impacts et bénéfices sur la fin de vie est aussi analysée, débouchant sur **la même conclusion**. Deux scénarii supplémentaires sont évalués, l'un avec une réduction de la masse des bouteilles HDPE, et l'autre en utilisant la donnée bioPE fournie par Braskem :

- dans le cas d'une **réduction de la masse**, les impacts des bouteilles diminuent, **mais la répartition des impacts reste identique**
- l'**utilisation de la donnée Braskem** pour la modélisation des briques démontre une augmentation du bénéfice sur les indicateurs pour lesquels la brique biosourcée était déjà meilleure, et une diminution de l'écart sur ceux pour lesquels elle était plus impactante. **Les conclusions restent les mêmes,**

excepté sur l'indicateur formation d'ozone photochimique pour lequel la brique biosourcée devient moins impactante que la brique pétrosourcée.

D'après l'étude, cela démontre que le choix de l'inventaire du bioPE dans le cadre d'une étude en « cadre-to-gate » sur le marché norvégien n'est pas significatif, excepté sur les indicateurs changement climatique et formation d'ozone photochimique.

Sacs

Plusieurs analyses de sensibilité ont été réalisées :

- sur le type de fin de vie appliqué, qui conclut que le recyclage des plastiques PEBD (biosourcé et pétrosourcé) est la solution la moins impactante dans la comparaison entre tous les types de sacs et de fin de vie, et résulte en une différence négligeable entre les deux produits. Pour le sac à base d'amidon, le compostage industriel ou la digestion anaérobique permet un meilleur bilan environnemental qu'en cas d'incinération du PEBD bio et pétrosourcé.

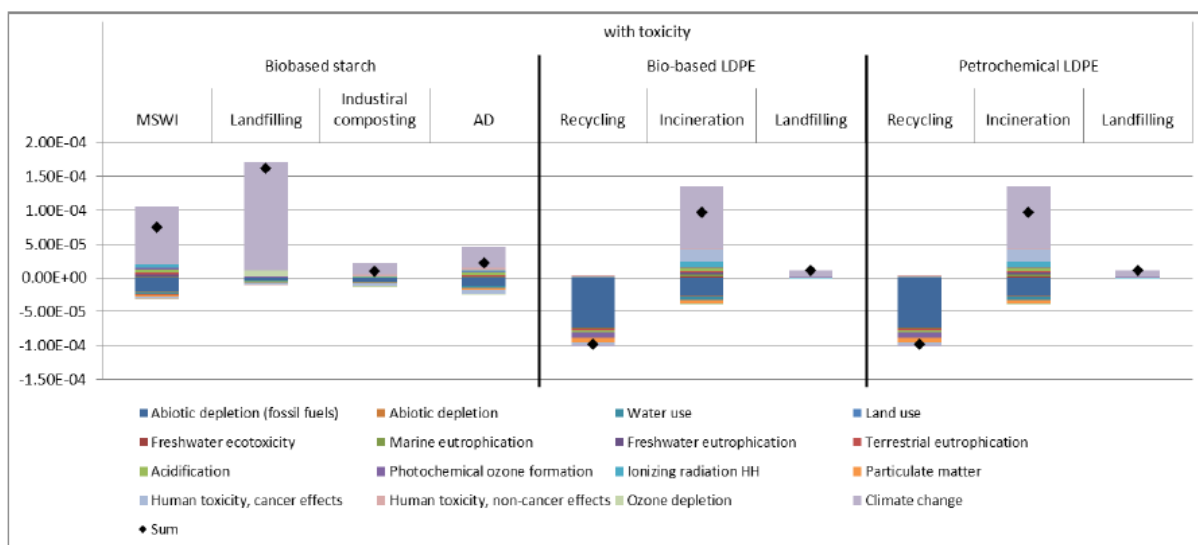


Figure 24 : Résultats pondérés avec toxicité pour les sacs de caisse à usage unique et leurs options de fin de vie individuelles par unité fonctionnelle (AD = digestion anaérobique, MSWI = incinération municipale déchets solides)

- Sur la masse des sacs : cette analyse fait varier la masse entre 14,8g et 20,9g et démontre que cette variation affecte proportionnellement tous les impacts environnementaux évalués. La masse du sac est donc l'un des paramètres les plus sensibles pour l'évaluation environnementale.
- Sur la technologie de compostage : un taux de dégradation plus élevé du plastique biosourcé résulte en une diminution de 4% l'impact total sur le changement climatique.
- La réutilisation des sacs : la réutilisation primaire (i.e. à nouveau X fois comme un sac de caisse, évitant la production de X nouveaux sacs et leur fin de vie) et secondaire (i.e. comme un sac poubelle) permet de diminuer l'impact du sac de manière corrélée au nombre de réutilisation mais ne modifie pas les conclusions en termes d'impact.

Analyses d'incertitude

Sacs

Aucune analyse de Monte-Carlo n'est réalisée dans le cadre de cette étude. Des discussions sont faites sur les incertitudes liées aux données utilisées, sur le nombre de réutilisation, la prise en compte de l'abandon dans la nature, la performance de la collecte des déchets et des procédés de recyclage et la substitution du LDPE à la suite du recyclage (du fait de la qualité inférieure de la matière).

Conclusions sur les trois cas d'étude « Emballage »

Synthèse par indicateur

Indicateurs sur lesquels l'emballage biosourcé (ou les dans les cas du sac) est meilleur que l'emballage pétrosourcé :

Tetra Pack	Signature Pack scénario Europe	Signature Pack scénario Allemagne	Sacs
Changement climatique			Changement climatique pour sac amidon avec fin de vie 100% compostage industriel et pour sac PEBD biosourcé canne à sucre
Energie totale			
Formation d'ozone photochimique pour les briques sans aluminium			
Eutrophisation aquatique			
Epuisement des ressources minérales et fossiles			Epuisement des ressources abiotiques pour sac PEBD biosourcé canne à sucre
Energie non-renouvelable			NREU pour sac PEBD biosourcé canne à sucre

Indicateurs sur lesquels l'emballage biosourcé est pire que l'emballage pétrosourcé :

Signature Pack scénario Europe	Signature Pack scénario Allemagne	Tetra Pak	Sacs
<i>aucun</i>	<i>aucun</i>	Epuisement des ressources minérales et fossiles (pour sac : valable uniquement pour le sac PEBD canne à sucre)	
		Energie non-renouvelable (pour sac valable uniquement pour le sac PEBD canne à sucre)	
		Acidification	
		Eutrophisation terrestre	
		Formation d'ozone photochimique (pour sac : valable uniquement pour le sac PEBD canne à sucre)	
		Eutrophisation aquatique	
		Epuisement de la couche d'ozone	
		Toxicité humaine	
		Rareté de la ressource en eau (valeur uniquement indicative)	
		Usage de la nature – Potentiel de distance à la nature	
			Changement climatique pour sac amidon avec fin de vie scénario actuel Europe
			Eutrophisation marine
			Emission de particules

Indicateurs sur lesquels la différence entre l'emballage biosourcé et l'emballage pétrosourcé est non significative :

Tetra Pak	Signature Pack scénario Europe	Signature Pack scénario Allemagne	Sacs
<i>aucun</i>	Acidification		
	Formation d'ozone photochimique pour les briques avec aluminium		Formation d'ozone photochimique pour le sac amidon
	Epuisement de la couche d'ozone		
	Eutrophisation terrestre		
	Toxicité humaine		
			NREU pour sac amidon
		Epuisement des ressources abiotiques (minérales et fossiles) pour sac amidon	

Les résultats des deux études sur les contenants alimentaires montrent un bénéfice environnemental à l'utilisation des plastiques biosourcés sur les indicateurs changement climatique et CED, énergie totale. Sur le changement climatique, cela est lié à la prise en compte du carbone biogénique qui est absorbé durant la phase d'amont agricole. Le biosourcé ressort également comme plus performant sur le changement climatique pour les sacs en amidon sous condition d'une fin de vie compostage industriel, et pour le sac PEBD biosourcé.

Pour les contenants alimentaires, sur la plupart des autres indicateurs, les conclusions sont tranchées dans chacune des études contenants alimentaires, mais opposées.

L'origine et la génération de la matière première sont des critères essentiels : l'utilisation d'une biomasse de 1^{ère} génération, i.e. d'une biomasse issue directement d'un amont agricole, et qui aurait pu être destinée à l'alimentation humaine, engendre plus d'impact que l'utilisation d'une biomasse de 2^{ème} génération, i.e. d'une biomasse indirectement issue d'un amont agricole, non alimentaire.

On constate en effet que dans l'étude Signature Pack, le plastique biosourcé avec une biomasse de 2^{ème} génération mettant à profit des co-produits de l'industrie papetière ressort plus performant sur la majorité des indicateurs. A l'inverse, dans l'étude Tetra Pak et pour les sacs, le plastique biosourcé de première génération (utilisation de canne à sucre, ou de maïs / pomme de terre pour obtenir de l'amidon, qui pourraient avoir un usage alimentaire) ressort globalement plus impactant.

En synthèse :

- **La réduction de la masse permet globalement un bénéfice environnemental**
- **Le scénario de fin de vie peut changer les résultats de manière significative notamment à cause des émissions du carbone biogénique lors de l'incinération**
- **L'utilisation de biomasse de 1^{ère} génération et de 2^{ème} génération génère une différence notable dans les impacts (visible dans les études brique/bouteille mais non étudiée dans le secteur transport dans laquelle seule de la biomasse de 2^{ème} génération est utilisée)**
- **Pas de généralités ou de tendances claires transverses aux secteurs, excepté sur le changement climatique, le biosourcé présente une tendance à être plus performant que le non biosourcé**

E.6 Conclusion et enseignements

Il ressort des analyses critiques que l'origine de de la biomasse est un facteur déterminant de l'impact d'un produit biosourcé. Les études conduites sur les contenants types briques montre que l'utilisation d'un coproduit de l'industrie papetière pour la production d'un plastique biosourcé est moins impactant qu'une biomasse de type canne à sucre. Si l'analyse critique de cas d'étude d'ACV ne permet donc pas de conclure de manière systématique sur une meilleure performance environnementale des produits biosourcés sur l'ensembles des critères d'impact, elle a permis de faire ressortir deux facteurs influençant fortement l'ACV de produits biosourcés : l'origine de la matière et les conditions de fins de vie. Les cas d'étude ont permis de comparer l'impact de différentes origines/ natures de biomasse sur l'ACV d'un même produit et notamment entre l'utilisation d'une biomasse de 1^{ère} génération et d'une biomasse de 2^{nde} génération. Ce type d'analyse critique gagnerait à être élargie en comparant l'impact d'une même matière première biosourcée, mais avec des origines différentes pour un même produit (par exemple, un même matériau biosourcé produit à partir de sucre brésilien et européen) afin d'évaluer l'impact des conditions de cultures.

F. Conditions de développement des matériaux biosourcés et recommandations liées

L'objectif de cette partie est :

- *d'identifier les conditions favorables et défavorables au développement des matériaux biosourcés.*
- *d'élaborer des recommandations à destination des industriels sur les points d'attention sur lesquels cibler les efforts à l'avenir en vue de permettre l'intégration et la généralisation de l'usage des matériaux biosourcés dans le domaine du BTP, des Transports et de l'Emballage.*

A ce titre 3 ateliers, un par secteur couvert, ont été organisés.

F.1 Bâtiment

Rappel du contexte de ce secteur

La présente étude a permis, dans un premier temps, de montrer que les matériaux biosourcés hors plastiques bénéficient des réglementations thermiques et environnementales dans le bâtiment. Ainsi les isolants ou les bétons ont une croissance annuelle importante de plus de 10 % par an, en forte augmentation depuis 2 ans.

L'analyse des labels et bases de données a, ensuite, mis en avant le secteur du bâtiment comme une exception dans la standardisation des données environnementales. En effet, il en existe en 2021 des milliers rassemblées dans la base de données INIES.

Cette ressource d'information est très spécifique au secteur du bâtiment et permet d'avoir des données environnementales sur certains matériaux de construction à base de matières biosourcées. Néanmoins, en proportion, les données relatives aux produits biosourcés sont relativement faibles par rapport aux produits conventionnels. Pour celles qui existent, en raison notamment de la confidentialité, les informations fournies sont limitées et ne permettent pas d'analyser finement des produits entre eux. Cette comparaison est d'autant plus compliquée que le caractère multifonctionnel des produits la rend parfois non pertinente.

Un bénéfice global de l'intégration de matières biosourcées dans les produits du bâtiment est donc complexe à transcrire en comparaison avec les matériaux traditionnels.

Néanmoins, l'ACV dynamique introduit dans la RE2020 renforce l'idée du stockage carbone et des ACV Bâtiment contenant une part importante de matériaux biosourcés permettront de diminuer les impacts environnementaux..

Enjeux clés identifiés en attentes de préconisations

1. Comment améliorer la disponibilité des données (environnementales, techniques) pour les produits biosourcés ?
2. Comment diffuser les connaissances de ces produits pour tous (prescripteurs, poseurs, utilisateurs) ?

Elaboration des recommandations

Ensemble des recommandations et pistes d'action en vue de permettre l'intégration et la généralisation de l'usage des matériaux biosourcés dans ce secteur

L'atelier national de travail sur les actions à mettre en œuvre pour le développement des usages des matériaux biosourcés et des « réflexes spécifiques à mettre en œuvre lors de l'acte d'achat » pour le secteur du bâtiment a réuni le 1^{er} septembre, 13 acteurs de la filière avec RECORD, l'ADEME, Sika, la CAVAC, la FIPEC, Vicat, le Pôle IAR et le Pôle Fibres, le CODEM/FRD, Bouygues Construction, la SNCF, Pavatex et l'ACDV.

Les débats des participants, l'analyse croisée des informations à l'issue de cet atelier et des données collectées lors des étapes préliminaires de l'étude nous ont permis d'identifier 5 propositions d'actions significatives priorisées de la manière suivante, dans une logique court / moyen / long terme :

Intitulé de l'action	Objectifs de l'action	Intérêt de l'action	Incidence de l'action	Délai	Partenaires potentiels
Mettre en avant la multifonctionnalité des produits biosourcés	Promouvoir des produits biosourcés en mettant en avant leurs avantages lorsqu'ils sont multifonctionnels	Améliorer la connaissance de produits biosourcés par les acteurs	Moyenne	Moyen terme	Bureaux d'étude, Maîtres d'ouvrages, ADEME, Pôle IAR, Interprofessions, Centres techniques...
Former les parties prenantes	Etablir des formations pour permettre la bonne utilisation de ces matériaux en conception et pose	Permettre l'appropriation des produits biosourcés par tous les acteurs du bâtiment	Forte	Long terme	Organismes publics, Fédérations, maître d'ouvrage, fabricants, Interprofessions (CF2B, AICB...), Centres techniques...
Faciliter leur utilisation dans les marchés publics	Généraliser la diffusion de clauses facilitant l'emploi des matériaux biosourcés dans le respect du code des marchés publics & leur mise en œuvre	Fluidifier l'utilisation de ces matériaux par les maîtres d'ouvrages publics en simplifiant leur intégration dans les CCTP notamment	Forte	Moyen terme	ADEME, DHUP, Ministère de l'économie AICB, CF2B Pôles de compétitivité et Clusters dédiés au Bâtiment et à la bioéconomie
Disponibilité des documents techniques	Multiplier les ATec/ATEX et mieux faire connaître la portée des Atec/ATEX existantes	Être sur un pied d'égalité avec d'autres produits	Forte	Court terme	Fabricants, Fédérations, AICB, CF2B, contrôleurs techniques, ADEME, Collectivités territoriales...
Lisibilité environnementale de la filière d'approvisionnement agricole	Améliorer la disponibilité des données de la filière amont pour évaluer au mieux l'impact environnemental du biosourcé	Permettre une évaluation détaillée et donc une comparaison non biaisée entre produits biosourcés et autres	Forte	Moyen terme	Fédérations, AICB, CF2B, fabricants et sous-traitants, ADEME & INRAE (Agribalyse)...

Figure 25 – Tableau de bord des recommandations issues de l'atelier « bâtiment » du 1^{er} septembre 2021

Les recommandations formulées ont plusieurs finalités :

- La première, est d'être sur un pied d'égalité avec d'autres matériaux de construction
- La deuxième, de mettre en avant les avantages intrinsèques des produits biosourcés
- La troisième, est de faire connaître les produits biosourcés

L'ensemble des fiches actions formalisées et détaillées par ordre de priorité sont détaillées ci-après.

Action 1 – Mettre en avant la multifonctionnalité des produits biosourcés	
Objectif(s) : Promouvoir les produits biosourcés en mettant en avant leurs avantages lorsqu'ils sont multifonctionnels	
Constat et enjeu(x) observé(s) : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Les gains de la multifonctionnalité ne sont pas connus à l'échelle du bâtiment, ce qui pénalise la prescription du biosourcé ▪ Les outils de calcul fournis par le Ministère ne sont pas adaptés à ces cas particuliers (ex : isolants) 	
Incidence (fort, moyen, faible) : Moyen	Délai (court, moyen, long terme) : Moyen terme
Gains attendus : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Demande croissante en biosourcé grâce à une meilleure communication sur la plus-value du matériau ▪ Meilleure évaluation du gain environnemental du biosourcé à l'échelle du bâtiment 	
Obstacles prévus lors de la mise en place : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Outils de calcul actuels non adaptés et manque de connaissance pour les corriger ▪ Peu de retours techniques de terrain sur les performances réelles des produits (mesures) ▪ Faire attention à ne pas être dans la posture de plus demander à un matériau biosourcé qu'à un matériau conventionnel (voir action 5) 	
Description (étapes clefs de mise en œuvre) : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fournir des éléments à intégrer dans les moteurs de calcul à partir de mesures de performances réelles ▪ Construire un argumentaire adapté par famille, à diffuser via un panorama des technologies existantes et de leurs performances en rassemblant les rapports d'expérimentations comparant les produits biosourcés et conventionnels à l'échelle de la paroi ▪ Construire une liste des innovations qui ne sont pas valorisées dans les mesures classiques 	
Acteurs leaders (acteurs porteurs de l'action et partenaires potentiels) : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bureaux d'Etudes, laboratoires ▪ Maîtres d'ouvrage ▪ ADEME, Pôle IAR, Interprofessions, Centres techniques... pour diffuser les connaissances acquises 	

Action 2 – Former les parties prenantes	
Objectif(s) : Etablir des formations pour permettre la bonne utilisation de ces matériaux en conception et pose	
Constat et enjeu(x) observé(s) : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Une meilleure connaissance des biosourcés par tous est nécessaire pour développer la filière car les produits sont encore mal connus que ce soit en matière d'usage, de coût, de conditions d'utilisation, d'assurabilité... ou de pose notamment 	
Incidence (fort, moyen, faible) : Forte	Délai (court, moyen, long terme) : Long terme
Gains attendus : Meilleure connaissance des produits biosourcés par tous donc moins de surcoûts et de réticences	
Obstacles prévus lors de la mise en place : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Difficulté de casser les habitudes ▪ Coût des formations et disponibilité des acteurs (exemple des artisans) 	
Description (étapes clefs de mise en œuvre) : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Identifier les parties prenantes pour établir les formations afin de les cibler par typologie d'acteurs : Maître d'ouvrage & Maître d'œuvre, professionnels de la pose... 	

Action 2 – Former les parties prenantes

- Créer et animer les formations ; renforcer la promotion et la diffusion des formations existantes...

Acteurs leaders (acteurs porteurs de l'action et partenaires potentiels) :

- Fournisseurs et distributeurs de matériaux
- Maîtres d'ouvrage
- Artisans, fédérations et écoles
- Fabricants, Interprofessions (CF2B, AICB...), Centres techniques, Organismes de formation...

Action 3 – Faciliter leur utilisation dans les marchés publics

Objectif(s) : Généraliser la diffusion de clauses facilitant l'emploi des matériaux biosourcés dans le respect du code des marchés publics & leur mise en œuvre

Constat et enjeu(x) observé(s) :

- Un certain nombre de maîtres d'ouvrages sont limités dans leur volonté d'utiliser les matériaux biosourcés par le respect des trois principes fondamentaux de la commande publique : liberté d'accès à la commande publique, égalité de traitement des candidats et transparence des procédures.
- La rédaction de clauses le permettant n'est pas intuitif et demande de disposer a minima de boîte à outils robustes et en général d'un appui technique. En effet soit ces matériaux ne sont pas suffisamment connus, soit les clauses elles-mêmes permettant leur utilisation.

Incidence (fort, moyen, faible) : Forte

Délai (court, moyen, long terme) : Moyen terme

Gains attendus :

Faciliter au sens de fluidifier l'utilisation de ces matériaux par les maîtres d'ouvrages publics en simplifiant leur intégration dans les Cahiers des Clauses Techniques Particulières notamment.

Obstacles prévus lors de la mise en place :

- Multiplicité des acteurs à former
- Méconnaissance des clauses dédiées parfois anciennes

Description (étapes clefs de mise en œuvre) :

- Recensement des boîtes à outils existantes
- Capitalisation de ces boîtes à outils
- Promotion des bonnes pratiques et diffusion de ces boîtes à outils
- Formation ciblée des acteurs de la commande publique

Acteurs leaders (acteurs porteurs de l'action et partenaires potentiels) :

- ADEME, DHUP, Ministère de l'économie
- AICB, CF2B
- Pôles de compétitivité et Clusters dédiés au Bâtiment et à la bioéconomie

Action 4 – Disponibilité des documents techniques

Objectif(s) : Multiplier les Atec/ATEX pour faire augmenter la demande en biosourcé et mieux faire connaître la portée des Atec/ATEX existantes

Constat et enjeu(x) observé(s) :

- L'indisponibilité d'ATEc/ATEX a des conséquences importantes pour le développement de la filière : sans ces documents, les produits biosourcés sont moins prescrits car moins faciles à assurer.
- Parfois même les ATEc/ATEX existants ou les Règles Professionnelles sont mal interprétés par méconnaissance des matériaux biosourcés, dans un secteur connu pour sa frilosité assurantielle

Incidence (fort, moyen, faible) : Fort

Délai (court, moyen, long terme) : Court terme

Gains attendus :

- Faire augmenter la prescription en réduisant le risque assurantiel associé par la généralisation des produits sous ATEc/ATEX, l'amélioration de la connaissance de la portée de ces ATEc/ATEX ou des

Action 4 – Disponibilité des documents techniques
Règles Professionnelles existantes dans le domaine de la construction en chanvre et de la construction en paille.
Obstacles prévus lors de la mise en place :
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coût et délai pour avoir des ATec/ATEX (et coûts des autres documents associés : essai feu, etc.) Propriété des ATEX qui peuvent ne pas être détenus par les producteurs
Description (étapes clefs de mise en œuvre) :
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evaluer les moyens de subventionner la réalisation de ces documents avec la perspective de la RE2020 ▪ Regrouper les demandes à travers des démarches collectives ▪ Sensibiliser les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'œuvre
Acteurs leaders (acteurs porteurs de l'action et partenaires potentiels) :
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fabricants ▪ Fédérations, AICB, CF2B ▪ Contrôleurs techniques ▪ ADEME, collectivités territoriales

Action 5 – Lisibilité environnementale de la filière d'approvisionnement agricole	
Objectif(s) : Améliorer la disponibilité des données de la filière amont agricole pour évaluer au mieux l'impact environnemental du biosourcé, et ainsi l'objectiver par rapport à un équivalent conventionnel	
Constat et enjeu(x) observé(s) :	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'indisponibilité de certaines données a des conséquences importantes pour le développement de la filière : non utilisation du biosourcé ou pénalisation. Le contenu massique en biosourcé peut être un critère mais celui-ci n'est pas toujours évaluable. 	
Incidence (fort, moyen, faible) : Fort	Délai (court, moyen, long terme) : Moyen terme
Gains attendus :	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Meilleure connaissance des produits agricoles ▪ Possibilité de répondre à la demande sur l'impact environnemental et le contenu biogénique des produits et ainsi faire augmenter la prescription 	
Obstacles prévus lors de la mise en place :	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Difficulté de faire le lien entre producteur de matériaux biosourcés et la filière agricole car le recours à des sous-traitants et autres intermédiaires est courant ▪ Les données pourraient ne pas être transmises à cause de leur caractère confidentiel 	
Description (étapes clefs de mise en œuvre) :	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Intégration des fournisseurs dans les fédérations et sensibilisation aux enjeux ▪ Accompagnement des producteurs dans la collecte de leurs données ▪ Appropriation des bases de données spécialisées 	
Acteurs leaders (acteurs porteurs de l'action et partenaires potentiels) :	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fédérations, AICB, CF2B ▪ Fabricants et sous-traitants ▪ ADEME & INRAE (Agribalyse) 	

F.2 Transport

Rappel du contexte de ce secteur

L'étude a permis de faire un état des lieux de la réalité des matériaux biosourcés dans le secteur des transports, de leur assertion environnementale et de la réalité de leur valorisation en fin de vie.

Si les développements sont réels, significatifs et anciens (10 à 40 ans d'existence), ils sont encore :

- Concentrés principalement dans le secteur automobile (pièces injectées en fibres végétales ou polyamide, pièces thermocompressées en fibres végétales, et plus récemment composites à fibres continues),
- Et produits pour être exportés en particulier à l'échelle de l'Europe.

Les flux en fin de vie sont donc faibles et diffus, et les expériences industrielles ont montré en l'état leur compatibilité avec les filières de fin de vie existantes.

Tous les efforts de la filière matériau biosourcé française visent à traduire ces succès dans d'autres secteurs applicatifs. Après plus de 10 ans d'efforts, ces produits semblent commencer à se généraliser dans le secteur du nautisme à l'image de l'annonce par le navigateur Roland Jourdain qu'il ferait la route du Rhum 2022 avec un bateau en lin. Ils restent encore exploratoires voir anecdotiques dans le domaine du ferroviaire et de l'aéronautique en dépit de démonstrateurs significatifs issus des travaux d'innovation de ces dernières années.

Contrairement au bâtiment où il est progressivement devenu obligatoire d'utiliser des outils d'analyse de cycle de vie adaptés à ses spécificités au travers des FDES, de respecter des procédures contradictoires avec la réalisation de revue critique et leur dépôt sur des bases de données publiques au travers de la base INIES, le secteur des transports n'a pas suivi la même voie. Les ACV réalisées sont nombreuses, mais issues :

- Soit de la volonté des industriels producteurs de matériaux biosourcés sans que les données soient publiques ou le fruit de revue critique,
- Soit de projets de recherche dont les résultats sont fréquemment confidentiels.

Si les financements publics d'opérateurs tels que l'ADEME sont progressivement conditionnés par la réalisation de démarche d'écoconception et d'ACV, la publication et/ou le dépôt de données d'ACV même partielles ne sont pas demandés.

Enjeux clés identifiés en attentes de préconisations

1. Comment améliorer la disponibilité des données (environnementales, techniques, fin de vie) pour les matériaux biosourcés dans le secteur des transports ?
2. Comment diffuser les réussites commerciales ou les démonstrateurs significatifs pour tous les acteurs des chaînes de valeur plasturgie et composites pour applications transports ?

Elaboration des recommandations

Ensemble des recommandations et pistes d'action en vue de permettre l'intégration et la généralisation de l'usage des matériaux biosourcés dans ce secteur

L'atelier national de travail sur le secteur des transports a réuni le 2 septembre 20 acteurs de la filière avec ADEME, SNCF, Renault, Stellantis, Alstom, APM, Addiplast, Ecotechnilin, Arkema, Université Bretagne Sud, Ecole des Mines d'Alès, Gallo Recycling, Pellenc, Record, FRD, CODEM et le Pôle IAR.

Les débats des participants, l'analyse croisée des informations à l'issue de cet atelier et des données collectées lors des étapes préliminaires de l'étude nous ont permis d'identifier 6 propositions d'actions significatives priorisées de la manière suivante, dans une logique court / moyen / long terme :

Intitulé de l'action	Objectifs de l'action	Intérêt de l'action	Incidence de l'action	Délai	Partenaires potentiels
Renforcer les bases de données publiques d'ACV dans le domaine des matériaux biosourcés pour le transport	Favoriser l'accès aux données d'impacts environnementaux permettant de renforcer la crédibilité de ces matériaux et des filières liées	Argumenter objectivement la performance environnementale des matériaux biosourcés utilisés / utilisables dans le secteur des transports	Forte	Court terme	Industriels, Cabinets d'ACV, Centres techniques, Pôles de compétitivité, ADEME, Collectivités territoriales...
Développer des indicateurs simplifiés fiables de performance environnementale	Permettre aux utilisateurs finaux du secteur de pouvoir étayer leurs choix sur des critères globaux ne demandant pas systématiquement la réalisation d'ACV.	Disposer d'indicateur simplifié ou label gage de sérieux permettant d'éviter à l'idéal de refaire systématiquement des ACV	Moyenne	Moyen terme	ADEME, Interprofessions, Pôles de compétitivité, Industriels, Cabinets d'ACV, Centres techniques...
Promouvoir les réalisations et travaux existants sur la fin de vie des pièces automobiles biosourcées	Faire connaître les réalisations qui répondent à la plupart des questions habituellement posées (craintes, solutions opérationnelles...) auprès des professionnels du secteur des transports	Valoriser les bases d'expériences et de connaissances existantes	Forte	Court terme	Faurecia, APM, Ecotechnilin, Constructeurs automobiles, Pôles de Compétitivité (IAR...), Centres techniques, Acteurs académiques, ADEME...
Relancer des actions sur la connaissance de la fin de vie de ces matériaux	Garantir que la fin de vie des matériaux mis en marché sont compatibles avec les filières de fin de vie existantes dans les transports	Clarifier ce qu'il reste à faire à l'échelle industrielle	Forte	Long terme	Industriels, Acteurs académiques, Centres techniques, Pôles de compétitivité, ADEME...
Valoriser les avantages différenciants des matériaux biosourcés en dehors de l'allègement	Valoriser les avantages connus et poursuivre la recherche d'avantages différenciants	Couvrir des champs nouveaux tels que le design, la facilité de pose, l'amortissement des vibrations, les performances acoustiques...	Moyen	Moyen terme	Industriels, Acteurs académiques, Centres techniques, Pôles de compétitivité, ADEME...
Améliorer la compréhension des limites techniques des matériaux produits	Permettre aux industriels finaux de mieux appréhender les possibilités d'usage et aider si nécessaire en ouvrant de nouvelles	Disposer d'une meilleure connaissance des limites d'usage, de leur réparabilité, de leur tenue d'aspect (design) dans le temps	Moyen	Moyen terme	Industriels, Acteurs académiques, Centres techniques, Pôles de compétitivité, ADEME...

Figure 26 – Tableau de bord des recommandations issus de l'atelier « transport » du 2 septembre 2021

Les recommandations formulées ont plusieurs finalités :

- La première, est de mieux appréhender les impacts environnementaux de ces matériaux
- La deuxième, de ne pas impacter les filières de fin de vie existante pour le secteur des transports

- La troisième, est de faire connaître les produits biosourcés et de valoriser leurs propriétés différenciantes

Les participants ont réaffirmé la nécessité de placer l'écoconception et l'économie circulaire au cœur des processus de réflexion liés à l'utilisation des matériaux dans le secteur des transports.

L'ensemble des fiches actions formalisées et détaillées par ordre de priorité sont détaillées ci-après.

Action 1 - Renforcer les bases de données publiques d'ACV dans le domaine des matériaux biosourcés pour le secteur des transports	
Objectif(s) : Favoriser l'accès aux données d'impacts environnementaux permettant de renforcer la crédibilité de ces matériaux et des filières liées	
Constat et enjeu(x) observé(s) :	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les ACV réalisées dans le secteur des transports sont le fruit d'initiatives privées ou conduites dans le cadre de projets d'innovation. Le nombre de matériaux mis en marché étant restreint, de fait très peu d'ACV avec revue critique sont disponibles et pas toujours adaptées à la diversité des technologies et matières utilisées par l'industrie des transports. ▪ La chaîne des étapes de réalisation / vérification / capitalisation / diffusion de ces ACV n'a pas été organisée sur le modèle du secteur du Bâtiment qui après plusieurs années d'organisation, d'adaptation... et d'évolution des réglementations dispose aujourd'hui de règles permettant de rendre accessible de manière obligatoire des bases de données conséquentes vérifiées et publiques. ▪ Les utilisateurs finaux souhaitent disposer d'un nombre de données d'ACV/ICV suffisants afin de pouvoir envisager l'utilisation de ce type de données. 	
Incidence (fort, moyen, faible) : Forte	Délai (court, moyen, long terme) : Court terme
Gains attendus :	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Meilleure connaissance de l'impact des matériaux biosourcés disponibles ▪ Possibilité de répondre à la demande sur l'impact environnemental et le contenu biogénique des produits et ainsi faire augmenter la prescription 	
Obstacles prévus lors de la mise en place :	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nombre de solutions et/ou d'acteurs restreints posant des questions de confidentialité 	
Description (étapes clefs de mise en œuvre) :	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Soutien public à la réalisation d'ACV type sur le modèle de « l'ACV comparative de panneaux de portes automobiles biosourcés (PP/fibres de lin et de chanvre) et pétrosourcés (ABS) » publié par l'ADEME en 2017. ▪ Accompagnement des industriels à la réalisation de revue critique et à la publication de leurs ACV dans des conditions compatibles avec le respect de la confidentialité de leur process. ▪ Etude de l'intérêt / faisabilité que certaines données d'ACV issues des projets d'innovation bénéficiant de fond public soient capitalisées notamment dans des bases de données d'ACV/ICV existantes. 	
Acteurs leaders (acteurs porteurs de l'action et partenaires potentiels) :	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Industriels, ▪ Cabinets d'ACV, Centres techniques, Pôles de compétitivité, ▪ ADEME, Collectivités territoriales... 	

Action 2 : Développer des indicateurs simplifiés fiables de performance environnementale	
Objectif(s) : Permettre aux utilisateurs finaux du secteur de pouvoir étayer leurs choix sur des critères globaux ne demandant pas systématiquement la réalisation d'ACV.	
Constat et enjeu(x) observé(s) :	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pour guider leur choix de se positionner ou pas sur les matériaux biosourcés les industriels des transports n'ont pas les moyens systématiquement de réaliser des ACV. ▪ Les ACV sont des outils puissants, dont la réalisation est normée à l'échelle internationale, mais ne prenant pas forcément en compte tous les critères d'intérêt. ▪ Certains industriels sont demandeurs d'outils simplifiés permettant de se centrer sur certains critères tels que l'impact carbone, la durabilité de la ressource en biomasse utilisée, la recyclabilité de ces solutions et leur compatibilité avec les filières de fin de vie existantes. 	

Action 2 : Développer des indicateurs simplifiés fiables de performance environnementale

Incidence (fort, moyen, faible) : Moyenne

Délai (court, moyen, long terme) : Moyen terme

Gains attendus :

- Disposer d'indicateurs simplifiés facilitant les prises de décision évitant la réalisation systématique d'ACV
- Possibilité de répondre à la demande sur l'impact environnemental et le contenu biogénique des produits et ainsi faire augmenter la prescription

Obstacles prévus lors de la mise en place :

- Il n'est pas toujours évident de disposer d'indicateurs simples résumant la complexité des solutions et de leur impact.

Description (étapes clefs de mise en œuvre) :

- Définition des indicateurs à retenir (impact carbone, la durabilité de la ressource en biomasse utilisée, non concurrence avec les usages alimentaires, recyclabilité de ces solutions et compatibilité avec les filières de fin de vie existantes...)
- Identification des outils de mesures et de leur robustesse
- Réflexion sur les modalités de constitution de ces indicateurs en lien avec l'action 1, voir la création d'un label dédié

Acteurs leaders (acteurs porteurs de l'action et partenaires potentiels) :

- ADEME
- Interprofessions, Pôles de compétitivités, Industriels...
- Cabinets d'ACV, Centres techniques...

Action 3 : Promouvoir les réalisations et travaux existants sur la fin de vie des pièces automobiles biosourcées

Objectif(s) : Faire connaître les réalisations qui répondent à la plupart des questions habituellement posées (craintes, solutions opérationnelles...) auprès des professionnels du secteur des transports

Constat et enjeu(x) observé(s) :

- Un certain nombre d'industriels de la filière ont de fortes interrogations sur la capacité des matériaux biosourcés à s'insérer dans les filières de fin de vie : dispose-t-on de solutions industrielles de fin de vie pour ces matériaux démontrées et opérationnelles ? Ces nouvelles matières ne polluent-elles pas les polymères recyclés lors de la phase de tri ? Quel est le comportement des fibres végétales (température, odeur) issues de la filière de tri post broyage pour une utilisation en injection ? Quel est le risque de pollution par les huiles / essence du PP recyclé du fait de la présence de fibres végétales (odeur, processabilité) ?
- Face à ces interrogations, des industriels comme Faurecia, APM, Ecotechnilin et de nombreux laboratoires académiques ont conduit plusieurs projets opérationnels ou scientifiques au cours des 15 dernières années faisant la démonstration effective du comportement de ces matériaux en situation industrielle ou de laboratoire.

Incidence (fort, moyen, faible) : Forte

Délai (court, moyen, long terme) : Court terme

Gains attendus :

- Réponses aux interrogations usuelles liées à l'arrivée sur le marché de ce type de nouvelles matières
- Valoriser les bases d'expériences et de connaissances existantes

Obstacles prévus lors de la mise en place :

- Aucun

Description (étapes clefs de mise en œuvre) :

- Capitalisation des travaux réalisés dans le cadre de documents de communication
- Mise en place d'une stratégie de communication / promotion des résultats dans le cadre de journées techniques professionnelles ciblées

Acteurs leaders (acteurs porteurs de l'action et partenaires potentiels) :

- Faurecia, APM, Ecotechnilin, Constructeurs automobiles...
- Pôles de Compétitivité (IAR...), Centres techniques, Acteurs académiques...

Action 3 : Promouvoir les réalisations et travaux existants sur la fin de vie des pièces automobiles biosourcées

- ADEME, pouvoirs publics...

Action 4 - Relancer des actions sur la connaissance de la fin de vie de ces matériaux

Objectif(s) : Garantir que la fin de vie des matériaux mis en marché soit compatible avec les filières de fin de vie existantes dans les transports

Constat et enjeu(x) observé(s) :

- Les industriels des secteurs des transports et du recyclage ont bâti des filières dédiées
- L'enjeu a minima est de ne pas les perturber par de nouvelles matières non compatibles.

Incidence (fort, moyen, faible) : Forte

Délai (court, moyen, long terme) : Long terme

Gains attendus :

- Anticiper l'arrivée à long terme des matériaux biosourcés (18 ans pour les VHU, 40 ans pour les trains...)

Obstacles prévus lors de la mise en place :

- Anticipation des matériaux biosourcés qui vont se développer dans le secteur des transports

Description (étapes clefs de mise en œuvre) :

- Définition des matériaux biosourcés à retenir
- Soutien à la réalisation d'actions d'expérimentation à l'échelle laboratoire et industrielle
- Capitalisation et dissémination des résultats
- Suivi des travaux dans le cadre de groupes de travaux pluridisciplinaires représentatifs des chaînes de valeur concernées

Acteurs leaders (acteurs porteurs de l'action et partenaires potentiels) :

- Industriels
- Acteurs académiques, Centres techniques
- Pôles de compétitivité
- ADEME...

Action 5 - Valoriser les avantages différenciants des matériaux biosourcés en dehors de l'allègement

Objectif(s) : Valoriser les avantages connus et poursuivre la recherche d'avantages différenciants

Constat et enjeu(x) observé(s) :

- A long terme l'industrie des transports cherche à décarboner son activité
- Les solutions investiguées ne portent plus forcément que sur l'allègement des véhicules, qui est un des premiers critères expliquant les gains environnementaux et notamment carbone apportés par les matériaux biosourcés.
- Par ailleurs les attentes des industriels se diversifient en matière d'aspect et design, la facilité de pose, les performances acoustiques, le développement de l'emploi local...
- Afin de pérenniser l'attractivité de ces solutions dans le domaine des transports il serait nécessaire de capitaliser sur les autres performances apportées par les matériaux biosourcés.

Incidence (fort, moyen, faible) : Moyen

Délai (court, moyen, long terme) : Moyen terme

Gains attendus :

- Couvrir des champs nouveaux tels que le design, la facilité de pose, la réparabilité, l'amortissement des vibrations, les performances acoustiques, la fin de vie (cf. action 3 et 4), l'emploi généré...
- Disposer de données clés facilitant la prescription de ces solutions
- Renforcer les bases de données et les ouvrages existants

Obstacles prévus lors de la mise en place :

- Aucun

Action 5 - Valoriser les avantages différenciants des matériaux biosourcés en dehors de l'allégement

Description (étapes clefs de mise en œuvre) :

- Soutien à la capitalisation des performances différenciantes des matériaux biosourcés : état de l'art, bases de données...
- Soutien à la réalisation d'actions d'innovation permettant de valider les performances différenciantes identifiées dans le secteur des transports
- Promotion de ces travaux dans le cadre de journées techniques, colloques, documents de références...
- Soutien à la réalisation d'outils de vulgarisation : plaquettes, ouvrages...

Acteurs leaders (acteurs porteurs de l'action et partenaires potentiels) :

- Industriels
- Acteurs académiques, Centres techniques
- Pôles de compétitivité
- ADEME...

Action 6 - Améliorer la compréhension des limites techniques des matériaux produits

Objectif(s) : Permettre aux industriels finaux de mieux appréhender les possibilités d'usage et aider si nécessaire en ouvrant de nouvelles

Constat et enjeu(x) observé(s) :

- Les industriels ne connaissant pas les matériaux biosourcés s'interrogent sur leurs limites d'usage : réparabilité ? tenue d'aspect visuel dans le temps ? durée de vie ? ...
- Ces questions bien appréhendées dans les marchés applicatifs existants sont à solutionner afin de répondre aux questions des autres segments d'application s'interrogeant sur leur intérêt et leurs conditions d'emploi.

Incidence (fort, moyen, faible) : Fort

Délai (court, moyen, long terme) : Moyen terme

Gains attendus :

- Disposer d'une meilleure connaissance de ces matériaux permettant leur prescription dans d'autres domaines applicatifs

Obstacles prévus lors de la mise en place :

- Diversité des usages, des technologies et des matières premières (matrices, fibres)

Description (étapes clefs de mise en œuvre) :

- Définition des matériaux biosourcés à retenir
- Soutien à la réalisation d'actions d'expérimentation à l'échelle laboratoire et industrielle
- Capitalisation et dissémination des résultats
- Suivi des travaux dans le cadre de groupes de travaux pluridisciplinaires représentatifs des chaînes de valeur concernées

Acteurs leaders (acteurs porteurs de l'action et partenaires potentiels) :

- Industriels
- Acteurs académiques, Centres techniques
- Pôles de compétitivité,
- ADEME...

F.3 Emballage

Rappel du contexte de ce secteur

L'étude a permis de faire un état des lieux du contexte réglementaire autour des polymères biosourcés utilisables en emballage. La réglementation incite en effet fortement à une réduction de l'usage du plastique (sans exception pour les plastiques biosourcés) et à son réemploi/recyclage. Ce contexte réglementaire incite donc à l'usage de plastiques biosourcés à condition que ces derniers fassent l'objet d'une fin de vie conforme aux objectifs fixés par la réglementation qui privilégie une « stratégie 3R » qui priorise la réduction, le réemploi et ensuite le recyclage. Il existe donc un enjeu fort sur la fin de vie des polymères biosourcés et notamment pour les polymères biosourcés n'ayant pas d'équivalent pétrosourcés et dont les filières de fin de vie spécifiques sont encore émergentes, voire inexistantes.

L'étude a permis de faire état des lieux de la connaissance sur les performances environnementales des polymères biosourcés utilisés dans l'emballage. Cet état des lieux a permis de faire apparaître que les performances en termes d'émissions de CO₂ sont meilleures que pour un équivalent pétrosourcé. Sur les autres performances environnementales, l'analyse fait apparaître que les performances peuvent grandement varier en fonction des biomasses utilisées et de leur condition de culture.

Enjeux clés identifiés en attentes de préconisations

1. Comment mieux diffuser la connaissance sur la terminologie des matériaux biosourcés et de leurs propriétés potentielles (biodégradabilité, compostabilité, caractère méthanisable etc.) ?
2. Comment améliorer la connaissance sur l'intérêt des matériaux biosourcés en termes de fin de vie ?

Elaboration des recommandations

Ensemble des recommandations et pistes d'action en vue de permettre l'intégration et la généralisation de l'usage des matériaux biosourcés dans ce secteur

L'atelier national de travail sur l'emballage a réuni le 9 septembre 13 acteurs de la filière avec Lea Nature, Vegeplast, l'Association française des compostables biosourcés, CTCPA, FNADE, EDF, SUEZ, FRD, TOTAL, Suez, Citeo, Sika et Green Business and Consulting Company, l'ADEME et le pôle IAR.

Les débats des participants, l'analyse croisée des informations à l'issue de cet atelier et des données collectées lors des étapes préliminaires de l'étude nous ont permis d'identifier 3 propositions d'actions significatives prioritaires de la manière suivante, dans une logique court / moyen / long terme :

Intitulé de l'action	Objectifs de l'action	Intérêt de l'action	Incidence de l'action	Délai	Partenaires potentiels
Diffuser la connaissance sur la terminologie des matériaux biosourcés et de leurs propriétés potentielles	Mettre fin à des confusions persistantes sur certaines terminologies	Poser un cadre d'échange commun aux acteurs de la chaîne de valeur	Moyenne	Court terme	ADEME Ensemble des acteurs
Développer et diffuser la connaissance sur la fin de vie possible des matériaux biosourcés et biodégradables	Eclairer les acheteurs sur la réalité des fins de vie possible	Débat persistant sur la réalité de fin de vie de certains matériaux	Faible	Moyen terme	ADEME Acteurs en charge de la fin de vie
Intégrer de nouveaux critères de performances environnementales pour mieux valoriser les spécificités des matériaux biosourcés et biodégradables	Avoir une évaluation de la performances environnementales plus proche de la réalité d'usage des matériaux	Mieux comprendre et mieux valoriser les propriétés de biodégradabilité en cas de fuite de matière	Moyenne	Long Terme	

Figure 27 – Tableau de bord des recommandations issus de l'atelier « emballage » du 9 septembre 2021

Les recommandations formulées ont plusieurs finalités :

- La première, est d'offrir un cadre de définition commun à l'ensemble des acteurs des chaînes de valeur pour leur permettre de communiquer de manière plus fluide
- La deuxième, d'offrir des garanties plus précises sur les possibilités de fin de vie des matériaux biosourcés et biodégradables
- La troisième, de valoriser le caractère biodégradable de certains matériaux biosourcés et biodégradables et notamment dans le cas de fuite de matière

L'ensemble des fiches actions formalisées et détaillées par ordre de priorité sont détaillées ci-après.

Action 1 - diffuser la connaissance sur la terminologie des matériaux biosourcés et de leurs propriétés potentielles	
Objectif(s) : Consolider et diffuser la connaissance sur les polymères biosourcés, les termes associés et les outils de normalisation	
Constat et enjeu(x) observé(s) :	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Il existe des confusions persistantes sur les terminologies associées aux polymères biosourcés telles que les notions de biodégradabilité (industrielle/domestique), de biosourcé et sur les différentes typologies de polymères biosourcés, voire même sur la notion de plastique. 	
Incidence (fort, moyen, faible) : Faible	Délai (court, moyen, long terme) : Court terme
Gains attendus :	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Offrir un cadre de définition commun à l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur pour leur permettre de communiquer de manière plus fluide 	
Obstacles prévus lors de la mise en place :	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Débat persistant sur la signification de certaines normes et la représentativité de certaines normes ▪ Nombreux documents déjà existants sur le sujet produits par différents acteurs ▪ Identifier un acteur neutre et légitime pour porter une telle communication de manière large et objective 	
Description (étapes clefs de mise en œuvre) :	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Faire un état des documents déjà disponibles ▪ Mettre en place une instance multipartite en charge de superviser le contenu de support de communication ▪ Elaborer une stratégie de communication large et ciblée 	
Acteurs leaders (acteurs porteurs de l'action et partenaires potentiels) :	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ ADEME en association avec les associations professionnelles représentant des différents maillons de la chaîne de valeur. 	

Action 2 - Développer et diffuser la connaissance sur la fin vie possible des matériaux biosourcés et biodégradables	
Objectif(s) : Offrir des garanties plus précises sur les possibilités de fin de vie des matériaux biodégradables	
Constat et enjeu(x) observé(s) :	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bien qu'un certain nombre de recommandations officielles ont vu le jour sur la fin de vie de polymères biosourcés et biodégradables, des débats sont toujours persistants sur la réalité de la fin de vie possibles de ces matériaux. Les points débats : <ul style="list-style-type: none"> ○ Représentativité des normes de biodégradabilités par rapport aux conditions réelles ○ Comportement des polymères biosourcés et biodégradables dans les filières de valorisation de déchets organiques et conditions pour y intégrer ces polymères ○ Absence de normes pour certaines voies de valorisation comme la méthanisation <p>⇒</p>	
Incidence (fort, moyen, faible) : Forte	Délai (court, moyen, long terme) : Moyen terme
Gains attendus :	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Améliorer les possibilités de fin de vie des polymères biosourcés 	

Action 2 - Développer et diffuser la connaissance sur la fin vie possible des matériaux biosourcés et biodégradables

Obstacles prévus lors de la mise en place :

- Acteurs aval (collecte et gestion des biodéchets) ont déjà des prises de position sur la fin de vie de ces polymères
- Acteurs publics (Commission Européenne, ADEME) semblent avoir déjà statué sur le sujet à partir de différentes études. Des consultations sont en cours notamment pour alimenter la "stratégie 3R" prévue en février/mars 2022. Les différentes opinions sur la question sont représentées.

Description (étapes clefs de mise en œuvre) :

- Faire un état des lieux des points de débat
- Faire un état des lieux des expériences terrains (expériences déjà réalisées sur la fin de vie des polymères biodégradables en compostage et en méthanisation et condition technique d'intégration dans ces voies de valorisations)
- Etudier des filières de valorisation des polymères biodégradables à l'étranger (Italie et Espagne)
- Etablir un plan d'expérimentation afin d'établir les données manquantes
- Mettre en place une norme sur le caractère méthanogène ou métabolisable des polymères biosourcés
- Etudier la possibilité de réviser les normes de biodégradabilités afin d'être plus fidèle à la réalité du terrain

Acteurs leaders (acteurs porteurs de l'action et partenaires potentiels) :

- ADEME
- Acteurs des filières de valorisation des déchets

Action 3 - Intégrer de nouveaux critères de performances environnementales pour mieux valoriser les spécificités des matériaux biosourcés et biodégradables

Objectif(s) : mieux comprendre et valoriser le caractère biodégradable de certains matériaux biosourcés et notamment dans le cas de fuite de matière

Constat et enjeu(x) observé(s) :

- Le caractère biodégradable n'est jugé d'intérêt aujourd'hui que parce que cela pourrait permettre au polymère biosourcé d'intégrer la filière de fin de vie des déchets organiques. Or le caractère biodégradable représente également un fort intérêt en cas de fuite de matière ou si la réduction, réutilisation, recyclage du plastique ne sont pas possibles. La dégradation plus rapide et potentiellement sans génération de microplastiques d'un matériau biodégradable pourrait représenter un intérêt pour réduire la pollution environnementale causée par les plastiques en cas de fuite de matière.

Incidence (fort, moyen, faible) : Forte

Délai (court, moyen, long terme) : Moyen terme

Gains attendus :

- Mieux valoriser la réalité des performances environnementales des polymères biosourcés

Obstacles prévus lors de la mise en place :

- Risque de faire passer un message non souhaitable auprès du consommateur en mettant en avant cette propriété : cela pourrait être interprété comme une autorisation à jeter les emballages plastiques.

Description (étapes clefs de mise en œuvre) :

- Développement d'un référentiel pour extrapoler la biodégradation sur le long terme
- Intégration d'un critère génération de microplastique dans les ACV

Acteurs leaders (acteurs porteurs de l'action et partenaires potentiels) :

- ADEME
- Acteurs producteurs de plastiques biosourcés
- Acteurs de l'emballage.

F.4 Conclusions

Un développement commercial contrasté en fonction des matériaux et des secteurs applicatifs

Certains matériaux biosourcés émergent de plus en plus comme des solutions compétitives et sont appelés à représenter des parts de marchés significatives dans les prochaines années. On peut ainsi évoquer à titre d'exemple :

- Le fort développement de l'acide polylactique ou du polyéthylène biosourcé
- Les fibres végétales dans le secteur du bâtiment utilisées dans des applications d'isolations et de l'injection automobile.

De nombreux matériaux biosourcés souffrent encore toutefois de problématiques de compétitivité coût à l'achat (qui peut parfois être compensée par un coût à l'usage plus faible) et d'un manque de connaissance des acteurs pour les mettre en œuvre.

Un cadre réglementaire avec des effets plus ou moins incitatifs sur le développement commercial des matériaux biosourcés en fonction des secteurs

La cadre réglementaire a un effet particulièrement incitatif dans certains secteurs, tels que le secteur du bâtiment et des transports. La réglementation française RE2020 impose la prise en compte des matériaux (ces derniers représentent plus de 50% de l'empreinte carbone d'un bâtiment), ce qui favorise particulièrement les matériaux biosourcés qui représentent des puits de carbone. Le Green DEAL européen a fixé des objectifs de rénovation (isolation) qui devrait être également particulièrement incitatif à l'emploi de matériaux biosourcés.

Le cadre réglementaire a parfois un effet plus contrasté. Les réglementations visant à améliorer le taux de recyclage des emballages plastiques peuvent en effet freiner le développement de certains matériaux biosourcés encore émergents et pour lesquels ils n'existent pas de filière de recyclage ou de fin de vie autre que l'enfouissement. De même les réglementations visant à l'interdiction des plastiques dans les produits à usage unique ne font pas d'exception pour les plastiques biosourcés.

Des outils pour garantir les performances environnementales qui se développent

Plusieurs normes permettent d'établir une mesure du taux de biosourcés d'un produit. Des écolabels existent dans le secteur des bâtiments et dans l'emballage, mais un seul des écolabels identifiés comprend des exigences sur un taux minimal de biosourcé.

Concernant les analyses de cycle de vie des produits, des cas études permettent de tirer plusieurs enseignements sur la performance environnementale des matériaux biosourcés :

- Les matériaux biosourcés ont généralement de meilleures performances sur le critère de changement climatique / émission de CO₂ eq.
- Le scénario de fin de vie peut changer les résultats de manière significative notamment à cause des émissions du carbone biogénique lors de l'incinération.
- L'origine de la matière première et l'amont agricole influent fortement les résultats des analyses de cycle de vie. L'utilisation de biomasse de 1^{ère} génération et de 2^{ème} génération de type coproduit génère une différence notable dans les impacts (visible dans les études brique/bouteille mais non étudiée dans le secteur transport dans laquelle seule de la biomasse de 2^{ème} génération est utilisée).

Si l'analyse critique de cas d'étude d'ACV ne permet donc pas de conclure de manière systématique sur une meilleure performance environnementale des produits biosourcés sur l'ensemble des critères d'impact, elle a permis de faire ressortir deux facteurs influençant fortement l'ACV de produits biosourcés : l'origine de la matière et les conditions de fins de vie. Les cas d'étude ont permis de comparer l'impact de différentes origines/ natures de biomasse sur l'ACV d'un même produit et notamment entre l'utilisation d'une biomasse de 1^{ère} génération et d'une biomasse de 2nd génération. Ce type d'analyse critique gagnerait à être élargie en comparant l'impact d'une même matière première biosourcée, mais avec des origines différentes pour un même produit (par exemple, un même matériau biosourcé produit à partir de sucre brésilien et européen) afin d'évaluer l'impact des conditions de cultures.

A noter par ailleurs, que les ateliers réalisés ont unanimement soulignés la nécessité de renforcer la disponibilité des données pour garantir la performance environnementale et améliorer la connaissance technique de l'offre existante.

- Il existe un fort besoin de réaliser de manière plus systématique des ACV des matériaux biosourcés afin d'offrir des garanties plus solides sur la performance environnementale des produits biosourcés. La réalisation de ces ACV est toutefois complexe à réaliser pour les matériaux biosourcés du fait de lacunes dans la disponibilité de données et notamment sur l'amont agricole. Travailler à l'amélioration de la disponibilité de ces données est un donc un point clé pour faciliter l'intégration des matériaux biosourcés dans les processus d'achat des entreprises. Les ACV sont aussi parfois jugées comme un outil « lourd » à mettre en œuvre et la mise en place de critère simplifié ou de label reconnu permettrait de simplifier la démarche et la lisibilité de l'offre en termes de performances environnementales. Les critères d'impact analysés dans les ACV ne permettent par ailleurs pas toujours d'appréhender la performance environnementale d'un matériau biosourcé (par exemple : pas de critère pour évaluer l'impact des microplastiques générés par des matériaux non biodégradable) ou leur fin de vie (compatibilité avec les filières existantes...).
- Un manque de visibilité de l'offre technique et sur la fin de vie des produits. Alors que nouveaux matériaux émergent et se développent commercialement, l'offre est encore peu connue des acteurs. Des actions doivent donc être entreprise pour mieux valoriser les travaux déjà réalisés en ce sens (note et rapport public sur la fin des emballages plastiques biodégradables, projet de voies de valorisation en fin de vie dans les transports etc.). Un développement de la production de documentation technique est également une attente forte pour améliorer la visibilité de l'offre. Des points de débats nécessitent des études plus approfondies et notamment dans le cas de la fin des emballages composés de plastiques biosourcés et biodégradables.

Enfin, les différents ateliers sectoriels ont permis de faire ressortir des leviers communs pour faciliter l'intégration des matériaux biosourcés dans les processus d'achat des entreprises.

Le principe d'achat d'un produit biosourcé s'inscrit dans l'acte d'achat classique des entreprises et des acteurs publics. Cependant les acheteurs privés sont libres de leurs procédures, alors que les acheteurs publics sont encadrés par le droit des marchés publics.

Dans le cas des produits biosourcés, il est recommandé aux acheteurs de bien préparer leurs achats en définissant au mieux leur besoin et en réalisant une étape de sourcing leur permettant de bien appréhender ces produits, les marchés liés, la capacité des opérateurs économiques à approvisionner.

A l'issue de la mission, les 4 étapes clés du raisonnement à suivre sont résumées dans le schéma suivant :

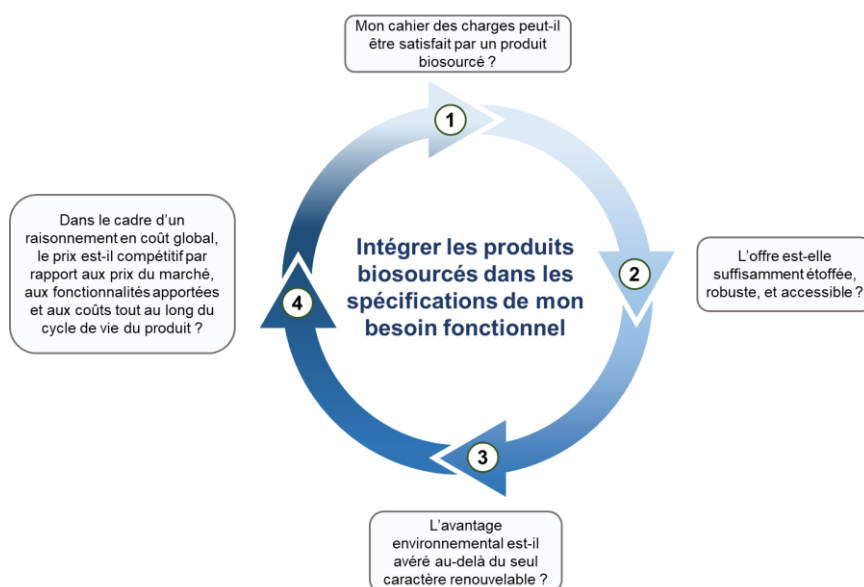


Figure 28 – Réflexes clés à avoir lors de l'achat de matériaux biosourcés

Ce schéma est librement adapté du guide de l'ADEME « des produits biosourcés pour les acheteurs publics et privés » de 2019, sur la base des retours obtenus au cours de la mission et tout particulièrement lors des 3 ateliers organisés en septembre 2021 auprès d'acteurs représentatifs du domaine des Transports, du Bâtiment et de l'Emballage.

Chacune de ces étapes peut se raisonner de la manière suivante :

Etape 1 : correspondance au cahier des charges ?

1 Mon cahier des charges peut-il être satisfait par un produit biosourcé ?	
Le produit répond-il aux points clés ?	
Oui	Le produit répond aux points clés
Non	Performance insuffisante, non respect de tous les critères majeurs
<i>Evaluer la possibilité de mobiliser des produits fonctionnels à faibles impacts environnementaux</i>	

Etape 2 : disponibilité de l'offre ?

2 L'offre est-elle suffisamment étoffée, robuste et accessible ?			
	Etoffée ?	Robuste ?	Accessible ?
Oui	Gamme large, choix important	Offre mature et ancienne	Au moins 3 entreprises pouvant fournir
Non	Gamme étroite, choix restreint	Offre récente, peu de références	Seulement 1 ou 2 entreprises pouvant fournir
<ul style="list-style-type: none"> • Evaluer la possibilité de mobiliser des produits biosourcés que pour certains lots • Prévoir des variantes facultatives portant sur les caractéristiques du produit (caractère biosourcé...) 			

Etape 3 : réalité des assertions environnementales ?

3 L'avantage environnemental est-il avéré au-delà du seul caractère renouvelable ?	
Plus-value environnementale ?	
Oui	<ul style="list-style-type: none"> • Le produit dispose d'un écolabel, par exemple l'Ecolabel européen (ce qui lui permet d'en garantir le bénéfice environnemental tout au long de sa vie) ou d'un autre label garantissant une plus-value environnementale. • Une ACV montre l'intérêt du produit visé sur le plan de la consommation énergétique, des émissions de CO₂ ou de la fin de vie, etc. • La ressource en biomasse utilisée est produite de manière durable et peu impactante sur l'environnement.
Je ne sais pas	Demander des données complémentaires objectives : études, bilans matières, garantie sur la gestion durable des matières (FSC/PEFC...), fin de vie autre que l'enfouissement ou la combustion du type « produit naturel », « durable », « écologique »...
Non	<ul style="list-style-type: none"> • Le produit est seulement « biosourcé » • Allégation générique du type « produit naturel », durable », écologique »...
<i>Regarder les données disponibles pour les impacts environnementaux majeurs (énergie, carbone, fin de vie...)</i>	

Etape 4 : correspondance au cahier des charges

3 L'avantage environnemental est-il avéré au-delà du seul caractère renouvelable ?	
Plus-value environnementale ?	
Oui	<ul style="list-style-type: none"> Le produit dispose d'un écolabel, par exemple l'Ecolabel européen (ce qui lui permet d'en garantir le bénéfice environnemental tout au long de sa vie) ou d'un autre label garantissant une plus-value environnementale. Une ACV montre l'intérêt du produit visé sur le plan de la consommation énergétique, des émissions de CO₂ ou de la fin de vie, etc. La ressource en biomasse utilisée est produite de manière durable et peu impactante sur l'environnement.
Je ne sais pas	Demander des données complémentaires objectives : études, bilans matières, garantie sur la gestion durable des matières (FSC/PEFC...), fin de vie autre que l'enfouissement ou la combustion du type « produit naturel », « durable », « écologique »...
Non	<ul style="list-style-type: none"> Le produit est seulement « biosourcé » Allégation générique du type « produit naturel », durable », écologique »...
<i>Regarder les données disponibles pour les impacts environnementaux majeurs (énergie, carbone, fin de vie...)</i>	

A l'inverse les erreurs à ne pas commettre sont de :

- D'assimiler biosourcé et produit systématiquement bénéfique pour l'environnement.
- De considérer que le produit est intégralement biosourcé, alors qu'une simple partie, voire une partie minime l'est.
- De ne pas disposer de preuve sur la part de biosourcé et le type de biomasse incorporée.
- D'utiliser des biomasses dont la durabilité de production et de disponibilité n'est pas avérée.

G. Bibliographie

Etudes et publications

- Application of life cycle assessment to Nature Works TM polylactide (PLA) production. Polymer Degradation and Stability, Vink, Erwin & Rabago, Karl & Glassner, David & Gruber, Patrick, 80. 403-419, 2003
- Etude de la fin de vie des moyens de transport en France (hors VHU) », ADEME/BIO IS, 2006
- Analyse de Cycle de Vie comparée d'une chemise en lin et d'une chemise en coton, Bio Intelligence Service, 2007
- Etude comparative sur leur cycle de vie de 2 platines de rétroviseur de Peugeot 207, PSA, 2009
- Analyse du cycle de vie d'un biocomposite, A. Le Duigou, P. Davies et C. Baley, Matériaux & Techniques 98, 143-150, 2010
- Enquête sur les déchets produits par l'activité de construction en France en 2008, SOeS, 2010
- Analyse des opportunités d'investissements dans le domaine des agromatériaux fibres végétales, Université d'Angers : ISTIA Innovation, Brahim, Addad, 2012
- Wood-Plastic Composites (WPC) and Natural Fibre Composites (NFC): European and Global Markets 2012 and Future Trends, Nova-Institut, 2014
- Identification des gisements et valorisation des matériaux biosourcés en fin de vie en France, ADEME/Tk2market/Natureplast/FRD, 2014
- Analyse du cycle de vie comparative de panneaux de portes automobiles biosourcés (PP/fibres de lin et de chanvre) et pétrosourcés (ABS) », ADEME/Quantis/FRD/Ecotechnilin, 2016
- « Mieux gérer les déchets de chantier de bâtiment », ADEME/FFB 2013
- ONRB : Enjeux de la valorisation de la biomasse en matériaux biosourcés, FranceAgriMer, 2015
- Etude sur le secteur et les filières de production des matériaux et produits biosourcés utilisés dans la construction - Etat des lieux économique du secteur et des filières, Nomadéis, 2017
- Comparative Life Cycle Assessment of Tetra Pak® carton packages and alternative packaging systems for liquid food on the Nordic market, IFEU, 2017
- Déchets et déblais produits par l'activité de construction en 2014, SOeS, 2017
- Vegetable oils: a source of polyols for polyurethane materials, L. Maisonneuve et al, 2017
- REPAR #2 – Le Réemploi, passerelle entre architecture et industrie – ADEME, BELLASTOCK, CSTB, 2018
- Life Cycle Assessment of SIGNATURE PACK: a beverage carton containing polymers based on the mass balanced renewable material approach, IFEU, 2018
- Insights into the European market for bio-based chemicals, EUR 29581 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019
- Chiffres clés des déchets en France, l'essentiel, ADEME, 2019
- Environmental impact assessments of innovative bio-based production - Task 1 of « Study to R&I Policy in the Area of Bio-based Products and Services », European Commission et al, 2019
- Effectiveness of the Essential Requirements for Packaging and Packaging Waste and Proposals for Reinforcement Final Report and Appendices, European Commission; March 2020
- Mémento des marchés fibres végétales techniques à usages matériaux, ADEME/ FRD&IAR, 2020.
- Bioplastics market data, European Bioplastic, 2020

Sites internet consultés

- <http://natureplast.eu/marche-des-bioplastiques-nouveautes/>
- <http://www.base-impacts.ademe.fr/>
- <http://www.bfgpackaging.com/implementation-guidelines-to-eu-single-use-plastics-directive-get-leaked/>

- <http://www.corbion.com/media/77166/corbion-purac-pla-high-heat-themesheet.pdf>
- http://www.ecoemballages.fr/sites/default/files/cotrep_guide_recyclabilite_2017_web.pdf
- <https://blog.landot-avocats.net/2018/07/02/dechets-4-nouvelles-directives-paquet-economie-circulaire-au-joue/>
- https://cdn.c2ccertified.org/resources/certification/standard/STD_C2CCertified_ProductStandard_V3.1_030220.pdf
- https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en
- <https://ec.europa.eu/environment/waste/packaging/legis.htm>
- <https://epthinktank.eu/2017/01/17/plastic-bags-eus-response-to-reducing-consumption/>
- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1603122220757&uri=CELEX:52020DC0662>
https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en
- https://qed.fne.asso.fr/silverpeas/LinkFile/Key/22dedc1a-0940-41a9-b9e3-77a778972c59/FNE_fiche_rep_plastiques.pdf
- <https://marque-nf.com/category/categories/agencements-interieurs/>
- https://surfrider.eu/wp-content/uploads/2020/07/make_it_right.pdf
- <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ugjvgAE-lcUJ:https://www.actu-environnement.com/ae/news/Renovation-performance-energetique-loi-Elan-adoptee-32207.php4+&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=fr>
- <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ugjvgAE-lcUJ:https://www.actu-environnement.com/ae/news/Renovation-performance-energetique-loi-Elan-adoptee-32207.php4+&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=fr>
- <https://www.actu-environnement.com/ae/news/Batiments-neufs-loi-Elan-reglementation-environnementale-2020-32472.php4>
- <https://www.blauer-engel.de/en/companies/basic-award-criteria>
- <https://www.buildup.eu/en/news/overview-zero-energy-buildings-does-definition-influence-their-design-and-implementation#:~:text=In%20the%20recast%20Energy%20Performance,couvert%20to%20a%20very%20significant>
- <https://www.c2ccertified.org/get-certified/product-certification>
- <https://www.citeo.com/le-mag/435/>
- <https://www.ecoinvent.org/>
- <https://www.eco-platform.org/>
- <https://www.european-bioplastics.org/market>
- <https://www.ibo.at/en/building-material-ecology/products-with-the-ibo-mark-of-conformity>
- <https://www.inies.fr/accueil/>
- <https://www.lemondedelenergie.com/re-2020-carbone-gouvernement/2020/12/18/>
- <https://www.monpetitforfait.com/energie/aides/bepos-batiments-energie-positive>
- <https://www.natureplus.org/index.php?id=43&L=2>
- <https://www.nf-habitat.fr/certification/#>
- <https://www.nordic-ecolabel.org/product-groups/>
- https://www.qualitel.org/professionnels/uploads/synth%C3%A8se_Construction_Logement_et_RS.pdf
- <https://www.tuv-at.be/fr/green-marks/certifications/ok-compost-seedling/>
- <https://www.ul.com/resources/ecologo-certification-program>
- <https://www.umweltzeichen.at/en/products/building-living>

H. Sigles, acronymes et abréviations

H.1 Sigles et acronymes

ABS	Acrylonitrile Butadiène Styène
ACV	Analyse du Cycle de vie
ACDV	Association Chimie Du Végétal
ADEME	Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie
AICB	Association des Industriels de la Construction Biosourcée
APER	Association pour la Plaisance Eco-Responsable
APM	Automotive Performance Materials
BBio	Besoin Bioclimatique
BDD	Base De Données
BTP	Bâtiment et Travaux Publics
CA	Chiffre d'Affaires
CELC	Confédération Européenne du Lin et du Chanvre
COV	Composés Organiques Volatiles
EPF	European Panel Federation
DEP	Déclaration Environnementales Produits
FBT Isolation	Fibres Biosourcées & Techniques Isolation
FDES	Fiches de Déclaration Environnementales et Sanitaires
FRD	Fibres Recherche Développement
FSC	Forestry Stewardship Council
IAR	Pôle de compétitivité Industries & Agro-Ressources
ICV	Inventaire de Cycle de Vie
INTERCHANVRE	Interprofession du Chanvre
LDPE	Low Density Polyethylene
MAA	Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation
MP	Matière(s) Première(s)
MPE	Marché Public Ecologique
MSI	MSI Reports Sarl est un cabinet d'études de marché indépendant
NA	Non Applicable
NC	Non Communiqué
NOPs	Natural Oil Polyols
PA	PolyAmide
PBS	PolyButylène Succinate
PBSA	PolyButylène Succinate Adipate
PE	PolyEthylène
PEFC	Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes
PET	PolyEthylène Téréphtalate
PHA	PolyHydroxyAlcanoate
PLA	PolyLactic Acid
PMCB	Produits et Matériaux de la Construction du Bâtiment
PP	PolyPropylène
PS	PolyStyrène
PU	PolyUréthane
PVA	Alcool PolyVinylique
RECORD	Réseau Coopératif de Recherche sur les Déchets et l'Environnement
R&D	Recherche & Développement

REP	Responsabilité Elargie du Producteur
RTM	Resin Transfert Molding
SOeS	Service de l'Observation et des Statistiques
SUGs	Single-use plastic products
UD	Unidirectionnels
UE	Union Européenne
VHU	Véhicule Hors d'Usage
WPC	Wood Plastic Composite

H.2 Abréviations

cm	centimètre
CT/MT/LT	Court Terme / Moyen Terme / Long Terme
dm	décimètre
Ha ou Ha	Hectare(s)
kt ou kT	kilotonne(s) soit 1 000 tonnes
M€	millions d'euros
mm	millimètre
t ou T	tonne(s)