

**SYNTHESE / EXTENDED ABSTRACT**  
FRANÇAIS / ENGLISH

**RECYCLAGE DES ISOLANTS THERMIQUES  
MINERAUX ET ORGANIQUES  
FILIERES, PROCEDES, EVALUATION TECHNICO-ECONOMIQUE**

**THERMAL INSULATORS RECYCLING  
SECTORS, PROCESS, TECHNICAL-ECONOMIC ASSESSMENT**

mai 2022

**J.-Y. BURGY, S. NOUGAROL, L. HAGEGE – RECOVERING SARL**  
**G. PAGEOT – TRIDENT SERVICE**



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 collégalement 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**, Recyclage des isolants thermiques minéraux et organiques - Filières, procédés, évaluation technico-économique, 2022, 115 p, n°20-0921/1A
- ✓ Ces travaux ont reçu le soutien de l'ADEME (Agence de la transition écologique)  
[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

© RECORD, 2022

## **RESUME**

Le présent document est une synthèse du rapport final de l'étude RECORD n°20-0921/1A concernant **l'état de l'art des filières et procédés de recyclage des isolants thermiques minéraux et organiques** du bâtiment, en France et plus largement en Europe lorsque les informations sont disponibles et/ou diffusables. Cette étude aborde l'ensemble des isolants les plus présents sur le marché, quelle que soit leur composition ou forme.

La première phase d'étude est divisée en deux chapitres (chapitres 1 et 2). Le premier aborde la caractérisation des isolants thermiques d'un point de vue physico-chimique, technique, réglementaire et économique (marché actuel et déchets à venir) et aborde les considérations générales relatives aux filières de fin de vie (organisation, composition, collecte, etc.). Le second chapitre est un état de l'art des techniques de valorisation identifiées, précisant le degré d'avancement et l'organisation des filières par grande famille d'isolant et/ou isolant.

Le niveau de détails par isolant est donné dans la limite des informations disponibles et obtenues, fonction de la maturité des produits sur le marché (les isolants plus anciens étant plus largement documentés). Aussi, particulièrement dans le cadre des entretiens réalisés, le caractère confidentiel des informations a souvent été évoqué, limitant ainsi la qualité des données transmises.

La seconde phase de projet est prospective et se concentre sur les filières en place et établies, ainsi que sur quelques filières présentant un potentiel de développement intéressant (chapitre 3). L'analyse des filières inclut une description détaillée des chaînes de valeur via des synoptiques. Le focus sur les filières émergentes propose une évaluation de leur viabilité technique et économique et à pour objectif d'encourager leur développement.

## **MOTS CLES**

Déchet, isolants thermiques, déconstruction, environnement, fin de vie, valorisation, recyclage, réemploi cycle de vie.

-----

## **SUMMARY**

The current document summarises the research led for RECORD, study n°20-0921/1A related to **thermal insulators state of art concerning recycling process and sector**. The research focuses on both organic and mineral insulators used in construction, in any form or type, in France, and more widely in Europe when information was available.

The first stage of the study is divided in two chapters. The first chapter includes a characterisation of thermal insulators used in construction, from a technical, physical, regulatory, and economic point of view (current market-sharing and forthcoming wastes), and addresses, common problematics related to their end-of-life solutions (composition, gathering, LCA, etc.). The second chapter is a state of the art about established recycling technologies and emerging solutions translated in an organisation scheme for each product and/or product family.

Provided information is related to each product's position in the market which is changeable depending on the product's raw material and product's average duration of use. It also depends on the data that has been collected during interviews with stakeholders, regarding their availability and confidentiality reasons.

The second stage of the study is prospective and aims at offering a more precise overview of the current established solutions and gives a precise description of their value chain via synoptical representations. It also intends to assess the technical and economic viability of some emerging recycling solutions, and to support their development.

## **KEY WORDS**

Waste, thermal insulation, dismantling, environment, end-of-life, valorisation, recycling, reuse, life cycle.

## Contexte

Les isolants jouent un rôle majeur dans la maîtrise des consommations énergétiques des bâtiments. Ils permettent en particulier de lutter contre les déperditions thermiques, responsables de 20% des émissions de gaz à effets de serre, en France. Différentes lois et arrêtés ont été successivement votés en France afin de lutter contre ces déperditions, favorisant ainsi la rénovation des bâtiments. Chronologiquement, il s'agit de la LTECV du 17 août 2015, la loi ELAN du 23 novembre 2018, la loi Énergie-Climat du 8 novembre 2019, la RE2020 et la loi AGEC du 10 février 2020.

L'ensemble de ces lois donnent un cadre structurant encourageant l'isolation des bâtiments. Couplé à des aides financières significatives, ce cadre favorise la production et l'utilisation des isolants qui, à terme génèrent des volumes considérables de déchets.

La quasi-totalité des ressources utilisées dans le bâtiment et les travaux publics (BTP) ne sont pas renouvelables bien qu'elles représentent des tonnages conséquents et deviennent graduellement difficiles d'accès. Les déchets de chantiers du BTP représentent des enjeux importants au regard de leurs quantités élevées, notamment dans la catégorie des déchets non dangereux, dont les isolants thermiques font partie.

Si, globalement, les fabricants d'isolants considèrent leurs produits comme recyclables, très peu le sont effectivement à ce jour et une majorité de déchets sont enfouis ou incinérés.

## Objectifs et plan de l'étude

Cette étude vise à réaliser un état des lieux complet des filières de valorisation matière des déchets d'isolants minéraux et organiques (synthétiques et biosourcés) post-consommation. Elle a comme objectif d'encourager le développement et la mise en place de nouvelles filières. Il s'agit ainsi de présenter les filières existantes et en cours de montage et de fournir une analyse de leur viabilité économique.

Le contenu de l'étude s'articule autour de trois chapitres :

- Chapitre 1 : Caractérisation des isolants et considérations générales de leur fin de vie
- Chapitre 2 : État de l'art des filières de valorisation des isolants
- Chapitre 3 : Analyse technico-économique des filières de réemploi et de valorisation

Sont ciblés les principaux isolants du marché selon une répartition en familles d'isolants :

- Isolants minéraux : laine de verre, laine de roche, laine de laitier, verre cellulaire
- Isolants synthétiques (organiques pétro-sourcés) : polystyrène expansé (PSE) ou extrudé (XPS), polyuréthane (PUR/PIR), mousses phénoliques
- Isolants organiques biosourcés : laine de chanvre, laine de bois, laine de mouton, ouate de cellulose, textile recyclé

Les isolants mixtes (composés de plusieurs couches d'isolants) sont exclus de l'étude.

La collecte d'informations est basée sur des entretiens en visioconférence, dont des visites de sites, avec divers acteurs de la chaîne de valeur ainsi que sur l'usage de données bibliographiques.

## Context

*Thermal insulators play a significant role in buildings' energy consumption. Using them prevents heat losses which are responsible for 20% of greenhouses gas emissions in France. Hence, multiple laws and decrees have been adopted to support buildings' renovations. Chronologically: LTECV (Energetic Transition Law for Green Growth) from the 17<sup>th</sup> of August 2015, ELAN law (Housing Evolution, Equipment and Digital Technology.) from October 2018, Energy-Climate law, from November 2019, RE2020 and AGEC law, from 10<sup>th</sup> of February 2020.*

*All those laws and decrees support constructions and buildings' performances improvement. They also promote use of thermal insulating product due to significant financials' support. However, this massive use will eventually generate loads of waste, where most resources used in buildings and public works are not renewable (even though they are numerous and become more difficult to find). Consequently, waste generated by those activities will cause huge treatment issues regarding their quantity.*

*Finally, even if thermal insulator manufacturers consider that their products are recyclable, little is truly recycled and most of them are nowadays buried or burned.*

## Study objectives and plan

*This study proposes a state of the art of recycling solutions for post-consumer thermal insulator's waste. It approaches mineral and organic (oil-based and bio-based) products. The goal is to encourage new recycling schemes development and implementation. This paper presents current established solution and experimental ones and offers an analysis of their economic and technical viability.*

*The document is structured in three chapters:*

- Chapter 1: Thermal insulators characterisation and general considerations concerning their end-of-life
- Chapter 2: State of the art of current recycling solutions for thermal insulators
- Chapter 3: Technical and economic analysis of current and forthcoming solutions

*This study focuses on the main thermal insulators sold on the market which are divided in 4 product families:*

- Minerals: glass wool, rock wool, slag wool, cellular glass
- Synthetics (oil-based): expanded polystyrene (EPS) or extruded (XPS), polyurethane (PUR/PIR), phenolic foam
- Bio-based: hemp wool, wood wool, sheep wool, cellulose wadding, recycled textiles
- Mix insulators: made of multiple insulation layers. They are not considered in the study.

*Information has been gathered from interviews and visits with multiple stakeholders, and from bibliographical data.*

## Exposé des principaux résultats obtenus

### Marché des isolants et déchets à venir

#### - Marché des isolants

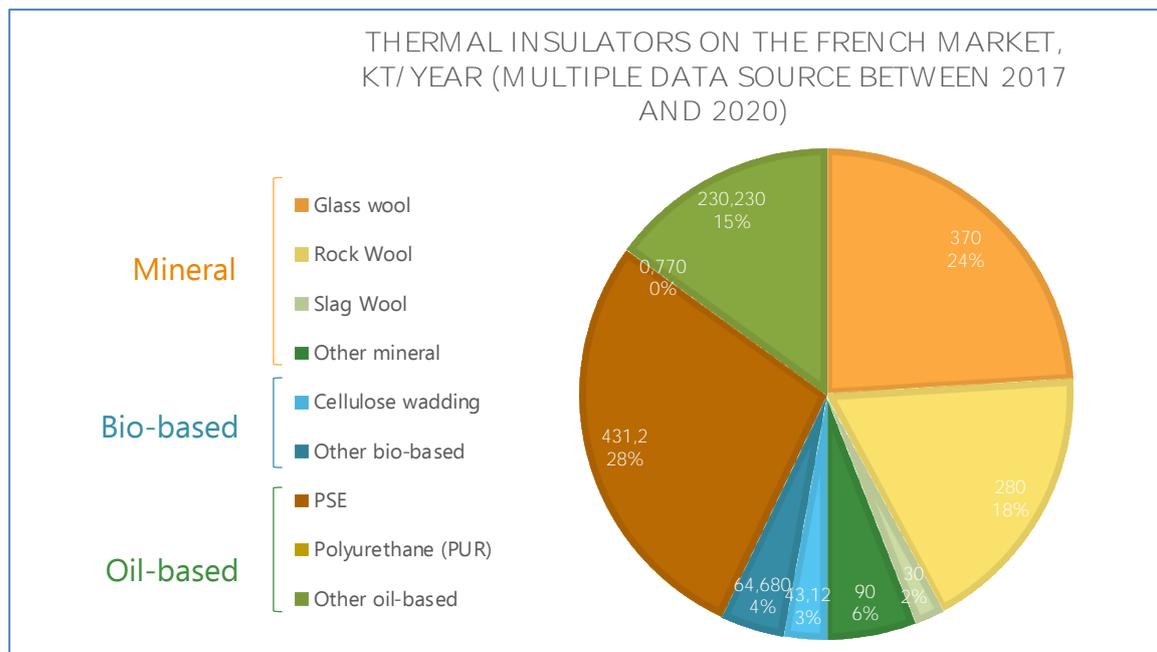
Le marché des isolants est inégalement réparti en fonction des matériaux utilisés comme le montre le graphique ci-dessous. Cette disparité s'explique par des dates de mise sur le marché variables et donc, des durées d'usage et développement plus ou moins longues.

## Main results

### Thermal insulating market and future waste

#### - Thermal insulating market

The thermal insulating market is unevenly distributed according to raw materials, as shown in the graph below. This disparity is explained by variable dates of appearance on the market, and thus more or less long periods of use and development.



**Figure 1 : Isolants mis sur le marché par type de matériaux en France, tonnages en million de tonnes 2020** (compilation RECORD, 2022) (ADEME, 2020) (Nomadéis, 2017) (AFIPEB, 2017) (SNPU, 2017)  
**Figure 1: Thermal insulating product repartition on the French market in thousands of tons 2020** (RECORD compilation, 2022) (ADEME, 2020) (Nomadéis, 2017) (AFIPEB, 2017) (SNPU, 2017)

Dans les prochaines années, il est prévu une baisse d'usage des isolants minéraux et pétrosourcés aux profits des isolants biosourcés. Ces derniers sont graduellement utilisés dans le cadre d'opérations de rénovation de bâtiments, ce qui se traduit par une augmentation des parts de marché stabilisées autour de 8% entre 2012 et 2017.

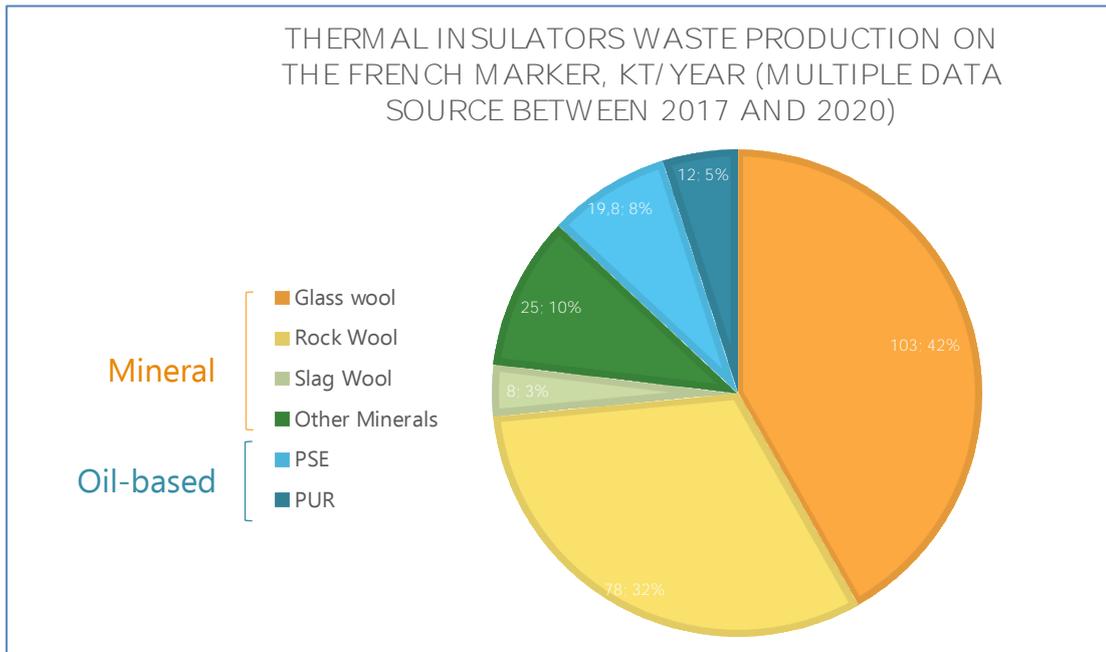
#### - Déchets à venir

Les déchets qui arrivent sur le marché aujourd'hui correspondent aux matériaux utilisés dans les constructions il y a plus de quarante ans. On observe donc une majorité d'isolants en laine de verre, laine roche ainsi qu'en PSE. Cette répartition à vocation à évoluer en accord avec les parts de marché actuelles

In the following year we expect a decline in the use of mineral and oil-based products for the benefit of bio-based ones. Those are more and more used in buildings' renovation, which have been formalised by an increase in the market share that has stabilised around 8% between 2012 and 2017.

#### - -Forthcoming waste

Current waste production corresponds to materials that were used forty years ago in constructions (glass wool, rock wool and EPS) and is going to evolve with current habits (bio-based products' growth).



**Figure 2 : Gisement de déchets estimés par type de matériaux en France, tonnage en milliers de tonnes**  
(compilation RECORD, 2022) (ADEME, 2020)  
**Figure 2: Current produced thermal insulation waste in France in thousands of tons**  
(RECORD compilation, 2022) (ADEME, 2020)

### Considérations générales sur la fin de vie des isolants

L'ensemble des entretiens et recherches ont mis en évidence des considérations générales communes aux isolants et qui impactent la gestion de leur fin de vie et donc la mise en place des filières de valorisation.

#### - Des considérations d'ordre organisationnel

Les filières d'isolants minéraux bénéficient d'une structuration forte, avec l'existence du syndicat national des Fabricants d'Isolants en Laines Minérales Manufacturées (FILMM) et des certifications ACERMI (résistance thermique et l'aptitude à l'emploi) et EUCEB (exonération de la classification cancérigène). Cependant, même si la certification EUCEB (EUropean Certification Board for Mineral Wool Product), promeut le réemploi et recyclage des isolants minéraux fabriqués après 1997, elle induit un refus des produits plus anciens et l'absence de datation peut bloquer la valorisation de certains produits.

Les filières pétrosourcés bénéficient de l'existence de syndicats et associations professionnelles. Le degré de développement des filières dépend de la résine et de son usage dans les secteurs hors BTP.

Les filières biosourcées, plus récentes, manquent de structuration. Aucune teneur minimale en matériaux organiques n'est requise pour bénéficier de l'appellation « biosourcé ». L'entreprise Karibati<sup>1</sup>, a tout de même établi un référentiel de labellisation (sans valeur réglementaire) par forme de produit isolant. Le milieu des isolants biosourcés regroupe diverses entreprises de petite taille, indépendantes et souvent spécialisées dans un matériau ce qui entraîne des disparités d'organisation au sein même de cette famille en termes de recherche et développement sur la fin de vie des matériaux.

<sup>1</sup> <http://www.karibati.fr>

### General considerations concerning thermal insulators' end-of-life

*Interviews and research have highlighted common issues related to thermal insulators, regardless of their raw material, which impact end-of-life solutions' management and recycling technologies' development.*

#### - Organisational considerations

*Mineral insulators benefit from a strong structure due to the French union of Mineral Wool Insulation Manufacturers (FILMM) and several certifications: ACERMI (resistance and quality) and EUCEB (non-carcinogenic classification). The EUropean Certification Board for Mineral Wool Product (EUCEB) supports reuse and recycling schemes for mineral insulators made after 1997 but prevents any other recovery for earlier products.*

*Oil-based products also benefit from unions and professional associations. The level of development for each resin depends on its use apart from the construction market.*

*Bio-based products, more recent on the market, suffer from a lack of structure. Notably, there is no minimal expectation concerning bio-based proportion in construction products. The Karibati company has created a labelling reference for those products, but has no regulation weight. Also, the bio-based products sector is made of many little independent companies specialised in one material. As they don't really work as a team, it leads to disparities in this family of products.*

### - Des considérations d'ordre technique

La compréhension des filières de recyclage des isolants passe par la prise en compte des matières qui les composent. Adjuvants et liants sont à considérer avec autant d'attention que le matériau majoritaire ; ils peuvent représenter chacun jusqu'à 25% de la composition en poids d'un isolant. Les adjuvants ont des fonctions antifongique (résistance aux moisissures), ignifuge (résistance au feu) et rodenticide (résistance aux rongeurs). Les liants influent sur la résistance mécanique et la facilité de pose des isolants (pour la fabrication de panneaux et rouleaux). Ces produits jouent un rôle majeur dans le recyclage en raison de la difficulté à les séparer des matières en fin de vie. C'est, en particulier, un frein à la compostabilité des isolants biosourcés. Adjuvants et liants font, depuis récemment, l'objet de recherches et brevets et sont devenus un domaine très concurrentiel au sein des fabricants.

La conception et la fabrication des systèmes constructifs n'ont pas été pensées pour la fin de vie. Si des efforts sont réalisés par les fabricants afin de valoriser les chutes de production, très peu se sont penchés sur l'écoconception ou sur la pose des produits, qui souvent collés ou vissés sur les structures ne peuvent être déposés proprement et séparément.

### - Des considérations relatives à l'identification des déchets d'isolants et à leur collecte

Les diagnostics déchets réalisés actuellement contiennent trop peu d'information sur les isolants (typologie, quantité, état, composition) afin d'anticiper la valorisation si toutefois la filière existe.

Les méthodes et techniques de déconstruction ne sont pas spécifiquement décrites dans des ouvrages et la dépose séparée peu réalisée. Or, il est quasiment impossible de séparer les matériaux et de les trier en aval, compte tenu des coûts non négligeables liés à l'identification et au tri.

### - Des considérations concernant l'évaluation environnementale des filières de valorisation

L'analyse de cycle de vie (ACV), matérialisée par les Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES), permet d'évaluer les performances environnementales de matériaux et produits mis sur le marché et de motiver les acteurs à évoluer selon la transition écologique. Si l'analyse de l'étape de fin de vie a pour but de soutenir le développement de solutions de valorisation, elle ne permet pas dans l'état actuel, ni de rendre compte de la réalité des filières en place et/ou en cours de montage et ni d'en encourager le développement.

### - Des considérations d'ordre économique

Les coûts des filières de valorisation dépendent des coûts de logistique, de tri, de transformation, des exutoires finaux, des marges des acteurs économiques et de taxes diverses. Ces filières sont en compétition économique directe avec les filières de proximité, en particulier la valorisation énergétique et l'enfouissement. Le coût attractif de ces dernières engendre, à date, la prédominance de ces filières d'élimination, et ce, même pour les isolants bénéficiant d'une voie de valorisation.

La mise en place des filières Responsabilité Élargie des Producteurs (REP) pour les produits et matériaux de construction entrainera, de fait, des évolutions sur les filières de collecte et recyclage des isolants, car le financement par une éco contribution pourrait permettre de contourner ces problèmes de coûts.

### - Technical considerations

*Thermal insulators are made of multiple materials which are as important as the raw material in recycling processes because we can barely separate them at end-of-life stage. Additives and binders can each count for 25% of the weight of the composition. They are used for their properties: antifungal (mold resistance), flame retardant (fire resistance) and rodenticide (rodent resistance). Unfortunately, additives and binders prevent bio-based product to be compostable. Loads of research and patents are nowadays carried on and is a competitive environment for manufacturers.*

*Even if some manufacturers are trying to find solutions on their production line, conception and manufacturing haven't been developed regarding end-of-life management. Products are often glued on structures and cannot be properly separated.*

### - Considerations related to waste identification and collection

*Waste diagnostics currently carried out in demolition don't contain enough information concerning thermal insulators (quantity, condition, composition) and thus prevent anticipation on their end-of-life management.*

*Deconstruction methods are not described in documents and few workers proceed to material separation during product removal. Yet, it is almost impossible to separate and sort materials afterwards due to expensive costs.*

### - Considerations related to recycling channel environmental assessment

*Life Cycle Assessment (LCA) made to assess materials and products' environmental performances and support ecologic transition, is formalised in Environmental and Health Declaration Forms (FDES). Current end-of-life stage analysis is not developed enough to show the real development of solutions neither to support their development.*

### - Economic considerations

*Costs reported for recycling solutions depend on logistic schemes, sorting and transformation methods, final outlet, stakeholders margin and several taxes. Recycling solutions directly compete with energy recovery and landfill solutions which are usually local and more economic.*

*Extended Producer Responsibility Program implementation for construction's products and materials will lead to financial support (eco-contribution) and thus could support development of recycling solutions.*

### State of the art of current solutions

*Established or emerging solutions highlighted in this paper have been distinguished depending on the final application: recycling in the initial product or not and reuse (for the same purpose or not).*

### - Mineral insulators end-of-life solutions

*Recycling mineral insulators (glass and rock wool) is technically feasible, and specifications are widely available. However, criteria are too strict on non-acceptable impurities and non-EUCEB wool ban.*

## Etat de l'art des filières

L'étude a permis d'identifier des filières de recyclage établies ou à l'état de prototype. Les solutions sont distinguées selon qu'elle permette un recyclage à l'identique dans le produit d'origine ou non. Le réemploi et la réutilisation sont traités dans une catégorie conjointe.

### - Filières de valorisation des isolants minéraux

Le recyclage des laines minérales (verre ou roche) est techniquement possible et les cahiers des charges sont disponibles. Cependant les critères sont très stricts concernant la présence d'impuretés et d'indésirables et l'exclusion des laines non certifiées EUCEB.

Les technologies mobilisées pour recycler les laines post consommation sont identiques à celles employées pour valoriser des rebuts de fabrication.

Les capacités de recyclage actuelles ne peuvent répondre aux besoins du marché. La couverture géographique des installations est très incomplète et ne peut pas être envisagée au regard des gisements identifiés.

D'autres voies de valorisation ont été explorées ou peuvent s'envisager, mais aucune solution ne s'est révélée pérenne pour les laines en fin de vie.

Par rapport à l'élimination dans les ISDND, les filières de valorisation des laines minérales restent très fragiles économiquement, les étapes de dépose, de tri, de massification sous abri, de conditionnement et de traitement menant à des coûts cumulés très importants ramenés à la tonne collectée.

Ci-dessous le bilan des solutions identifiées :

*Technologies used for post-consumer waste recycling are identical to manufacturing scrap recycling.*

*Current recycling capacities cannot fit the current market needs due to an unequal geographic distribution. Creating an effective distribution cannot be considered due to the waste estimated quantity.*

*Some other valorisation processes are explored and considered but none have seemed persistent.*

*Comparing to elimination in non-inert waste storage facilities, solutions are economically fragile due to removal, sorting, massification, conditioning and treatment costs which are significant for a ton of product.*

*Below, identified solutions for mineral insulator end-of-life:*

Insulator		Recycling in the initial product	Recycling in another product (post-consumer waste)	Reuse
Mineral Insulators	Glass wool	- Mechanical recycling via <b>Oxymelt</b> melting oven and future prototype <b>I-Loop</b> (Isover Recycling) <i>&gt;&gt; Integration of production/laying scraps and construction waste into the production of new wools</i>	- Recycled in fibre concrete (fibre reinforced cement) * - Recycled in Armstrong Felt Ceiling - Recycled in substrates or agricultural compost (according to standards)	- Theoretically reusable if recent, with good mechanical strength, clean and without stains*
	Rock wool	- Mechanical recycling via material densification (RockCycle) <i>&gt;&gt; Integration of production/laying scraps and construction waste into the production of new wools</i>	- Recycled in cement - Recycled agricultural substrate for soilless cultivation (Grodan, Rockwool sector) - Recycled in a green roof (Grand Lyon)	- Reusable except major disaster (an example in Caen)
	Slag wool	<i>No solution identified</i>	- Recycled in substrates or agricultural compost (according to standards) - Recycled track in road technology*	<i>No provided information</i>
	Cellular glass	- Mechanical recycling by cullet production <i>&gt;&gt; Integration of production scraps into the production of new wools</i> <i>&gt;&gt; Likely to integrate construction waste too*</i>	- Recycled in road underlay - Recycled for filling landscape panels or noise barriers	- Theoretically reusable if correctly deconstructed

**Tableau 1 : Récapitulatif des solutions de valorisation en fin de vie identifiées par type d'isolant – Isolants minéraux (RECORD, 2022)**

*Table 1: Summary of end-of-life solutions for mineral insulators (RECORD, 2022)*

**- Filières de valorisation des isolants synthétiques**

La maturité des filières de valorisation des isolants pétrosourcés est très variable et leur développement dépend des résines et de la structure du matériau.

La filière PSE est probablement la plus aboutie, notamment au travers de son réseau d'acteurs en place. Le panel de solutions de valorisation disponibles permet de couvrir un large spectre d'entrants et semble répondre aux besoins du marché. Les solutions proposées montrent un degré de technicité intéressant tant en ce qui concerne le recyclage mécanique que le recyclage physico-chimique.

Pour des raisons de confidentialité, les données concernant les autres types d'isolants n'ont pas pu être obtenues à ce stade de détail.

Par rapport à l'élimination dans les ISDND ou la valorisation énergétique en Unité de Valorisation Énergétique, les filières de valorisation se montrent plus robustes que celles des laines minérales. Les étapes de dépose, de tri, de massification sous abri, de conditionnement et de traitement mènent à des coûts cumulés importants, certes, mais qui sont en partie contrebalancés par les potentiels élevés de revente de la matière.

Ci-dessous le bilan des solutions identifiées :

Insulator		Recycling in the initial product	Recycling in another product (post-consumer waste)	Reuse
Oil-based insulators	EPS	- Mechanical recycling via chemical separation of brominated components (Polystyrene loop) <i>&gt;&gt; No recycling of production/laying scraps in site                      &gt;&gt; Recycling of construction waste in EPS production only via Polystyrene loop</i>	- Mechanical recycling of non-brominated EPS for making poufs or additional insulation - Mechanical recycling of non-brominated EPS into lightweight concrete - Mechanical recycling into XPS panels (factories in Italy and Poland)	- Theoretically reusable if clean and subject to technical opinion (absence of bromine) – removal protocol to be determined* - Separation tools for EPS/Gypsum
	XPS	- Recycling into XPS panels (unknown process) <i>&gt;&gt; Integration of production/laying scraps and construction waste into the production</i>	<i>No solution identified</i>	- Theoretically reusable if clean*
	PUR	- Chemical recycling process, using glycolysis for waste production only – quality close to raw material* - Mechanical recycling for production scraps only <i>&gt;&gt; Integration of production scraps only                      &gt;&gt; No solution proposed for post-consumer waste</i>	- PureSmart project for experimental chemical recycling solutions for various products made of PUR. Emerging solutions based on WEEE branch	- Reuse trials realized via cold rooms deconstruction*

**Tableau 2 : Récapitulatif des solutions de valorisation en fin de vie identifiées par type d'isolant - Isolants synthétiques (RECORD, 2022)**

*Table 2: Summary of end-of-life solutions for oil-based insulators (RECORD, 2022)*

**- Filières de valorisation des isolants biosourcés**

Les filières de valorisation des isolants biosourcés sont à l'état embryonnaire en raison de leur apparition plus récente sur le marché. La notion de fin de vie est parfois trop éloignée des préoccupations des industriels car l'enjeu est d'abord de se faire une place sur le marché.

**- Oil-based insulators end-of-life solutions**

*Recycling solutions for oil-based insulators are unequally developed depending on resin and material structure.*

*EPS recycling chain is the most complete with a strong established network which includes manufacturers, recyclers, and consumers. Available solutions allow to respond to market needs and represent an interesting level of technical development as well as mechanical and chemical solutions.*

*Due to confidentiality reasons, data for other oil-based insulators have barely been obtained at this stage of the study.*

*Comparing to elimination in non-inert waste storage facilities or energy recovery unit, recycling solution for oil-based insulators are more sturdy than mineral ones. Removal, sorting, massification, conditioning and treatment costs are significant but partly offset by the material's high resale potential.*

*Below, identified solutions for oil-based insulator end-of-life:*

**- Bio-based insulators end-of-life solutions**

*Recycling solution for bio-based thermal insulators are just starting to arise on the market. End-of-life is sometimes a farther concept, away from manufacturers concerns. The challenge consists firstly in getting a place on the market.*

Cependant, de véritables problématiques pèsent sur l'évolution de la conception des isolants biosourcés dont la nature et la composition des adjuvants et liants utilisés est un caractère limitant à leur potentiel de recyclabilité. Bon nombre de projets sont en cours sur le sujet et devraient avoir un impact considérable sur les futures filières.

*However, additives and binders used in bio-based insulators represent a real issue for their recycling potential. Many projects and research in progress search for bio-based additives and binders and should have a considerable impact on future sectors.*

Ci-dessous le bilan des solutions identifiées :

*Below, identified solutions for bio-based insulator end-of-life:*

Insulator		Recycling in the initial product	Recycling in another product (post-consumer waste)	Reuse
Bio-based insulators (vegetal)	Wood wool (soft to semi-rigid)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Internal use of production scrap: panels in panels and bulk in bulk or panels</li> <li>- Valuation of installation offcuts on identical production (pilot tests) *</li> </ul> <p>&gt;&gt; <i>Integration of production scraps into the production</i> &gt;&gt; <i>Integration of laying scraps drops feasible (economic balance)</i></p> <p>&gt;&gt; <i>integration of post-consumer waste Inconceivable</i> <b>Note:</b> <i>Plan is to work on the manufacturing processes (bio-based binders and additives) in order to allow recovery in compost or other</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Can be used in compost</li> <li>- Used in industrial potting soil (after shredder)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Products theoretically reusable but too recent on the market for experimentation. Proximity scheme to look for*</li> </ul>
	Wood fibre (rigid)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Used in market gardening</li> <li>- Recycled into particle board or chipboard for furniture*</li> <li>- Recycled in kraftpaper or cardboard*</li> </ul>	
	Hemp wool		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Used in compost (litter for worms composting)</li> </ul>	
	Cork		<i>No solution identified</i>	
	Linen		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Used in compost for soil protection</li> </ul>	
	Rice straw		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Used in mulching in Africa</li> </ul>	
	Recycled insulators		Cotton fibers / recycled textile	
Cellulose wadding		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Used as organic amendment and fertilizer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Technically reusable *</li> </ul>	
Animals' wool	Sheep's wool	<i>No solution identified</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Used in mulching</li> </ul>	<i>No solution identified</i>
	Duck feather	<i>No solution identified</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Used as a fertiliser product</li> </ul>	<i>No solution identified</i>
Plant-based concrete	Hemp-based	<p><i>Test processing with ValoBBio project:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- material recovery (reuse, recycling)</li> <li>- organic recovery (composting, methanation, amendment)</li> <li>- energy recovery (incineration, CSR production, pyrolysis, gasification, wood energy)</li> </ul>		<p><i>Test processing with project ValoBBio project</i></p>

**Tableau 3 : Récapitulatif des solutions de valorisation en fin de vie identifiées par type d'isolant – Isolants biosourcés (RECORD, 2022)**

*Table 3: Summary of end-of-life solutions for bio-based insulators (RECORD, 2022)*

### Analyse technico-économique des filières

Cette partie propose une analyse des solutions de valorisation et réemploi identifiées dans les parties précédentes.

Des synoptiques détaillés sont proposés pour les filières de valorisation en place : laine de verre, laine de roche, PSE, ainsi que pour les isolants biosourcés. Ces synoptiques font état, à chaque étape de la chaîne, des protocoles techniques en place et démarches à suivre jusqu'à l'étape suivante, des acteurs impliqués qui ont été identifiés et des coûts associés, lorsque communiqués de façon non confidentielle.

### Technical-economic solution analysis

*This part proposes some analysis of formerly identified solutions.*

*Detailed synoptics are presented for functionals value chains: glass wool, rock wool, EPS, as well as for bio-based thermal insulators. These synoptics present at each stage of the chain: existing technical protocols and steps between each stage, identified actors involved in the chain, and associated costs for each action (when non confidential).*

Certaines solutions émergentes sont ensuite évaluées, au regard de leur degré de développement et des informations obtenues. A l'aide d'une grille de critères préétablis, cette approche permet d'identifier les degrés de développement et de révéler des pistes de développement de filières de valorisation pour les isolants thermiques du bâtiment.

## Conclusions

Malgré des considérations communes à l'ensemble des produits d'isolation, le développement des filières de valorisation est très inégal en fonction des produits, et au sein même des familles d'isolant. Chaque isolant fait l'objet d'une chaîne de valeur singulière dont la collecte, le recyclage et la maturité de la filière sont corrélés à la place du produit sur le marché et à l'implication des acteurs de l'ensemble de la chaîne de valeur.

La capacité de valorisation des déchets post consommation dépend en particulier :

- Du processus de fabrication – qui influe sur les technologies de recyclage
- De logistique – dont les coûts monétaires et environnementaux des transports
- De la compétitivité des filières d'élimination – dont les coûts liés à l'enfouissement et l'incinération ainsi que les taxes associées
- Du manque de maturité du gisement, en termes de quantité et de qualité

Des pistes de filières de valorisation au potentiel de développement intéressant ont été identifiées et divers projets de recherches se développent, en particulier pour les filières qui le sont peu. Enfin, la mise en place de la filière REP sur les Produits et Matériaux de la Construction et du Bâtiment (PMCB) devrait permettre d'accélérer les évolutions dans les prochaines années.

*Some emerging solutions are also assessed, regarding their degree of development and available information. This assessment uses a pre-established criteria grid, to try to reveal emerging solutions' potential development.*

## Conclusions

*Despite common considerations related to all thermal insulators, the development of recycling solutions is unevenly distributed even within each insulation family. Each product is subject to a singular value chain in which waste collection, recycling processes and maturity of the solution are correlated to the product's position on the market and to stakeholders' involvement.*

*Recycling feasibility of post-consumer waste depends notably on:*

- *Manufacturing processes – which influences recycling technologies*
- *Logistics – including economic and environmental costs of transportations*
- *Competitiveness of more local solutions – including costs related to landfilling and incineration as well as the related taxes*
- *The lack of maturity of estimated forthcoming waste stream, in terms of quantity and quality*

*A few interesting leads with development potential have been identified and various research is being launched. Finally, the implementation of the Extended Producer Responsibility program to Construction and Building Products and Materials (PMCB) should make it possible to accelerate recycling solutions' development in the coming years.*