



EUROPEAN UNION

Interreg



EUROPEAN UNION

France (Channel
Manche) England

BIO-CIRC Project

European Regional Development Fund

Projet **BIO-CIRC**

Bio(and)**Circular** **I**nsulation for **R**esourceful
Construction

Rapport d'étude économique

30 juin 2022 – Version finale



EUROPEAN UNION
European Regional Development Fund

NOMADEIS
A WAVESTONE COMPANY

ASBP
The Alliance
for Sustainable
Building Products

therma
fleece
Nature's finest insulation

backtoearth

Synopsis du projet

Le projet BIO-CIRC (Bio(and)Circular Insulation for Resourceful Construction) souhaite apporter une réponse aux dépendances du secteur du bâtiment au carbone, à l'énergie et aux ressources tout en tirant partie d'un déchet non-valorisé : le polyester issu de literie usagée.

Le projet vise à concevoir, développer et à déployer 3 prototypes d'isolants innovants et bas-carbone fait à partir de polyester en combinaison avec des fibres biosourcées. Il vise aussi à promouvoir l'émergence d'une filière dédiée à la valorisation du polyester et l'usage de Fibres Naturelles et Recyclées dans la construction.

Ce projet est porté par un partenariat transmanche de 4 maillons clés et complémentaires de la chaîne de valeur du bâtiment :

- Nomadéis (chef de file) ;
- Alliance for Sustainable Building Products ;
- Eden Renewable Innovations ;
- Back to Earth.

Planifié sur une durée de 2 ans, le projet BIO-CIRC est financé par le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER). La contribution du FEDER s'élève à 399 600€ pour un budget total de 499 500€.



EUROPEAN UNION

NOMADEIS
A WAVESTONE COMPANY

Nomadéis Le Havre

120, boulevard Amiral Mouchez • 76600 Le Havre • France

Phone : +33 (0)1 45 24 31 44

www.nomadeis.com



The Alliance for Sustainable Building Products

The Foundry, 5 Baldwin Terrace • London N1 7RU • United Kingdom

Phone : +44 (0) 20 7704 3501

<https://asbp.org.uk>



Eden Renewable Innovations Limited

Soulands Gate, Soulby, Penrith • Cumbria, CA11 0JF • United Kingdom

Phone : +44 (0) 1768 486285

<https://www.thermafleece.com>

backtoearth

Back To Earth Limited

22 Tuns Lane, Silverton • Exeter, EX5 4HY • United Kingdom

Phone : +44 (0) 1392 861763

<https://www.backtoearth.co.uk/>

Droits de copyrights

Le texte de la présente publication peut être reproduit en tout ou en partie à des fins pédagogiques et non lucratives sans autorisation spéciale de la part du détenteur du copyright, à condition de faire mention de la source. Les partenaires du projet BIO-CIRC seraient reconnaissants de recevoir un exemplaire de toutes les publications qui ont utilisé ce matériel comme source. Il n'est pas possible d'utiliser la présente publication pour la revente ou à toute autre fin commerciale sans demander au préalable par écrit l'autorisation de ses auteurs.

Sommaire

Introduction	6
Méthodologie et données	6
Description des prototypes.....	8
Contexte de l'offre de literie usagée.....	10
Contexte réglementaire français	10
Structure de l'industrie de transformation des déchets de literie en produits d'isolation en France	11
Contexte britannique.....	11
Structure de l'industrie de transformation des déchets de literie en produits d'isolation au Royaume-Uni	12
Chaîne de production	12
Scénario de production	12
Ligne de production n°1 : refibration des couettes et oreillers.....	13
Ligne de production n°2 : Fabrication d'isolants	13
Répartition des coûts.....	14
Hypothèses de production et d'exploitation.....	14
Hypothèses relatives à l'usine	14
Hypothèses relatives aux intrants	14
Hypothèses relatives aux extrants	15
Hypothèses relatives aux machines.....	15
Hypothèses relatives à la main d'œuvre.....	15
Hypothèses relatives au transport	15
Spécificité française	15
Estimations de coûts.....	16
Coûts liés aux machines.....	16
Coûts liés à l'usine.....	17
Coûts liés à la main d'œuvre	17
Coûts liés aux matières premières	18
Coûts liés à l'expédition.....	18
Estimation des taxes.....	19
Investissements initiaux	20
Dépenses d'investissement et de fonctionnement.....	20
Résultats	23

Résultats pour la France.....	23
Résultats pour le Royaume-Uni.....	23
Stratégie de commercialisation et de mise sur le marché	24
Image du produit et arguments de vente.....	24
Arguments de vente	24
Publicité.....	24
Canaux de distribution	24
Matrice SWOT	25
Limites de la modélisation	25
Exploration des stratégies d'optimisation des coûts	26
Processus industriel.....	26
Économie sociale.....	27
Régime français	27
Réglementation et marché du carbone	28
Principes de fonctionnement des marchés du carbone	28
Focus sur l'Europe.....	29
Perspectives d'évolution du marché du carbone	30
Le secteur de la rénovation	31
Un autre outil : la compensation carbone	32
Conclusions relatives aux marchés et réglementations carbone	32
Annexes 34	
Annexe 1 : Hypothèses relatives à la chaîne de production	34



Introduction

Dans le cadre du projet BIO-CIRC, les caractéristiques techniques, environnementales et économiques des trois prototypes, composés de polyester issu de déchets de literie (couettes et oreillers), de polyester recyclé et de laine, ont été évaluées afin d'obtenir une compréhension globale et multidimensionnelle de leurs forces et faiblesses.

De nombreuses innovations développées en centres de recherche n'atteignent jamais le marché car elles ne sont tout simplement pas compétitives par rapport aux produits existants. L'évaluation économique vise à déterminer si les trois matériaux d'isolation qui ont été développés au cours de ce projet seraient compétitifs, comparés aux matériaux d'isolation conventionnels. L'objectif de cette étude est donc d'estimer le prix de vente de ces isolants et d'identifier les facteurs ayant un impact significatif sur les coûts de production. Ces résultats constitueront une base indispensable pour tout fabricant souhaitant produire et distribuer massivement ces produits isolants sur le marché.

Le projet BIO-CIRC a permis de développer 3 prototypes pouvant être produits dans 2 pays (France et Royaume-Uni). **Cette étude présente ainsi les résultats de 6 scénarios différents** : chaque modèle traduit les estimations économiques pour chaque prototype dans chaque pays.

Note : Dans ce document, le terme "unité" désigne un produit d'une surface de 1m² et d'une résistance thermique de R = 5 m².K/W. Le terme "produit final" désigne un rouleau d'isolant prêt à la vente ayant une résistance thermique de R = 5 m².K/W, mais dont la taille et l'épaisseur varient en fonction du prototype.

Méthodologie et données

L'évaluation économique de ces matériaux d'isolation pour la construction consiste essentiellement en un exercice de simulation, car ils sont encore au stade de prototype et ne sont donc pas encore produits à grande échelle. Aux fins de cette étude, plusieurs modèles ont été développés pour calculer les coûts d'entreprises fictives qui fabriqueraient le matériau d'isolation en polyester, soit en France, soit au Royaume-Uni. Les différentes étapes de la fabrication - et les coûts y afférents - diffèrent selon les scénarios. Dans tous les scénarios, les entreprises modélisées reçoivent les déchets de literie (couettes et oreillers), les transforment en matériaux d'isolation et les expédient au détaillant final de produits isolants.

La méthodologie de modélisation pour ces matériaux d'isolation à base de polyester est spécifique, car le prix des couettes et oreillers collectés et triés - la matière première principale - est inconnu. En France et au Royaume-Uni, le flux de déchets d'articles d'ameublement n'est pas encore correctement organisé. Il n'existe pas de contrats entre les autorités locales (qui collectent et stockent les déchets), les opérateurs de gestion des déchets et les entreprises spécialisées dans le recyclage et la réutilisation des déchets. Par conséquent, le marché de la collecte, du traitement et de la réutilisation des déchets de literie n'existe pas encore, et le prix des couettes et oreillers traités n'est donc pas communiqué. Cette limite pose un problème, tous les coûts principaux devant être évalués pour calculer les coûts de production unitaires.

Ainsi, en raison de l'absence de méthodes satisfaisantes pour estimer le prix de la literie usagée, les coûts de production unitaires ne peuvent pas être calculés avec l'approche "ascendante" habituelle, où tous les coûts sont identifiés et quantifiés. Par conséquent, une approche



descendante a été développée, qui consiste à (i) déterminer un prix de vente "cible", comparable aux prix d'autres produits d'isolation sur le marché ; (ii) quantifier tous les coûts liés à la production d'une unité, à l'exception du coût d'achat des couettes et des oreillers, et (iii) soustraire les coûts de production unitaires du prix cible afin de déterminer le coût d'achat potentiel des déchets de literie.

Plus précisément, les étapes suivantes ont été suivies :

1. La **chaîne de production** des matériaux isolants à base de litière a été décomposée en ses principales étapes ([cf. Chaîne de production](#)). Les éléments suivants diffèrent légèrement selon que le scénario est français ou britannique.
2. Selon l'hypothèse la plus forte, l'usine traiterait **500 tonnes de polyester par an**. Cette hypothèse a permis d'estimer le rythme, le nombre de machines, la quantité de matières premières nécessaires au fonctionnement de l'usine. Globalement, la quantité d'intrants nécessaires à chaque étape a été estimée en termes de machines, de consommables, d'utilitaires, de main-d'œuvre, de transport, etc.
3. **Tous les coûts variables et fixes associés à chaque étape** du processus de production ont été identifiés et mesurés de manière détaillée et complète. Toutefois, comme expliqué précédemment, **le coût des couettes et des oreillers a été ignoré car il n'existe aucune donnée sur le prix des déchets de literie**. Ainsi, les coûts de production annuels totaux **nets des coûts d'achat de la literie** ont été quantifiés.
4. Sachant que l'usine transforme 500 tonnes de polyester par an et les proportions différentes d'autres matières premières ([cf. Description du prototype](#)), il est possible d'estimer la **production totale d'isolant de 1 m² avec R = 5 m².K/W**.
5. Pour déterminer le chiffre d'affaires potentiel et permettre l'analyse inversée, **trois prix de vente " cibles " des distributeurs ont été définis**. Ces prix sont basés sur l'analyse de marché réalisée lors du projet BIO-CIRC. Ils reflètent les prix moyens des produits d'isolation des combles et ont été convertis pour correspondre aux prix de 1 m² de couverture de combles, avec une performance thermique de R = 5 m².K/W.
 - a. 12€ : similaire à la laine de verre et à la laine de roche ;
 - b. 22€ : comme le polystyrène expansé, la fibre de bois, la laine de mouton, le lin ou les textiles recyclés ;
 - c. 31€ : similaire au polyuréthane, à la ouate de cellulose, au chanvre ou au polystyrène extrudé.
6. En multipliant le nombre d'unités produites par l'un des prix cibles et en ajoutant la marge du fabricant, on obtient le **chiffre d'affaires potentiel du fabricant**. Cela permet **d'estimer les impôts de l'entreprise**.
7. En additionnant tous les coûts liés à l'exploitation de l'usine, en ajoutant la marge du fabricant (20 %) et les taxes, et en divisant ce total par le nombre d'unités produites, on obtient le **prix de vente unitaire du fabricant** (net des coûts de la literie usagée).
8. Le **coût d'achat potentiel des couettes et des oreillers** a été calculé, pour chacun des trois prix cibles, et pour un prototype donné avec 1 m² de couverture murale et une performance thermique de R = 5 m².K/W, comme suit : *coût d'achat de la literie = prix de vente cible du distributeur - marge du distributeur (25%) - prix de vente unitaire du fabricant (net des coûts de la literie)*.



9. Un **résultat négatif** indique que l'entreprise fictive **devra être subventionnée** pour être rentable. Un **résultat positif** indique le prix maximum auquel l'entreprise fictive pourrait acheter les articles de literie pour être économiquement viable (c'est-à-dire avec une marge minimale de 20 % sur la vente de ses produits).
10. Ce résultat donnera le coût d'achat des couettes et oreillers d'une unité (1 m² avec R=5 m².K/W). Il faut le diviser par la masse d'une unité et le multiplier par mille pour obtenir le **coût d'achat d'une tonne de déchets de literie**.

Il convient de noter que cette analyse est un exercice de simulation qui repose sur certaines hypothèses et sur les données disponibles. Les résultats ne doivent donc pas être pris au pied de la lettre. Cependant, ils donnent une bonne idée de l'ordre de grandeur et de la répartition des coûts de production.

Description des prototypes

Eden Renewable Innovations, principalement assisté par Back to Earth, a développé les trois prototypes d'isolation à base de literie. Le raisonnement est le suivant : la literie usagée fait partie d'un flux de déchets sous-exploité dans l'économie circulaire, puisque la plupart des couettes et des oreillers en France et au Royaume-Uni ne sont actuellement ni réutilisés ni recyclés. Ils sont soit envoyés dans des décharges, soit utilisés comme source d'énergie dans le cadre de systèmes de valorisation énergétique des déchets. Malheureusement, ces deux solutions sont sources de pollution. L'idée développée dans le cadre du projet BIO-CIRC est donc d'exploiter les propriétés thermiques des couettes, en les réutilisant comme matériau d'isolation pour l'industrie du bâtiment.

Afin d'améliorer les performances et la qualité des matériaux isolants, le polyester extrait des déchets de literie a été mélangé à d'autres matières premières. Pour limiter l'empreinte carbone et environnementale du produit, des matériaux recyclés ou naturels ont été sélectionnés : polyester recyclé et laine.

Ci-dessous, les différentes compositions des prototypes :

- BIO-CIRC Prototype 1 : 65% Polyester récupéré de literie usagée, 25% rPET (recyclé d'emballages plastiques, type bouteilles), 10% Liant Bi-Co PET ;
- BIO-CIRC Prototype 2 : 25% Polyester récupéré de literie usagée, 65% Laine, 10% Liant Bi-Co PET ;
- BIO-CIRC Prototype 3 : 39% Polyester récupéré de literie usagée, 51% Laine, 10% Liant Bi-Co PET ;

Le tableau 1 présente les caractéristiques de chaque prototype.



Characteristics	Prototype 1	Prototype 2	Prototype 3	Unit
length	4,5	5	5	m
width	0,37	0,37	0,37	m
thickness	0,1	0,1	0,1	m
area	1,67	1,85	1,85	m ²
volume	0,167	0,185	0,185	m ³
density	16	18	18	kg/m ³
mass	2,7	3,7	3,7	kg
thermal conductivity	0,044	0,042	0,042	W/mK
thermal performance (R)	2,27	2,38	2,38	m ² .K/W
thickness for R = 5 m ² .K/W	0,22	0,21	0,21	m
% PET from duvets & pillows	65%	25%	39%	%
% rPET	25%	0%	0%	%
% Wool	0%	65%	51%	%
% Bi-Co PET binder	10%	10%	10%	%

Tableau 1 - Caractéristiques de chaque prototype

Il est également intéressant de connaître les caractéristiques moyennes des intrants (couettes et oreillers). Le tableau 2 présente les dimensions et les propriétés thermiques d'un produit isolant à base de déchets de literie. Les dimensions sont celles d'une grande couette classique.

Characteristics	Standard polyester duvet		Standard polyester pillow	
	value	unit	value	unit
length	2	m	1	m
width	2	m	1	m
thickness	0,04	m	0,09	m
area	4	m ²	0	m ²
volume	0,16	m ³	0,03	m ³
density	19,5	kg/m ³	40,0	kg/m ³
mass	3,12	kg	1,30	kg
thermal conductivity	0,043	W/mK	0,043	W/mK
thermal performance (R)	0,93	m ² .K/W	2,09	m ² .K/W
thickness for R = 5 m ² .K/W	0,22	m	0,22	m

Tableau 2 - Caractéristiques des couettes et oreillers standard en polyester

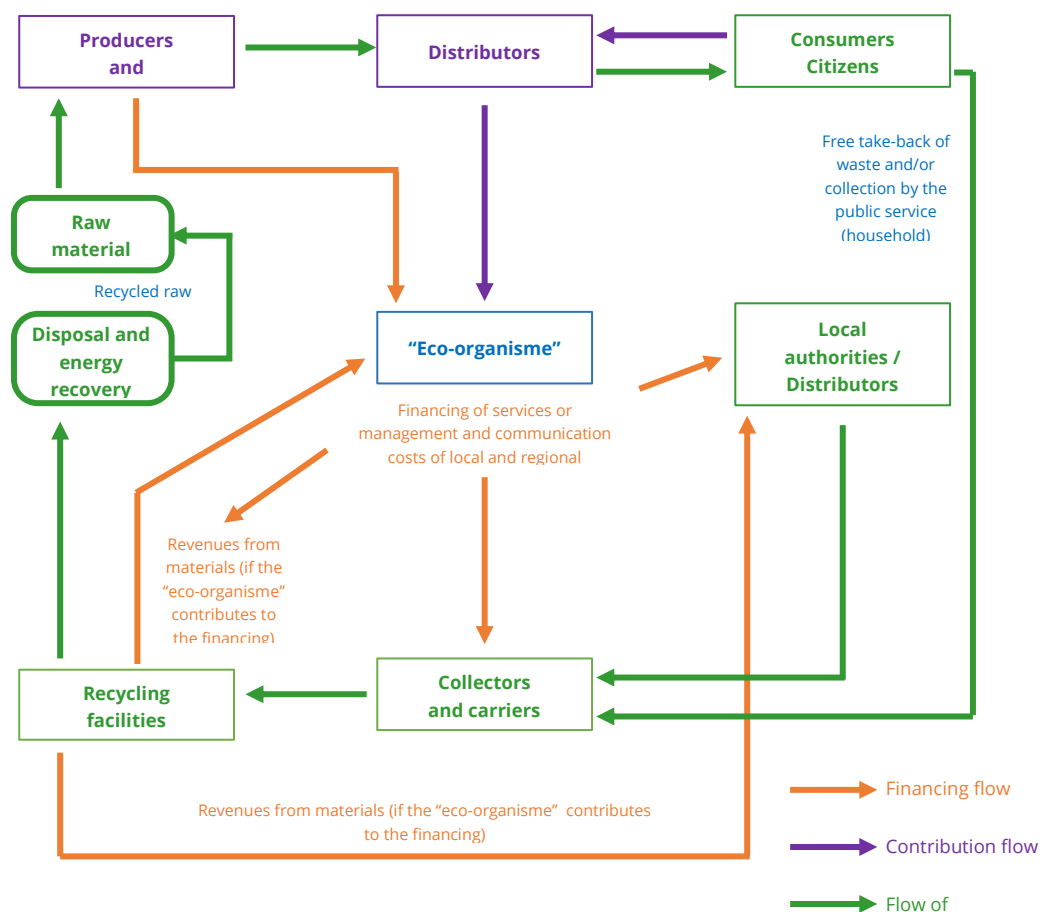


Contexte de l'offre de literie usagée

Contexte réglementaire français

En Europe, les systèmes de Responsabilité Elargie du Producteur (REP) sont largement utilisés pour réduire les impacts environnementaux associés à l'ensemble du cycle de vie d'un produit. Dans le cadre de cette politique, les producteurs de biens de consommation sont financièrement et/ou physiquement responsables de la collecte, du transport, du traitement, de la réutilisation, du recyclage ou de l'élimination finale des biens dont se débarrassent les consommateurs. L'objectif est, en rendant les producteurs responsables des impacts environnementaux et sociaux négatifs associés aux flux de déchets qu'ils génèrent, de prévenir la production excessive de déchets, de promouvoir une conception des produits plus respectueuse de l'environnement et de favoriser la collecte, la réutilisation et le recyclage des produits en fin de vie.

Afin de remplir leurs obligations en vertu du principe de la REP, les producteurs peuvent soit développer i) des systèmes individuels, soit ii) des systèmes collectifs par la création d'une entité appelée "éco-organisme". Dans ce dernier cas, l'éco-organisme est chargé de la collecte des fonds auprès des producteurs et de la gestion de la fin de vie appropriée des produits, par le biais d'un soutien financier aux municipalités et/ou de contrats directs avec les opérateurs de déchets. Le schéma ci-dessous montre l'organisation typique d'une REP avec un éco-organisme.



Source : ADEME, Les filières à responsabilité élargie du producteur – Panorama – Edition 2017



En France, depuis 2011, la loi impose aux émetteurs sur le marché des articles d'ameublement de prendre en charge la collecte, le tri, la réutilisation et l'élimination de ces produits (appelés " déchets d'éléments d'ameublement " - DEEE) sous la forme d'une filière REP. Deux éco-organismes, Éco-mobilier (portant sur le mobilier domestique et la literie) et Valdelia (portant sur le mobilier professionnel), ont été agréés par l'État fin 2012. Depuis le 1er octobre 2018, les produits rembourrés d'assise ou de couchage (PRAC), dont font partie les couettes et oreillers, sont entrés dans le périmètre de l'ORED. Le premier appel d'offres pour la collecte et la gestion des sacs de couchage usagés a été récemment lancé par Éco-mobilier et les offres des entreprises sont en cours d'évaluation. La filière émergente de l'ERP pour la gestion de ces déchets est donc en train de se structurer.

Structure de l'industrie de transformation des déchets de literie en produits d'isolation en France

Compte tenu du contexte réglementaire, la figure suivante montre la structure qui serait en place en France si une filière de recyclage dédiée aux couettes et oreillers usagés était mise en place.

La partie orange correspond au rôle du fabricant modélisé dans cette étude.

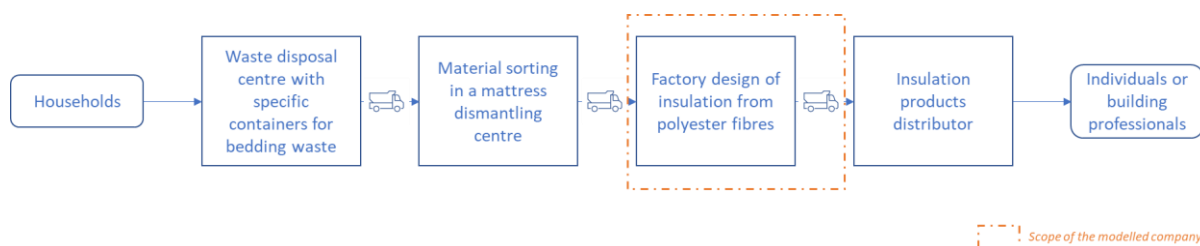


Figure 1 – Structure de l'industrie de transformation des déchets de literie en produits d'isolation (France)

Contexte britannique

Au Royaume-Uni, la gestion des déchets est légèrement différente. Le principe du pollueur-payeur et de la responsabilité élargie du producteur est également un moteur pour la gestion des déchets, mais il n'existe pas d'éco-organisme traitant les déchets de literie. Actuellement, les textiles ménagers non vestimentaires ne sont pas collectés en raison de leur valeur marchande faible ou inexistante. La literie n'est pas non plus ciblée dans les collectes pour la réutilisation/recyclage, car elle est considérée comme étant de faible qualité et son marché final est très limité. Ainsi, les banques textiles, les organisations caritatives et autres collecteurs de textiles demandent généralement au public de ne pas leur donner de couettes et d'oreillers. Mais ils reçoivent quand même des couettes et des oreillers et les éliminent souvent à perte. Dans le cadre du projet BIO-CIRC, il a été décidé de **faire appel à l'Armée du Salut pour la fourniture de couettes et d'oreillers**.

L'activité T1.1 du projet donne plus de détails sur l'organisation de la gestion des déchets de literie en France et au Royaume-Uni.



Structure de l'industrie de transformation des déchets de literie en produits d'isolation au Royaume-Uni

Compte tenu du contexte réglementaire, la figure suivante montre la structure qui serait en place au Royaume-Uni si une filière de recyclage dédiée aux couettes et oreillers usagés était mise en place avec l'aide de l'Armée du Salut.

La section orange correspond au rôle du fabricant modélisé dans cette étude.

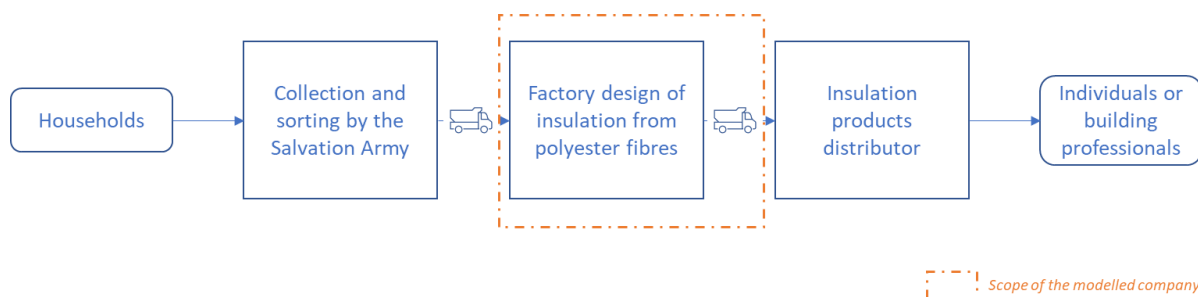


Figure 2 - Structure de l'industrie de transformation des déchets de literie en produits d'isolation (RU)

Chaîne de production

Dans les deux pays, la chaîne de production est quasiment la même. **La seule différence tient dans une étape supplémentaire de lavage et de séchage dans le cas français.** Cette étape supplémentaire est justifiée par les conditions d'approvisionnement différentes. En effet, les déchets de literie étant collectés en France en déchèterie, **le risque de contamination est beaucoup plus élevé.** Afin de produire une isolation de bonne qualité et d'éviter la dégradation du produit final, cette étape de décontamination a dû être intégrée. Le livrable de l'activité T1.2 a permis de déterminer la méthode la plus pratique, la plus économique et la moins carbonée. Dans cette modélisation économique, il a été supposé que les oreillers et les couettes étaient lavés à 65 °C pendant 20 minutes et séchés pendant 40 minutes.

Scénario de production

L'entreprise fictive modélisée dans ce livrable intervient à partir de la collecte des déchets de literie, jusqu'à la vente d'un produit isolant aux distributeurs de matériaux de construction. Dans le scénario français, une étape préliminaire de lavage et de séchage s'ajoute. Dans les deux scénarios, une fois les déchets de literie collectés (et lavés et séchés pour le scénario français), ceux-ci sont transformés en isolant après être passés par deux lignes de production :

- 1) **Refibration des couettes et oreillers** : cette première ligne a pour but de défibrer / déstresser les fibres de polyester pour obtenir des balles composées à 100% de fibres de polyester.
- 2) **Fabrication de l'isolant** : la deuxième ligne vise à mélanger les différents composants (polyester, rPET, laine, etc.), à chauffer, à découper et à emballer l'isolant. Après cette étape, ils sont prêts à être transportés.



Ligne de production n°1 : refibration des couettes et oreillers

La figure 3 montre les différentes étapes de la première ligne de production :

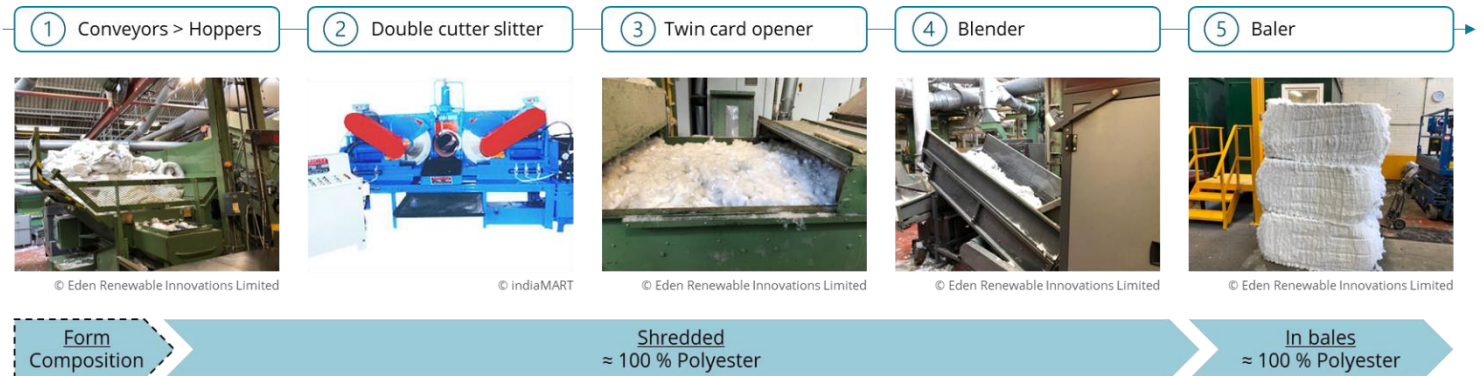


Figure 3 - Ligne de production n°1 : refibration des couettes et oreillers

- 1) **Convoyeurs > Trémies** : cette première machine collecte les couettes et oreillers entrants en un seul endroit et place la matière première sur le tapis roulant ;
- 2) **Découpe à double lame** : les couettes et les oreillers sont coupés et ouverts pour libérer les fibres de polyester emprisonnées dans les housses ;
- 3) **Effilochage** : cette étape permet de démêler les fibres et de les trier plus précisément dans le cas où des éléments étrangers (ex. boutons, etc.) n'ont pas été repérés jusqu'à présent ;
- 4) **Mélange** : toutes les fibres de polyester collectées sont ensuite mélangées de manière homogène (avec au moins 95 % de polyester...) ;
- 5) **Presse à balles** : les fibres de polyester sont ensuite mises en balles pour simplifier leur transport et mieux s'adapter à la ligne de production suivante.

Ligne de production n°2 : Fabrication d'isolants



Figure 4 - Ligne de production n°2 : Fabrication d'isolants



- 1) **Convoyeurs > Trémies** : Après avoir été transportées d'une ligne de production à une autre à l'aide d'un chariot élévateur, les balles sont positionnées sur la ligne de production 2 ;
- 2) **Ouverture des balles** : les balles de polyester sont ouvertes pour être mélangées à d'autres matières premières pour les futurs produits d'isolation ;
- 3) **Mélange** : le polyester des couettes et oreillers usagés est mélangé à d'autres matières premières telles que le rPET et la laine de mouton ainsi qu'à un liant à base de polyester. Le mélange final dépend de la composition du prototype choisi et produit ;
- 4) **Jet d'air & liaison thermique** : le mélange final est ensuite chauffé et aplati pour former une sorte de grand matelas ;
- 5) **Découpe et emballage** : ce matelas est ensuite coupé à intervalles réguliers pour correspondre à la longueur souhaitée du matériau isolant final et presque immédiatement emballé dans son emballage plastique.

Répartition des coûts

Hypothèses de production et d'exploitation

Hypothèses relatives à l'usine

Dans les deux scénarios, l'usine était censée fonctionner 252 jours par an, 7 heures par jour, ce qui équivaut à 1764 heures par an. L'hypothèse la plus forte est que l'usine modélisée traite 500 tonnes de couettes et d'oreillers par an. **L'usine traite donc 283 kilogrammes de polyester par heure.** Compte tenu du nombre de machines nécessaires à la réalisation de cette activité et du besoin d'espace de stockage, **une usine de 8000 m² a été modélisée.**

Hypothèses relatives aux intrants

Sur la base de la quantité de polyester traitée chaque année et de la composition des prototypes, les quantités de matières premières (hypothèses d'entrée) peuvent être calculées et les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

	P1		P2		P3	
	%	t	%	t	%	t
PET from duvets & pillows	65%	500	25%	500	39%	500
rPET	25%	192	0%	0	0%	0
Wool	0%	0	65%	1300	51%	654
Bi-Co PET Binder	10%	77	10%	200	10%	128
Total raw materials	100%	769	100%	2 000	100%	1 282

Tableau 1 – Hypothèses relatives aux intrants

La quantité de matières premières influencera fortement le rythme et le nombre de machines nécessaires ([cf. Hypothèses relatives aux machines](#)).



Hypothèses relatives aux extrants

Comme la composition diffère d'un prototype à l'autre, la quantité d'isolant produite chaque année diffère entre les prototypes. Le tableau suivant présente la production estimée en fonction du prototype choisi.

	P1	P2	P3
Total raw materials (t)	769	2 000	1 282
Final products (rolls)	40 469	97 982	62 809
Units (1 m ² ; R = 5)	218 531	529 101	339 167

Tableau 2 – Production estimée

Hypothèses relatives aux machines

Une fois les intrants (polyester récupéré et autres matières premières) et les extrants (production finale) déterminés, il a été possible d'estimer le nombre de machines nécessaires à chaque étape en calculant le débit nécessaire par heure. Compte tenu de la capacité de charge élevée (voir Annexe 1) des différentes machines, il n'est pas nécessaire de dupliquer le nombre de machines à chaque étape pour éviter les goulots d'étranglement. Cependant, pour les prototypes 2 et 3, la plus faible proportion de polyester (25% et 39%) entraîne une quantité de matières premières plus importante (2000 tonnes et 1282 tonnes) que le prototype 1 (769 tonnes).

Ces quantités d'intrants augmentent donc la production et la cadence de production (sachant que l'usine traite encore 500 tonnes par an), qui dépasse la cadence maximale de certaines machines. Il a donc été décidé de doubler le nombre de ces machines afin de permettre à l'usine de garder la même production quel que soit le prototype produit et d'éviter les goulots d'étranglement. Ainsi, le nombre de machines dépend du prototype produit et sert d'hypothèse de base pour l'évaluation des coûts à chaque étape du processus industriel.

Hypothèses relatives à la main d'œuvre

Certaines hypothèses de base ont été formulées pour estimer la main-d'œuvre nécessaire. En particulier, on suppose que chaque employé travaille 7 heures par jour, 209 jours par an, en tenant compte des congés et d'un taux d'absentéisme de 5%.

Plus de machines implique également plus de personnel. Les hypothèses de main-d'œuvre varient donc également en fonction des prototypes. Le tableau de l'annexe 1 détaille la main d'œuvre nécessaire au fonctionnement de chaque ligne de production. Par exemple, dans le cas du prototype 1, il a été estimé que 11 personnes étaient nécessaires pour faire fonctionner l'usine. Pour le prototype 1, il y a 9 postes à gérer mais comme l'usine fonctionne 252 jours par an et que chaque employé travaille 209 jours par an, deux personnes supplémentaires ont été prises en compte dans ce modèle pour combler cet écart.

Hypothèses relatives au transport

Ce modèle prend en compte le transport de l'isolant vers les distributeurs partenaires. À cette fin, on a supposé que la distance moyenne parcourue par chaque camion pour une livraison est de 400 km et qu'il tourne toujours à plein régime.

Spécificité française

Les hypothèses de production et d'exploitation sont les mêmes pour les scénarios français et anglais, à l'exception d'une étape préliminaire de lavage et de séchage pour le cas français. Cette



étape supplémentaire se répercute donc sur les hypothèses de machines (laveuses et sécheuses) et de main d'œuvre (personnes nécessaires pour réaliser ces étapes).

Estimations de coûts

Coûts liés aux machines

La majorité des hypothèses relatives aux machines sont basées sur les informations fournies par Eden Renewables Innovation Limited dans l'annexe 1. Pour chaque machine, quatre éléments ont été pris en compte afin d'estimer les coûts :

1. Le **coût d'achat** a été inclus dans le modèle en tenant compte de sa durée d'amortissement. En d'autres termes, pour une machine d'un million d'euros ayant une durée de vie de 20 ans, nous avons compté 50 000 euros de dépenses par an. En calculant tous les coûts d'achat, on obtient l'investissement initial nécessaire (si toutes les machines sont achetées en une seule fois la première année). L'investissement initial a été estimé dans la section suivante.
2. Les **coûts des consommables** ont été calculés à partir des chiffres de production et/ou du temps de fonctionnement des machines. Par exemple, pour l'étape 5 "Découpe et emballage" de la 2ème ligne de production, des sacs sont nécessaires pour emballer de manière imperméable l'isolant. Selon Eden Renewables Innovation Limited, chaque sac coûte 1,85 £ (voir annexe 1). Ainsi, en multipliant ce coût par le nombre de sacs nécessaires (égal au nombre d'isolants produits), on obtient les coûts consommables de cette étape.
3. Les seules **charges** nécessaires dans ce processus industriel sont **l'électricité** et **l'eau** (dans le cas français uniquement, qui nécessite de l'eau pour laver les couettes et les oreillers). En multipliant la consommation de chaque machine (voir annexe 1) par le prix du kWh ou du litre d'eau, on obtient le coût des charges. Notez que ces coûts diffèrent entre les scénarios français et britannique : le prix du kWh a été estimé à 0,35 € dans le cas britannique et à 0,15 € dans le cas français.
4. Le **coût annuel de maintenance** a été calculé pour chaque machine en multipliant la fréquence moyenne de maintenance par le coût moyen d'une réparation. Par exemple, pour l'effilocheuse (voir annexe 1), le temps moyen avant défaillance (MTTF) - qui correspond au temps moyen entre deux réparations - est de 100 heures et le prix moyen d'une réparation est de 300 £ (ou 351 €). L'effilocheuse fonctionne 1764 heures par an et le coût annuel de maintenance est égal à $1764/100 \times 351 = 6\,192$ €.

	Forklift truck	Coveyor > Hopper	Double cutter slitter	Twin card opener	Blender	Baler	
Unit	2	1	1	1	1	1	unit
Capacity	500	500	500	500	500	500	kg/hour
Purchase cost / machine	46 800 €	234 000 €	468 000 €	1 755 000 €	58 500 €	117 000 €	€/unit
Depreciation period	10	25	25	25	25	25	years
Consumables unit/year	0	0	24	4	0	2500	unit/year
Consumables €/unit	0,0 €	0,0 €	234,0 €	1 170,0 €	0,0 €	2,3 €	€/unit
Utilities = Electricity	2	10	15	30	2	3	kWh/hour
Mean Time Between Failures (MTBF)	300	200	150	100	400	400	hour
Mean cost to repair	87,75 €	175,50 €	263,25 €	351,00 €	87,75 €	175,50 €	€

Tableau 2 – Exemple de coûts des machines (ligne de production n°1) pour le prototype 1 en France



	Forklift truck	Coveyor > Hopper	Double cutter splitter	Twin card opener	Blender	Baler	
Machine	4 680 €	9 360 €	18 720 €	70 200 €	2 340 €	4 680 €	
Consumables	0 €	0 €	5 616 €	4 680 €	0 €	5 850 €	
Utilities	529 €	2 646 €	3 969 €	7 938 €	529 €	794 €	
Maintenance	516 €	1 548 €	3 096 €	6 192 €	387 €	774 €	
Total	11 450 €	13 554 €	31 401 €	89 010 €	3 256 €	12 098 €	TOTAL 160 769 €

Coûts liés à l'usine

Les coûts d'exploitation et de location de la centrale dépendent fortement de l'endroit où elle est située. Nécessairement, ces coûts sont différents entre les centrales modélisées en France et au Royaume-Uni. Il existe un écart important entre les scénarios français et britannique, le coût du loyer étant presque 5 fois plus élevé dans le sud-est de Londres.

Scénario français

Les coûts de location d'une usine de 8 000 m² ont été estimés après un benchmark en ligne d'usines de taille équivalente près de Rennes. Cette estimation des coûts reste la même pour les trois prototypes produits en France.

Size of the plant	8000	m2
Rental cost per m2 per year	40,75 €	€/m2/year
Rental cost per m2 per month	3,40 €	€/m2/month
Rental cost per year	326 000,00 €	€/year
Charges per m2 per year	14,00 €	€/m2/year
Rental fees	30%	
Total rental cost per year	535 800 €	€/year

Tableau 3 – Estimation du coût des installations en France

Scénario britannique

Les coûts de location d'une usine de 8 000 m² ont été estimés après une étude comparative en ligne d'usines de taille équivalente dans le sud-est de Londres. Cette estimation des coûts reste la même pour les trois prototypes produits au Royaume-Uni.

Size of the plant	8000	m2
Rental cost per m2 per year	188,91 €	€/m2/year
Rental cost per m2 per month	15,74 €	€/m2/month
Rental cost per year	1 511 251,56 €	€/year
Charges per m2 per year	16,38 €	€/m2/year
Rental fees	25%	
Total rental cost per year	2 020 104 €	€/year

Tableau 4 – Estimation du coût des installations au Royaume-Uni

Coûts liés à la main d'œuvre

Les coûts de la main-d'œuvre présentent également une **forte différence entre les scénarios français et britannique**. Bien que les charges soient moins élevées au Royaume-Uni, les salaires sont en moyenne plus élevés et coûtent comparativement plus cher à l'employeur dans l'ensemble. Cependant, quatre personnes sont nécessaires pour les étapes de lavage et de séchage requises dans le cas français. Cela signifie que, globalement, le coût de la main-d'œuvre est plus élevé en France.



Par ailleurs, le poids économique de la main d'œuvre est également **différent selon le prototype choisi** puisque les prototypes 2 et 3 nécessitent plus de machines et donc plus de main d'œuvre (voir hypothèses de main d'œuvre).

Scénario français

Number of employee	15
Number of months in a year	12
Monthly wage/employee	1 600 €
Employer contributions/employee	672 €
Total cost/employee	2 272 €
TOTAL labour costs	408 960 €

Tableau 5 - Estimation des coûts liés à la main d'œuvre pour le prototype 1 en France

Scénario britannique

Number of employee	11
Number of months in a year	12
Monthly wage/employee	2 157 €
Employer contributions/employee	230 €
Total cost/employee	2 388 €
TOTAL labour costs	315 168 €

Tableau 6 - Estimation des coûts liés à la main d'œuvre pour le prototype 1 au Royaume-Uni

Coûts liés aux matières premières

Cost of purchase rPET (£ excluding VAT / t)	2 106 €	2 000 €
Cost of purchase wool (£ excluding VAT / t)	3 510 €	3 000 €
Cost of purchase PET binder (£ excluding VAT / t)	2 925 €	2 925 €

	P1			P2			P3		
	t	€ (UK)	€ (FR)	t	€ (UK)	€ (FR)	t	€ (UK)	€ (FR)
PET from duvets & pillows	500	?	?	500	?	?	500	?	?
rPET	192	405 000 €	384 615 €	0	0 €	0 €	0	0 €	0 €
Wool	0	0 €	0 €	1300	4 563 000 €	3 900 000 €	654	2 295 000 €	1 961 538 €
Bi-Co PET Binder	77	225 000 €	225 000 €	200	585 000 €	585 000 €	128	375 000 €	375 000 €
Total raw materials	769	630 000 €	609 615 €	2 000	5 148 000 €	4 485 000 €	1 282	2 670 000 €	2 336 538 €

Coûts liés à l'expédition

Comme mentionné dans la section "[Hypothèses relatives au transport](#)", on suppose que les camions roulent à plein régime et parcourent en moyenne 400 km pour chaque livraison. De plus, on suppose que chaque camion est capable de transporter 80 m3 de marchandises (la capacité utile d'une semi-remorque est de 90 m3 mais une marge a été conservée, de l'ordre de 10 %, pour tenir compte de l'impossibilité d'optimiser cet espace au maximum).



En divisant le volume produit chaque année par le volume disponible par camion, on obtient le nombre de voyages effectués chaque année. Sachant que 48 077 tonnes d'isolants sont produites chaque année, cela signifie que 601 voyages sont nécessaires chaque année. Le coût des 240 400 km parcourus chaque année pour le transport de ces produits est donc estimé dans le tableau suivant :

	Assumptions	Units
Cost per km per ton	1,38 €	€/t/km
length available per truck	13,1	m
width available per truck	2,4	m
height available per truck	2,6	m
Volume per truck	80	m ³
Final products per truck	67	units
Mass per truck	1280,7	kg
Number of truck rides per year	601,0	rides
Average distance of a truck ride	400	km
Total distance per year	240400	km
Total cost of transport per year	331 515,20 €	€/year

Estimation des taxes

Pour estimer les impôts sur les sociétés, il fallait prévoir le chiffre d'affaires potentiel de l'entreprise. Pour ce faire, les coûts de production ont été calculés sans tenir compte de l'achat éventuel de couettes et d'oreillers, et auxquels ont été ajoutés une marge du fabricant de 20%.

Pour le scénario français, cette taxe a ensuite été calculée en appliquant un taux de 25% aux bénéfices réalisés au cours de l'année. Deux autres taxes ont également été estimées : la Cotisation foncière des entreprises maximale (CFE) et la Cotisation sur la valeur ajoutée des entreprises (CVAE).

Corporate tax	
Manufacturer projected turnover	3 074 523 €
Total costs	2 562 102 €
Benefits	512 420 €
Tax to be paid	128 105 €

Cotisation foncière des entreprises maximale (CFE)	6 559 €
---	----------------

Cotisation sur la valeur ajoutée des entreprises (CVAE)	20 000 €
--	-----------------



Investissements initiaux

Dans cette analyse économique, tous les coûts liés aux immobilisations (machines, bâtiments, etc.) ont été répartis dans le temps de manière linéaire en fonction de leur durée de vie. L'objectif principal est de se faire une idée de la rentabilité économique de l'activité : si tous les coûts d'achat sont intégrés dès la première année, le modèle est forcément déficitaire (certaines machines coûtent plusieurs millions d'euros). Cette méthode de comptabilisation reste assez proche de la réalité car ces immobilisations ne sont pas toujours achetées en une fois et/ou sont adossées à un emprunt bancaire.

Cependant, il est utile et intéressant d'avoir une idée de l'investissement initial nécessaire pour lancer une telle entreprise, en prenant l'hypothèse la plus forte : tous les actifs fixes sont achetés en une seule fois et la première année. Cet investissement initial, qui correspond aux dépenses d'investissement (CAPEX), est présenté dans les tableaux suivants en fonction du scénario retenu.

Les dépenses opérationnelles (OPEX) donnent une idée des dépenses annuelles supportées par l'entreprise pour les besoins de son activité. Elles fournissent un ordre de grandeur des dépenses à payer chaque année pour le fonctionnement de l'entreprise, une fois les immobilisations acquises.

Dépenses d'investissement et de fonctionnement

(Voir page suivante)



Scénario 1 : Prototype 1 en France

	Cost/unit	Lifespan	Year 1		Year 5		Year 10		Year 15		Year 20		Year 25		Cumulative total for 25 years
			Unit	Costs	Unit	Costs	Unit	Costs	Unit	Costs	Unit	Costs	Unit	Costs	
Air lay & bonding oven	3 510 000 €	25	1	3 510 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	3 510 000 €
Twin card opener	1 755 000 €	25	1	1 755 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	1 755 000 €
Cutter and packer	877 500 €	25	1	877 500 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	877 500 €
Blender	526 500 €	25	1	526 500 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	526 500 €
Double cutter slitter	468 000 €	25	1	468 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	468 000 €
Bale opener	468 000 €	25	1	468 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	468 000 €
Bale coveyor > Hopper	351 000 €	25	1	351 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	351 000 €
Coveyor > Hopper	234 000 €	25	1	234 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	234 000 €
Baler	117 000 €	25	1	117 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	117 000 €
Blender	58 500 €	25	1	58 500 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	58 500 €
Forklift truck	46 800 €	10	4	187 200 €	0	0 €	4	187 200 €	0	0 €	4	187 200 €	0	0 €	561 600 €
Dryer	3 000 €	3	18	54 000 €	18	54 000 €	18	54 000 €	18	54 000 €	18	54 000 €	18	54 000 €	324 000 €
Washing machine	3 500 €	3	11	38 500 €	11	38 500 €	11	38 500 €	11	38 500 €	11	38 500 €	11	38 500 €	231 000 €
Total investment				8 645 200 €		92 500 €		279 700 €		92 500 €		279 700 €		92 500 €	9 482 100 €

	Raw materials	Human resources	Taxes	Rental	Utilities	Consumables	Maintenance	Transport	Total
Operational expenditures	609 615 €	408 960 €	153 590 €	535 800 €	53 978 €	103 741 €	21 439 €	310 039 €	2 197 163 €

Scénario 2 : Prototype 1 au Royaume-Uni

	Cost/unit	Lifespan	Year 1		Year 5		Year 10		Year 15		Year 20		Year 25		Cumulative total for 25 years
			Unit	Costs	Unit	Costs	Unit	Costs	Unit	Costs	Unit	Costs	Unit	Costs	
Air lay & bonding oven	3 510 000 €	25	1	3 510 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	3 510 000 €
Twin card opener	1 755 000 €	25	1	1 755 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	1 755 000 €
Cutter and packer	877 500 €	25	1	877 500 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	877 500 €
Blender	526 500 €	25	1	526 500 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	526 500 €
Double cutter slitter	468 000 €	25	1	468 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	468 000 €
Bale opener	468 000 €	25	1	468 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	468 000 €
Bale coveyor > Hopper	351 000 €	25	1	351 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	351 000 €
Coveyor > Hopper	234 000 €	25	1	234 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	234 000 €
Baler	117 000 €	25	1	117 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	117 000 €
Blender	58 500 €	25	1	58 500 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	58 500 €
Forklift truck	46 800 €	10	4	187 200 €	0	0 €	4	187 200 €	0	0 €	4	187 200 €	0	0 €	561 600 €
Total investment				8 552 700 €		0 €		187 200 €		0 €		187 200 €		0 €	8 927 100 €

	Raw materials	Human resources	Taxes	Rental	Utilities	Consumables	Maintenance	Transport	Total
Operational expenditures	630 000 €	315 168 €	160 235 €	2 020 104 €	126 309 €	103 741 €	21 439 €	578 704 €	3 955 700 €

Scénario 3 : Prototype 2 en France

	Cost/unit	Lifespan	Year 1		Year 5		Year 10		Year 15		Year 20		Year 25		Cumulative total for 25 years
			Unit	Costs	Unit	Costs	Unit	Costs	Unit	Costs	Unit	Costs	Unit	Costs	
Air lay & bonding oven	3 510 000 €	25	2	7 020 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	7 020 000 €
Twin card opener	1 755 000 €	25	1	1 755 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	1 755 000 €
Cutter and packer	877 500 €	25	2	1 755 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	1 755 000 €
Blender	526 500 €	25	2	1 053 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	1 053 000 €
Double cutter slitter	468 000 €	25	1	468 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	468 000 €
Bale opener	468 000 €	25	1	468 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	468 000 €
Bale coveyor > Hopper	351 000 €	25	1	351 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	351 000 €
Coveyor > Hopper	234 000 €	25	1	234 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	234 000 €
Baler	117 000 €	25	1	117 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	117 000 €
Blender	58 500 €	25	1	58 500 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	58 500 €
Forklift truck	46 800 €	10	6	280 800 €	0	0 €	6	280 800 €	0	0 €	6	280 800 €	0	0 €	842 400 €
Dryer	3 000 €	3	18	54 000 €	18	54 000 €	18	54 000 €	18	54 000 €	18	54 000 €	18	54 000 €	324 000 €
Washing machine	3 500 €	3	11	38 500 €	11	38 500 €	11	38 500 €	11	38 500 €	11	38 500 €	11	38 500 €	231 000 €
Total investment				13 652 800 €		92 500 €		373 300 €		92 500 €		373 300 €		92 500 €	14 676 900 €

	Raw materials	Human resources	Taxes	Rental	Utilities	Consumables	Maintenance	Transport	Total
Operational expenditures	4 485 000 €	518 016 €	401 980 €	535 800 €	53 978 €	213 487 €	28 765 €	716 535 €	6 953 562 €



Scénario 4 : Prototype 2 au Royaume-Uni

	Cost/unit	Lifespan	Year 1		Year 5		Year 10		Year 15		Year 20		Year 25		Cumulative total for 25 years
			Unit	Costs	Unit	Costs	Unit	Costs	Unit	Costs	Unit	Costs	Unit	Costs	
Air lay & bonding oven	3 510 000 €	25	2	7 020 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	7 020 000 €
Twin card opener	1 755 000 €	25	1	1 755 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	1 755 000 €
Cutter and packer	877 500 €	25	2	1 755 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	1 755 000 €
Blender	526 500 €	25	1	526 500 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	526 500 €
Double cutter slitter	468 000 €	25	1	468 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	468 000 €
Bale opener	468 000 €	25	1	468 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	468 000 €
Bale conveyer > Hopper	351 000 €	25	1	351 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	351 000 €
Coveyor > Hopper	234 000 €	25	1	234 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	234 000 €
Baler	117 000 €	25	1	117 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	117 000 €
Blender	58 500 €	25	1	58 500 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	58 500 €
Forklift truck	46 800 €	10	6	280 800 €	0	0 €	6	280 800 €	0	0 €	6	280 800 €	0	0 €	842 400 €
Total investment				13 033 800 €		0 €		280 800 €		0 €		280 800 €		0 €	13 595 400 €

	Raw materials	Human resources	Taxes	Rental	Utilities	Consumables	Maintenance	Transport	Total
Operational expenditures	5 148 000 €	429 775 €	363 230 €	2 020 104 €	126 309 €	152 484 €	21 439 €	859 788 €	9 121 130 €

Scénario 5 : Prototype 3 en France

	Cost/unit	Lifespan	Year 1		Year 5		Year 10		Year 15		Year 20		Year 25		Cumulative total for 25 years
			Unit	Costs	Unit	Costs	Unit	Costs	Unit	Costs	Unit	Costs	Unit	Costs	
Air lay & bonding oven	3 510 000 €	25	2	7 020 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	7 020 000 €
Twin card opener	1 755 000 €	25	1	1 755 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	1 755 000 €
Cutter and packer	877 500 €	25	2	1 755 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	1 755 000 €
Blender	526 500 €	25	2	1 053 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	1 053 000 €
Double cutter slitter	468 000 €	25	1	468 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	468 000 €
Bale opener	468 000 €	25	1	468 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	468 000 €
Bale conveyer > Hopper	351 000 €	25	1	351 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	351 000 €
Coveyor > Hopper	234 000 €	25	1	234 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	234 000 €
Baler	117 000 €	25	1	117 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	117 000 €
Blender	58 500 €	25	1	58 500 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	58 500 €
Forklift truck	46 800 €	10	6	280 800 €	0	0 €	6	280 800 €	0	0 €	6	280 800 €	0	0 €	842 400 €
Dryer	3 000 €	3	18	54 000 €	18	54 000 €	18	54 000 €	18	54 000 €	18	54 000 €	18	54 000 €	324 000 €
Washing machine	3 500 €	3	11	38 500 €	11	38 500 €	11	38 500 €	11	38 500 €	11	38 500 €	11	38 500 €	231 000 €
Total investment				13 652 800 €		92 500 €		373 300 €		92 500 €		373 300 €		92 500 €	14 676 900 €

	Raw materials	Human resources	Taxes	Rental	Utilities	Consumables	Maintenance	Transport	Total
Operational expenditures	2 336 538 €	518 016 €	274 083 €	535 800 €	53 978 €	137 356 €	28 765 €	459 317 €	4 343 854 €

Scénario 6 : Prototype 3 au Royaume-Uni

	Cost/unit	Lifespan	Year 1		Year 5		Year 10		Year 15		Year 20		Year 25		Cumulative total for 25 years
			Unit	Costs	Unit	Costs	Unit	Costs	Unit	Costs	Unit	Costs	Unit	Costs	
Air lay & bonding oven	3 510 000 €	25	2	7 020 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	7 020 000 €
Twin card opener	1 755 000 €	25	1	1 755 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	1 755 000 €
Cutter and packer	877 500 €	25	2	1 755 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	1 755 000 €
Blender	526 500 €	25	1	526 500 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	526 500 €
Double cutter slitter	468 000 €	25	1	468 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	468 000 €
Bale opener	468 000 €	25	1	468 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	468 000 €
Bale conveyer > Hopper	351 000 €	25	1	351 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	351 000 €
Coveyor > Hopper	234 000 €	25	1	234 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	234 000 €
Baler	117 000 €	25	1	117 000 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	117 000 €
Blender	58 500 €	25	1	58 500 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	0	0 €	58 500 €
Forklift truck	46 800 €	10	6	280 800 €	0	0 €	6	280 800 €	0	0 €	6	280 800 €	0	0 €	842 400 €
Total investment				13 033 800 €		0 €		280 800 €		0 €		280 800 €		0 €	13 595 400 €

	Raw materials	Human resources	Taxes	Rental	Utilities	Consumables	Maintenance	Transport	Total
Operational expenditures	2 670 000 €	429 775 €	268 944 €	2 020 104 €	126 309 €	152 095 €	21 439 €	857 339 €	6 546 005 €



Résultats

Les résultats globaux de l'analyse économique pour la production et la vente de chacun des 3 prototypes, aussi bien en France qu'au Royaume-Uni, sont présentés dans les 2 tableaux récapitulatifs ci-dessous.

Comme expliqué ci-dessus, étant donné que les déchets de literie en polyester ne sont actuellement pas tarifés, une rétro-analyse a été effectuée, en partant d'un prix cible de vente du distributeur (soit 12 €, 22 € ou 31 € par m² mural d'isolant pour une résistance thermique (valeur R) de 5 m².K.W-1) et en retirant successivement les coûts intermédiaires (marge commerciale du distributeur estimée à 25% ; marge brute du fabricant du produit de 20% et coûts de production) afin d'évaluer le coût des couettes et oreillers en polyester usagés nécessaire pour être économiquement viable.

Dans les tableaux ci-dessous, deux cas sont présentés :

- Le coût des couettes est négatif (inférieur à 0) et **surligné en rouge** : **une subvention serait nécessaire** pour rendre la production du produit économiquement viable et pour le vendre à un prix standard sur le marché ;
- Le coût des couettes est positif (supérieur à 0) et **surligné en vert** : **le fabricant du produit pourrait potentiellement se permettre d'acheter** les couettes et oreillers en polyester usagés jusqu'à un certain prix, tout en restant économiquement viable et en les vendant à un prix standard sur le marché.

Résultats pour la France

	Prototype 1			Prototype 2			Prototype 3		
Target distributor price	12 €	22 €	31 €	12 €	22 €	31 €	12 €	22 €	31 €
- Distributor Margin (25%)	3,0 €	5,5 €	7,8 €	3,0 €	5,5 €	7,8 €	3,0 €	5,5 €	7,8 €
Manufacturer's target unit selling price	9,0 €	16,5 €	23,3 €	9,0 €	16,5 €	23,3 €	9,0 €	16,5 €	23,3 €
Manufacturer's unit selling price net of duvets	12,4 €	12,4 €	12,4 €	15,0 €	15,0 €	15,0 €	15,5 €	15,5 €	15,5 €
Estimated duvet price for 1m2 of insulating	- 3,4 €	4,1 €	10,8 €	- 6,0 €	1,5 €	8,2 €	- 6,5 €	1,0 €	7,7 €
Estimated duvet price (in €/kg)	- 1,5 €	1,8 €	4,7 €	- 6,4 €	1,5 €	8,7 €	- 4,4 €	0,7 €	5,3 €
Estimated duvet price (in €/t)	- 1 500,0 €	1 778,0 €	4 728,2 €	- 6 401,2 €	1 535,3 €	8 678,1 €	- 4 410,5 €	677,0 €	5 255,8 €

Résultats pour le Royaume-Uni

	Prototype 1			Prototype 2			Prototype 3		
Target distributor price	12 €	22 €	31 €	12 €	22 €	31 €	12 €	22 €	31 €
- Distributor Margin (25%)	3,0 €	5,5 €	7,8 €	3,0 €	5,5 €	7,8 €	3,0 €	5,5 €	7,8 €
Manufacturer's target unit selling price	9,0 €	16,5 €	23,3 €	9,0 €	16,5 €	23,3 €	9,0 €	16,5 €	23,3 €
Manufacturer's unit selling price net of duvets	20,2 €	20,2 €	20,2 €	29,4 €	29,4 €	29,4 €	21,8 €	21,8 €	21,8 €
Estimated duvet price for 1m2 of insulating	- 11,2 €	- 3,7 €	3,0 €	- 20,4 €	- 12,9 €	- 6,1 €	- 12,8 €	- 5,3 €	1,4 €
Estimated duvet price (in €/kg)	- 4,9 €	- 1,6 €	1,3 €	- 13,8 €	- 8,7 €	- 4,2 €	- 8,7 €	- 3,6 €	1,0 €
Estimated duvet price (in €/t)	- 4 901,5 €	- 1 623,5 €	1 326,6 €	- 13 845,2 €	- 8 743,2 €	- 4 151,3 €	- 8 710,3 €	- 3 622,8 €	955,9 €

En France, aucun des 3 prototypes ne pourrait concurrencer la laine de verre et la laine de roche (prix de vente moyen de 12€/m²) sans bénéficier d'une subvention (ce qui serait peut-être possible compte tenu du système de responsabilité élargie des producteurs en France), mais les 3 devraient pouvoir concurrencer le polystyrène expansé, la fibre de bois, la laine de mouton, le lin ou les textiles recyclés (22€/m²) et le polyuréthane, la ouate de cellulose, le chanvre ou le polystyrène extrudé (31€/m²), sans subvention et en payant également les matières premières (ou en diminuant le prix de vente final). Au Royaume-Uni, des subventions seraient nécessaires pour tous les prototypes et tous les prix de vente cibles, sauf pour les prototypes 1 et 3 à 31€/m², pour lesquels le modèle économique serait viable sans subventions.



Stratégie de commercialisation et de mise sur le marché

Image du produit et arguments de vente

Arguments de vente

Les principaux arguments de vente du prototype 3 sont les suivants :

- Le prototype génère une réduction des émissions de CO₂ par rapport aux matériaux conventionnels équivalents tels que la laine de verre et les laines minérales (voir le rapport d'ACV). Le prototype apparaît donc **respectueux du climat** ;
- Le recyclage des duvets et oreillers usagés s'inscrit dans **l'économie circulaire** et, à ce titre, fait un usage équitable des matériaux et ménage les ressources fossiles et minérales menacées par la surexploitation, tout en réduisant le volume de déchets produits ;
- Grâce à ses propriétés thermiques et hygrométriques, le prototype augmente le **bien-être et le confort** au sein des habitations ;
- Étant donné que les prototypes pourraient se trouver dans l'économie sociale, ils pourraient apparaître comme des **produits socialement responsables**.

Publicité

La publicité pourrait être réalisée sur la base des arguments de vente susmentionnés et devrait cibler les publics suivants :

- Les **collectivités locales**, qui seraient notamment intéressées à soutenir cette production compte tenu de son potentiel de création d'emplois dans l'économie sociale ;
- Les **maîtres d'ouvrages publics ayant de grandes opérations de construction et de modernisation**, tels que les exploitants de logements sociaux, les hôpitaux, les universités, les écoles, etc. ;
- Les **promoteurs immobiliers**.
- Les **architectes**, par le biais d'associations nationales et régionales ;
- Les **grands constructeurs** (type Bouygues, Vinci, Eiffage, etc.) ainsi que les **fédérations d'artisans** ;
- Les **associations** promouvant la construction durable ;
- Les **distributeurs** de produits et matériaux de construction.

Canaux de distribution

Étant donné que les panneaux peuvent i) être produits massivement dans une usine mais ii) être assemblés comme une unité préfabriquée, les canaux de distribution les plus appropriés semblent être i) **les**



distributeurs de matériaux de construction bruts spécialisés ou ii) la **vente directe** aux professionnels de la construction par l'intermédiaire du réseau propre du producteur.

Matrice SWOT

En guise de conclusion, une analyse SWOT (Forces, Faiblesses, Opportunités et Menaces) a été menée.

<p style="text-align: center;"><u>Forces</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Performance thermique ➤ Empreinte carbone basse ➤ Bien-être intérieur ➤ Soutien de l'économie sociale et solidaire ➤ Schéma d'économie circulaire et efficacité d'utilisation des matériaux 	<p style="text-align: center;"><u>Faiblesses</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Le modèle économique actuel nécessite <i>dans certains cas</i> des subventions pour vendre le produit à un prix compétitif
<p style="text-align: center;"><u>Opportunités</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Faible empreinte carbone à valoriser davantage dans un contexte d'urgence climatique ➤ La responsabilité élargie des producteurs s'est récemment élargie aux déchets usagés : des débouchés durables pour ce flux de déchets 	<p style="text-align: center;"><u>Menaces</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ La simulation économique est par essence incertaine ➤ D'autres essais de recherche devraient être entrepris pour affiner la conception du prototype

Limites de la modélisation

Les résultats présentés dans ce rapport doivent être traités avec prudence, car il s'agit d'estimations issues d'un simple exercice de modélisation. Les estimations de coûts et de prix sont inexactes, car certaines des données utilisées et certaines des hypothèses et certains des calculs effectués sont imprécis. Ces problèmes sont inhérents à tout travail de modélisation ou de prévision. Il ne faut pas oublier que le module d'isolation à base de polyester reste au stade de prototype, puisqu'il n'est pas encore produit ou commercialisé. L'objectif de cette évaluation économique était simplement de proposer une première approximation des coûts de production, et donc du prix de vente, de le comparer aux matériaux d'isolation concurrents, et d'explorer des stratégies de réduction des coûts.

Les coûts de production pourraient être sous-estimés :

- En raison de contraintes de temps, de ressources et de données, l'exercice de modélisation n'est pas parfaitement exhaustif. Certaines catégories et composantes de coûts peuvent manquer (par exemple, certains outils, équipements, etc.). Toutefois, les plus importants et les plus pertinents ont été pris en compte.



- Les taxes ont été exclues de l'analyse, car elles sont proportionnelles aux bénéfices de l'entreprise, qui dépendent eux-mêmes des coûts, des prix, des quantités et du chiffre d'affaires. En effet, l'estimation des taxes avec un modèle inversé atteint un niveau de complexité qui dépasse le cadre de la présente étude.
- La modélisation n'a pas pris en compte l'hétérogénéité potentielle de la taille des couettes. La prise en compte de cette hétérogénéité dans une installation industrielle pourrait augmenter les coûts.
- Les coûts de transport pour l'envoi de la laine (prototypes n° 2 et 3) n'ont pas été modélisés, ce qui peut peser sur les coûts de production, notamment en France.

Exploration des stratégies d'optimisation des coûts

Processus industriel

Certains éléments d'optimisation des coûts sont présentés ci-dessous :

- Les coûts unitaires des intrants peuvent être réduits si les matières premières, les emballages, les machines, etc. sont achetés en grandes quantités pour bénéficier de remises.
- Les processus de lavage et de séchage peuvent être encore optimisés ou simplifiés (réduction des coûts). Ces processus ont été modélisés en utilisant une laverie typique. L'utilisation d'un équipement de taille industrielle permettrait de minimiser les coûts.
- Certaines machines / équipements sont sous-utilisés dans la modélisation actuelle (en particulier au début du processus, ainsi qu'à la fin pour les prototypes 2 et 3 (qui incluent de la laine dans la composition)). Bien qu'il ne soit pas toujours possible de procéder à une production allégée (certains temps morts ne peuvent être évités pour des raisons logistiques, par exemple), l'utilisation de certaines machines/équipements pourrait être augmentée avec des productions complémentaires.
- En plus du point précédent, l'usine était censée fonctionner 252 jours par an, 7 heures par jour, soit 1764 heures par an. Le travail en 2, 3, 4 ou 5 équipes augmenterait l'utilisation des machines / équipements et diminuerait donc leur poids économique sur les coûts de production. Toutefois, il convient de noter que le travail de nuit peut entraîner des coûts salariaux supplémentaires et d'autres dépenses liées aux procédures de santé et de sécurité.



Économie sociale

Régime français

Dans la réglementation française, les Structures d'Insertion par l'Activité Economique (SIAE) peuvent constituer une solution pour augmenter l'utilité sociale d'une entreprise tout en réduisant légèrement ses coûts de fonctionnement. Quatre grands types de structures coexistent :

- Ateliers et chantiers d'insertion (ACI) ;
- Entreprises d'insertion (EI) ;
- Associations Intermédiaires (AI) ;
- Entreprises de travail temporaire d'insertion (ETTI) ;

Dans le cadre du projet BIO-CIRC, le seul statut possible est celui d'Entreprise d'Insertion, car il est le seul compatible avec une activité lucrative sur le marché.

Une entreprise d'insertion est une entreprise qui opère dans le secteur marchand, mais dont la finalité est avant tout sociale. L'objectif est d'offrir à des personnes en difficulté une activité productive tout en les accompagnant pour surmonter leurs difficultés (rééducation aux rythmes de travail, formation, accompagnement social...). Le but ultime est de permettre à ces personnes de se réinsérer durablement dans le monde professionnel.

Il n'y a pas de problème de statut puisqu'aucune forme juridique n'est imposée à l'entreprise d'insertion, qui produit des biens ou des services comme n'importe quelle autre entreprise.

Pour devenir une entreprise d'insertion, il est nécessaire de signer une convention avec l'Etat. Cette convention a une durée maximale de 3 ans (renouvelable) et précise notamment :

- Le nombre de postes en équivalent temps plein occupés par des personnes agréées par Pôle emploi, leur ouvrant droit à des aides publiques ;
- Les règles de rémunération des personnes en insertion.
- Les moyens humains mis en œuvre pour encadrer les salariés en insertion ;
- L'évaluation et le suivi des personnes en insertion (bilans, etc.) ;
- Les modalités de dépôt des offres d'emploi auprès de Pôle emploi.

Cette convention ouvre droit, dans la limite du nombre de postes d'insertion fixé par cette dernière, à une aide financière (aide au poste d'insertion). Cette aide se compose d'un montant fixe et d'un montant variable. Le montant variable est fixé chaque année par un arrêté conjoint du ministre chargé de l'emploi et du ministre chargé du budget et tient compte de l'évolution du salaire minimum. Le montant de la partie variable est exprimé en pourcentage du montant de base, entre 0% et 10%. Il est déterminé en tenant compte :

- Les caractéristiques des personnes embauchées et, le cas échéant, des détenus qui ont signé un formulaire d'engagement (dans le cas d'entreprises d'insertion situées dans une prison) ;
- Les actions et moyens d'insertion mis en œuvre ;
- Les résultats observés à la sortie de la structure.

Une entreprise d'insertion embauche donc des personnes en difficulté sociale et professionnelle dans le cadre d'un contrat à durée déterminée d'insertion (CDDDI) qui ne peut excéder 24 mois.



Dans le cas d'un fabricant produisant l'un des prototypes BIO-CIRC, être une Entreprise d'Insertion peut présenter plusieurs avantages économiques tels que :

- Subventions publiques (partie fixe et variable) ;
- Diminution du coût de la main-d'œuvre (en raison de la baisse des salaires).

De plus, d'un point de vue marketing et communication, être un acteur de l'économie sociale peut donner une image très positive de l'entreprise et tendre à augmenter à la fois la visibilité et les ventes de celle-ci.

Cependant, être une Entreprise d'Insertion peut également présenter des inconvénients tels que :

- Un encadrement plus important pour les salariés en réinsertion ;
- Risques de dégradation ou de vol de matériel ;
- Le renouvellement du personnel tous les 2 ans, ce qui implique un effort récurrent de formation initiale et une certaine perte de productivité.

Une évaluation qualitative et quantitative minutieuse des risques et des avantages devrait être effectuée sur un cas réel avant qu'une entreprise ne s'engage sur cette voie. Une telle évaluation va bien au-delà de la portée de la présente étude.

Réglementation et marché du carbone

Principes de fonctionnement des marchés du carbone

Les marchés du carbone ont pour but de limiter les émissions de gaz à effet de serre (GES) en attribuant des quotas, c'est-à-dire un droit d'émettre des tonnes de CO₂ dans l'atmosphère. Ces quotas peuvent s'acheter. Les entreprises émettrices ont pour obligation d'avoir un nombre de quotas équivalent à ses émissions de CO₂ à la fin de chaque année. Les entreprises qui émettent plus de GES que les quotas qui leur sont attribuées sont donc contraintes de racheter des quotas, engendrant un coût supplémentaire. Le prix des quotas doit être suffisamment élevé pour être dissuasif afin d'inciter les entreprises à réduire leurs émissions à la source. Les échanges de quotas peuvent donc prendre place soit dans une logique de marché organisé, soit de gré à gré.

Ces marchés se sont développés à la suite des accords de Kyoto pour limiter les émissions de GES. Ils se sont accompagnés d'un système de **crédits carbone** qui n'est pas contraignant mais qui permet aux entreprises développant des projets permettant de faire des économies de GES (énergies renouvelables, isolation, reforestation, etc.) de revendre des crédits au plus gros émetteurs pour que ceux-ci rentrent dans leur quota. Il y a des organismes de certifications de ces crédits et leur prix est extrêmement variable (de quelques euros à plusieurs centaines d'euros). Pour qu'un crédit soit validé, il doit remplir 4 conditions :

- **Additionnalité** : pour qu'il y ait attribution de crédit carbone, il faut démontrer que le projet, sans cet argent, ne peut aboutir. Par exemple, pour un projet de conservation de forêts, le projet doit montrer que sans l'argent lié à la vente de crédits carbone, la forêt serait coupée ;



- **Mesurabilité** : il est nécessaire de pouvoir calculer la quantité de CO2 évitée ou séquestrée avec une méthodologie reconnue ;
- **Vérifiabilité** : la quantité de CO2 évitée ou séquestrée doit pouvoir être calculée et comptabilisée tous les ans. De ce fait, de pouvoir vérifier l'unicité des crédits carbone ;
- **Permanence** : l'évitement ou la séquestration de carbone doit être valable sur le long terme. Globalement, la durée minimale est de 7 ans.

Environ 12% des émissions mondiales étaient concernées par une tarification du carbone en 2015. L'initiative *Carbon Pricing Leadership Coalition* prévoit que ce taux s'élèvera à 30% en 2030. Les premiers systèmes de marché ont vu le jour aux Etats-Unis dans les années 1990. Aujourd'hui, plus de 40 pays ont une réglementation spécifique sur le sujet (taxe, marché carbone, etc.). La Chine a mis en place un marché carbone national en 2021. Les disparités régionales et sectorielles rendent en revanche impossible l'instauration d'un prix universel du carbone.

Le mécanisme de marché carbone est souvent comparé à celui de taxe carbone. Leur principe est le même : réduire les émissions de GES, mais les principes diffèrent. La taxe carbone fixe un prix au carbone là où le marché décide d'un volume maximum d'émission à ne pas dépasser sans surcoût.

Focus sur l'Europe

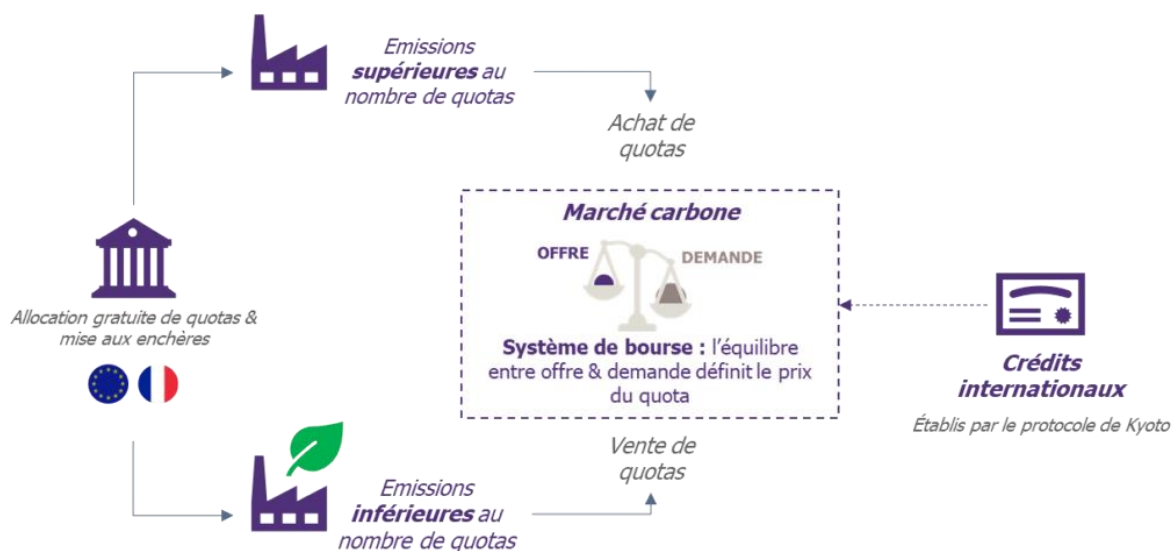


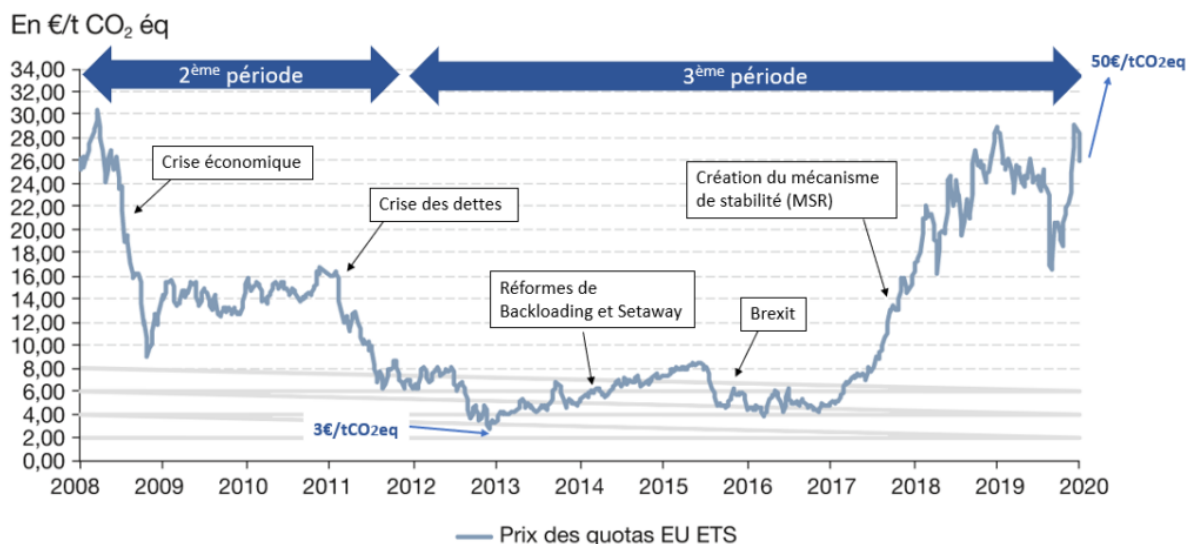
Image Nomadéis-Wavestone

Le marché du carbone de l'Union européenne (ou SEQE, pour Système d'Echange de Quotas d'Emissions) est le plus grand dans le monde Il a été créé au 1^{er} janvier 2005 pour répondre aux engagements pris lors de la signature du protocole de Kyoto. Il concerne plus de 11 000 centrales électriques et installations industrielles, qui représentent environ 45% des émissions européennes de CO2, NO2 et PFCs (les 3 types de GES comptabilisés).



Dans les premières années, un trop grand nombre de quotas gratuits émis ainsi qu'une baisse de l'activité industrielle liée à la crise de 2008 a fortement réduit l'impact du marché carbone : les entreprises n'étaient pas incitées à réduire leurs émissions. Le marché a été réformé en 2017 et le prix est depuis remonté d'un peu moins de 10€ la tonne à plus de 45€ courant 2021. Cette logique tend à se renforcer avec la fin des quotas gratuits à partir de 2027.

Prix du quota de CO₂



Graphique Nomadéis-Wavestone. ETS = Emission Trading System, soit SEQE en anglais

Le SEQE repose sur trois piliers garantissant sa stabilité et le respect des objectifs fixés :

- Un registre comptable où les émissions et la conformité de chaque installation est enregistrée ;
- Un système de mesure de rapportage et de vérification des émissions robuste pour s'assurer que les données d'émissions sont exactes ;
- Un système de pénalités pour s'assurer que les règles, et donc l'intégrité environnementale du mécanisme de marché, sont bien respectées.

Certains mécanismes issus des marchés financiers comme l'emprunt ou l'épargne de quotas existent également. Ils permettent aux entreprises d'anticiper une éventuelle croissance de leurs activités et donc de leurs émissions, ou de conserver une partie de leurs quotas si leur production d'une année s'est révélée plus contrainte que prévue.

Perspectives d'évolution du marché du carbone

Le Pacte Vert européen a pour but de réduire de 55% les émissions de l'UE d'ici 2030. Cet objectif passera en partie par une réforme du marché carbone, avec notamment une réduction des quotas gratuits pour certains secteurs. Le principe est d'augmenter le prix du carbone par des mécanismes de marché, et d'imposer une contribution carbone aux frontières pour éviter le *dumping* environnemental.



Les discussions sont en cours autour de la construction de la prochaine version du SEQE. Le Parlement européen a détaillé sa position sur le sujet en juin 2022 et a annoncé le lancement d'un SEQE II à partir de 2026 qui prendra en compte le bâtiment et les transports routiers. L'intégration des transports et du bâtiment au SEQE devrait générer une hausse du prix des quotas, ce qui s'inscrit dans la politique voulue par la Commission européenne. Les modalités d'intégration de ces deux secteurs n'ont cependant pas encore été clairement détaillées (nouveau marché distinct, ou intégration à l'existant). Les particuliers devraient en être exclus jusqu'en 2029 au moins. Ces points sont actuellement débattus et seront probablement éclaircis d'ici la fin de l'année 2022 et courant 2023 pour des entrées en vigueur progressives à partir de 2024.

La tendance est cependant nettement à une augmentation du prix des quotas carbone, et dans le secteur du bâtiment lorsque celui-ci sera intégré au marché carbone, les matériaux bio-sourcés permettront très certainement de réduire la facture des promoteurs ou des bailleurs en limitant la consommation d'énergie pendant la construction et pendant l'exploitation. Il est difficile de donner des ordres de grandeur à date tant que les travaux de la Commission n'ont pas abouti.

Le secteur de la rénovation

En France, le secteur du bâtiment représente environ un quart des émissions de GES, et 60% de ces émissions sont liées au chauffage. La rénovation énergétique des bâtiments est donc une priorité pour atteindre la neutralité carbone.

Plusieurs mécanismes ont été mis en place. Les CEE, Certificats d'Economies d'Energies, sont un dispositif français qui a pour but d'inciter à réduire la consommation énergétique des acteurs économiques et des particuliers. Ces dispositifs en sont à leur 5^{ème} période normative. La période actuelle court sur 2022-2025 et est encore en cours de définition. Depuis la loi Pacte de 2019, ce dispositif s'applique également sur les 1300 sites concernés par le marché carbone européen à l'échelle nationale. Selon le Ministère de la Transition Ecologique (MTE), depuis 2011 dans le secteur résidentiel, ce dispositif a notamment encouragé l'installation de :

- 1 million de chaudières individuelles et le remplacement de chaudières collectives pour 400 000 appartements ;
- 480 000 appareils de chauffage au bois ;
- 116 000 pompes à chaleur ;
- 260 000 m² de capteurs de chauffe-eau solaire dans les DOM (environ 50 000 logements) ;
- 45 millions de m² d'isolants (environ 300 000 logements dont les combles ou la toiture ont été isolés, et 125 000 dont les murs ont été isolés) ;
- Plus de 3 millions de fenêtres à vitrage isolant ;
- 6 millions de lampes LED de classe A+.



Sur la même période, dans le secteur tertiaire, le MTE estime que le dispositif a encouragé la pose de :

- 20 millions de m² d'isolants de toiture ;
- 100 kilomètres d'isolation de réseaux de chauffage.

Cependant, les insuffisances de la France en termes de rénovation énergétique sont régulièrement pointées du doigt par les différents mouvements écologistes et le gouvernement semble vouloir développer ce dispositif.

Le secteur du bâtiment est directement contributaire à l'obtention de ces certificats en améliorant la performance énergétique des bâtiments. **Il y a donc une opportunité pour les matériaux disposant de bonnes performances énergétiques pour s'imposer dans les procédés constructifs permettant d'obtenir ces certificats.** Dans le cadre des dispositifs comme Ma Prime Renov' par exemple, les particuliers sont aidés pour la rénovation thermique de leur bâtiment. Il y a là encore une opportunité pour les matériaux biosourcés dont les compétences répondent aux exigences de faire valoir des arguments et de bénéficier d'aides publiques pour se développer, au-delà de la construction neuve.

Un autre outil : la compensation carbone

La compensation carbone ne permet pas de réduire ses émissions de GES, mais elle permet de les contrebalancer en séquestrant du carbone. Cet outil fait l'objet de vive critique parce qu'il est plus facile à mettre en œuvre qu'une réduction systémique des émissions de GES, mais il ne sera pas possible en l'état actuel des technologies de compenser l'ensemble des émissions. C'est un outil qui est donc préconisé pour contrebalancer la part irréductible de nos émissions une fois les programmes de réductions appliqués. Il existe des normes de références à l'échelle internationale, comme le Gold Standard développé par la WWF ou le Verified Carbon Standard très utilisé en Europe.

Les matériaux biosourcés captent du CO₂ pendant leur croissance et peuvent donc devenir des puits de carbone, à condition que leur exploitation génère plus de biomasse qu'il n'en est extrait chaque année. Ce stockage peut être évalué par une ACV. La production de matériaux bio-sourcés et leur utilisation pour des projets de construction ou de rénovation peut donc faire l'objet de l'obtention de crédits carbone par la suite valorisables financièrement afin de faire baisser les coûts d'une opération immobilière.

Conclusions relatives aux marchés et réglementations carbone

Dans le cadre des marchés carbone, les matériaux biosourcés permettront certainement des retombées économiques intéressantes pour le secteur de la construction :

- En limitant les coûts énergétiques liés à la production des matériaux en phase de construction ;
- En améliorant les performances énergétiques des bâtiments ;



- En permettant de valoriser ces gains sur les marchés du carbone.

Sur ce dernier point, les évolutions réglementaires en Europe, avec la hausse du prix des quotas et l'intégration du secteur du bâtiment au SEQE devrait être grandement favorable aux matériaux biosourcés et donc à renforcer leur compétitivité. Cependant ces évolutions ne sont pas encore figées et les réglementations sont en cours d'élaboration. A l'heure actuelle, l'émission de crédits carbone qui reposent sur des mécanismes d'adhésion non contraignants sont l'unique moyen de valoriser les gains énergétiques de la filière par de la compensation.



Annexes

Annexe 1 : Hypothèses relatives à la chaîne de production

Phase		Timeframe		Machine			
No	Name of the phase	Nature of the phase (Occasional or continuous)	1/ if occasional : duration (hours) + Frequency (per day, week, month or year) 2/ if continuous: duration per day (hours)	Name of required machine(s)	Capacity of the machine(s)	Purchase cost (excluding VAT) of each machine	Lifetime of each machine (hours, days, weeks, months or years)
Phase 1	Duvet Segregation & Sorting	Continuous	8 hours / day	Conveyor	500kg per hour	£2k-£5k	25 years
				Sorting Table	500kg per hour	£20k-£40k	25 years
Phase 2	Duvet Refiberisation	Continuous	8 hours / day	Forklift Truck		£20k-£40k	10 years
				Conveyors & Hoppers	500kg per hour	£100k-£200k	25 years
				Doutle Cutter Slitter	500kg per hour	£250k-£400k	25 years
				Twin card opener	500kg per hour	£1m-£1.5m	25 years
				Blender	500kg per hour	£50k	25 years
Bailer	500kg per hour	£60k-£100k	25 years				
Phase	Insulation Manufacture	Continuous	8 hours / day	Bale Hopper & Conveyor	500 kg per hour	£150k-£300k	25 years
				Bale opener	500 kg per hour	£200k-£400k	25 years
				Blender	500 kg per hour	£300k-£450k	25 years
				Air lay & bonding Oven	500 kg per hour	£2m-£3m	25 years
				Cutter & Packer	500 kg per hour	£500k-£750k	25 years
				Fortlift Truck			10 years

Phase		Consumables & utilities				Labour	Maintenance		
No	Name of the phase	Consumables required	Purchase cost (excluding VAT) of each consumable	Utilities required	Purchase cost (excluding VAT) of utilities	Labour required / machine (number of employees required to run a process; Full Time Equivalent)	Mean Time Between Failures (MTBF)	Mean Time to Repair (MTTR)	Mean cost to repair
Phase 1	Duvet Segregation & Sorting	None	£0	None	£0.30 per kWh	2	0	0	£0
		None	£0	Conveyor 2.5 kWh per hour. 2 kWh per hour	£0.30 per kWh £0.30 per kWh	2 1	200 300	4	£300,00
Phase 2	Duvet Refiberisation	None		10 kWh per hour	£0.30 per kWh	3	200	2	£150,00
		Blades	£200 per 6 months x 12	15 kWh per hour	£0.30 per kWh		150	3	£225,00
		Drum pins	£1,000 per drum x 4 per year	30 kWh per hour	£0.30 per kWh		100	4	£300,00
		None		2 kWh per hour	£0.30 per kWh		400	1	£75,00
Phase	Insulation Manufacture	Bale wire	£2 per 200kg bail	3 kWh per hour	£0.30 per kWh		400	2	£150,00
				15 kWh per hour	£0.30 per kWh	6	400	2	£150,00
				15 kWh per hour	£0.30 per kWh		250	3	£225,00
				20 kWh per hour	£0.30 per kWh		300	2	£150,00
				80 kWh per hour	£0.30 per kWh		250	6	£450,00
			Bags & wrap	£1.85 per pack	10 kWh per hour	£0.30 per kWh		300	2
			2 kWh per hour	£0.30 per kWh		300	1	£75,00	



EUROPEAN UNION

Interreg



EUROPEAN UNION

France (Channel
Manche) England

BIO-CIRC Project

European Regional Development Fund

Le projet BIO-CIRC s'inscrit dans le programme de coopération territoriale européenne Interreg VA France (Manche) Angleterre et bénéficie du soutien financier du Fonds Européen de Développement Régional