



EUROPEAN UNION

Interreg



EUROPEAN UNION

France ( Channel  
Manche ) England

Projet BIO-CIRC

Fonds européen de développement régional

# Projet BIO-CIRC

**Bio**(and)**Circular** **I**nsulation for **R**esourceful  
**C**onstruction

## Rapport sur la reconversion du processus industriel, l'approvisionnement en matières et la production

*30 juin 2022 – Version finale*

*Rédigé by Mark Lynn, Directeur Général d'Eden Renewable Innovations Ltd*

*Relecture et contribution des partenaires Bio-Circ*



EUROPEAN UNION  
European Regional Development Fund



## 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



**Nomadéis Le Havre**

120, boulevard Amiral Mouchez • 76600 Le Havre • France

Téléphone : +33 (0)1 45 24 31 44

[www.nomadeis.com](http://www.nomadeis.com)



**The Alliance for Sustainable Building Products**

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

Téléphone : +44 (0) 20 7704 3501

<https://asbp.org.uk>



**Eden Renewable Innovations Limited**

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

Téléphone : +44 (0) 1768 486285

<https://www.thermafleece.com>



**Back To Earth Limited**

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

Téléphone : +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

---

Caractéristiques des prototypes .....	5
Matières premières.....	5
Processus de fabrication .....	6
Collecte et tri des couettes .....	6
Matières premières entrantes.....	6
Refibration .....	7
Options pour la fabrication de non-tissés .....	8
Formation de la bande .....	9
Liaison de la bande.....	10
Processus de fabrication – Jet d’air et liaison thermique.....	10
Emballage.....	10
Performance .....	11
Conclusion.....	11
Sources .....	12



## Caractéristiques des prototypes

Quatre composants en fibre ont été utilisés pour la production des prototypes :

1. Polyester récupéré de couettes usagées et refibré (**rcPET**) - fibres créées en coupant les couettes et en tirant pour séparer les fibres.
2. Laine de mouton lavée (**Laine**) - fibres de laine détachées qui ont été nettoyées et dégraissées.
3. Fibre discontinue de polyester recyclé provenant de déchets d'emballages en polyester (**rPET**) - fibre extrudée obtenue à partir de bouteilles en polyester (PET) et d'autres emballages nettoyés.
4. Fibre liante bi-composante en polyester (**bi-co**) - fibre liante couramment utilisée dans les non-tissés, comprenant une fibre centrale à point de fusion élevé entourée d'une gaine en polyester à point de fusion bas qui adhère aux fibres environnantes.

Table 1: Composition des prototypes

Prototype	Epaisseur cible (mm)	Largeur cible (mm)	Longueur cible (m)	Densité cible (kg/m <sup>3</sup> )	Composition (% w/w)			
					rcPET	Laine	rPET	bi-co
<b>P1</b>	100	370	4.5	16	65%	-	25%	10%
<b>P2</b>	100	370	5.0	20	25%	65%	-	10%
<b>P3</b>	100	370	5.0	20	39%	51%	-	10%

## Matières premières

Toutes les matières premières étaient mises en balles et étiquetées d'un numéro de référence indiquant leur composition et leurs caractéristiques techniques.

### Polyester liant bi-composant

Une fibre utilisée dans le processus de liaison thermique en tant qu'agent de liaison, comprenant 2 composants, la gaine (composant de liaison thermique en polyester) et le noyau (polyester ordinaire). Le point de fusion de la gaine est de 110°C. Diamètre de la fibre : 4.4 Decitex. Longueur de la fibre : 30 à 50 mm.

### Polyester recyclé (rPET)

Non-food grade recycled polyester staple fibre. Diameter 4.4 Decitex. 30-100 mm fibre length.

### Polyester réemployé (rcPET)

Couettes en polyester synthétique refibré. Récupéré à partir de couettes. Min 95% polyester ; > 99% synthétique (Polyester, Polyprop, Nylon) ; < 1% coton/cellulosique ; Diamètre - mixte, 1-4 Decitex ; 20-50mm de diamètre de fibre.



## Laine de mouton

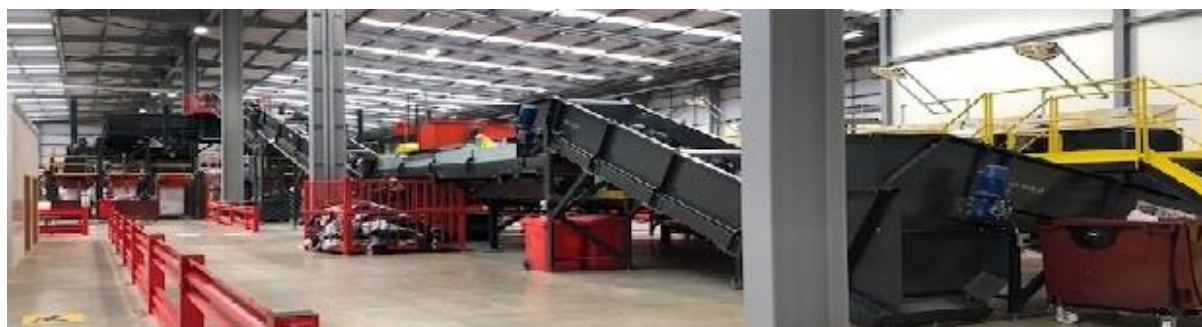
Catégories mixtes. Nettoyée. Diamètre maximal de 45 microns. Longueur de la fibre 25-200 mm.

# Processus de fabrication

## Collecte et tri des couettes

Les oreillers et les couettes sont déposés dans des bacs de recyclage de textiles à travers le Royaume-Uni. Les bacs sont collectés et livrés à des centres de collecte où les couettes sont déchargées et transférées vers une plateforme de tri. Sur la plateforme de tri, les couettes et les oreillers sont séparés et triés. Les couettes sales sont jetées. Les couettes non souillées sont triées en fonction de la description figurant sur l'étiquette de lavage. Les couettes composées de fibres synthétiques sont placées dans des bacs sur roues, puis dans une grande presse à balles où elles sont comprimées en balles de 200 kg.

Figure 1 : Infrastructure pour la collecte et le tri des textiles



## Matières premières entrantes

Toutes les matières premières font l'objet d'un contrôle d'étiquetage pour identification et tri en fonction des caractéristiques du matériau.

Les couettes sont soumises à un second tri. Avant d'entrer dans la ligne de refibration, toutes les couettes sont séparées manuellement. Les couettes visiblement sales sont jetées et les couettes restantes sont triées en fonction de l'étiquette de lavage : il s'agit d'un contrôle de qualité supplémentaire quant aux spécifications des matériaux.





Figure 2 : Inspection des couettes à l'arrivée



## Refibration

Les couettes sont introduites dans une ligne où elles passent dans deux machines de découpe. Il s'agit d'une série de lames rotatives tranchantes qui coupent les couettes et les oreillers en morceaux d'environ 100 mm x 100 mm. Le débit est d'environ 200 kg/h, mais il peut être augmenté du double ou du triple.

Figure 3 : Couettes coupées et tranchées



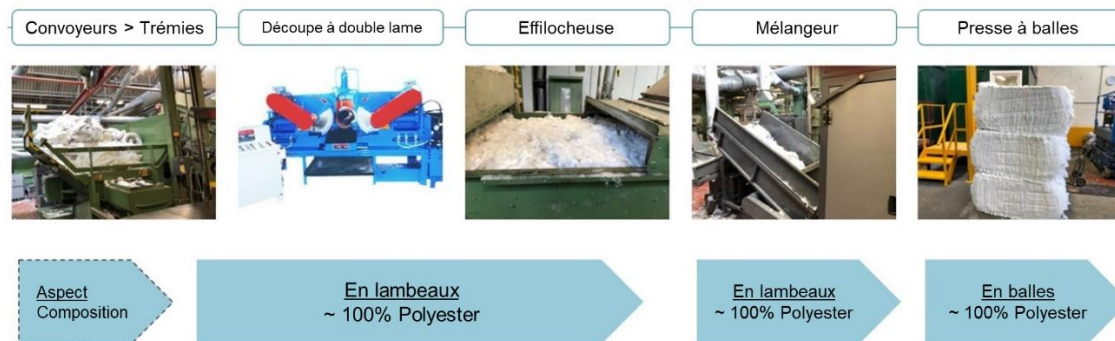
L'isolant passe ensuite dans une effilocheuse où les morceaux de couettes passent sur une série de tambours à picots qui séparent les fibres.

Figure 4 : Tambours à picots



Le matériau passe ensuite dans une trémie de mélange, où les fibres sont mélangées de manière uniforme, et enfin dans une presse à balles où les fibres mélangées sont pressées en balles de 200 kg. Ces balles sont prêtes pour la production d'isolants.

Figure 5 : Processus de refibration



## Options pour la fabrication de non-tissés

La fabrication de non-tissés implique un processus continu dans lequel une bande de fibres est déposée à plat, avant que les fibres ne soient liées pour former le matériau non-tissé final. La méthode de formation de la bande dépend largement de la nature de la matière première et de l'utilisation finale du matériau non tissé.

Parmi les trois méthodes de formation de la bande (sèche, humide ou polymère), le procédé par voie sèche est la technique la plus appropriée à la fabrication d'isolants dans le cas présent. Les fibres peuvent être liées par moyen thermique, chimique ou mécanique, le premier étant le plus approprié dans ce cas.



Les fibres naturelles peuvent être liées par liaison mécanique. Toutefois, la densité élevée et la faible épaisseur du produit fini rendent cette technique inefficace pour un produit d'isolation à densité relativement faible et de plus profondeur plus importante.

## Formation de la bande

Deux options sont possibles pour le procédé de pose à sec : le jet d'air ou le cardage (et le laminage croisé). Les processus de formation de la bande de fibres comportent trois étapes : l'ouverture et le mélange des fibres, qui sont les mêmes pour les deux méthodes, puis la formation et l'empilage de la bande, où les deux techniques diffèrent.

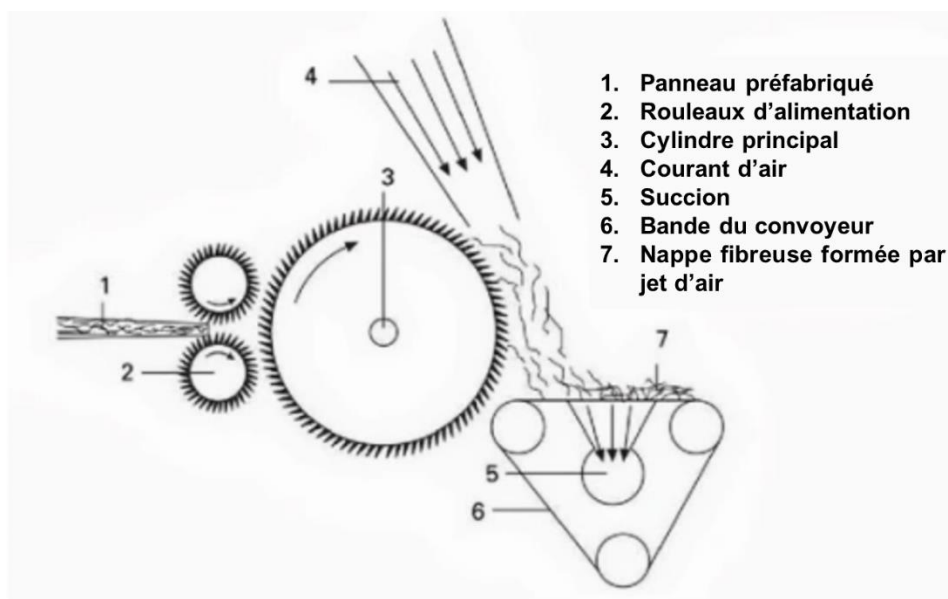
### Cardage

L'objectif du cardage est de séparer les fibres en fibres individuelles, tout en cassant un minimum de ces fibres, d'ouvrir et de mélanger minutieusement les différentes espèces de fibres. Les fibres passent par une série de tambours à picots où elles sont assemblées en un voile fin de fibres. La bande de fibres est créée en superposant chacun de ces voiles pour obtenir l'épaisseur de bande souhaitée. Dans le processus de cardage, les fibres sont orientées dans le sens de la machine. Pour créer une matrice de fibres plus aléatoire, le voile peut être soumis à un rodage transversal, perpendiculaire ou parallèle au sens de la machine.

### Jet d'air

Le jet d'air utilise un flux d'air pour créer la bande. Tout d'abord, les fibres ouvertes et mélangées sont introduites dans un rouleau à pointes puis dans un flux d'air continu. Les fibres sont ensuite collectées sur un écran condensateur où elles forment une bande. Le débit et la direction du flux d'air peuvent être utilisés pour ajuster l'orientation des fibres et la densité de la bande. Le dépôt à l'air convient bien aux fibres courtes. Des vitesses de production plus élevées peuvent être atteintes. Le dépôt à l'air est limité aux poids de non-tissés supérieurs à 30 g/m<sup>2</sup> (ce qui est inférieur au minimum atteint par l'isolation la plus fine, qui ne sera jamais plus légère que 300 g/m<sup>2</sup>). Le jet d'air est utilisé pour créer des bandes volumineuses, isotropes et uniformes à partir d'un mélange de fibres synthétiques et/ou naturelles.

Figure 6 : Formation d'une bande à l'aide d'un jet d'air





## Liaison de la bande

Une fois que la bande a été formée, ses fibres doivent être liées. La bande peut être liée par moyen thermique, mécanique ou chimique. La méthode dépend de l'utilisation finale et de la nature de la formation de la bande. La liaison chimique n'est pas souvent employée pour les non-tissés utilisés pour les isolants naturels. Bien que le latex ait déjà été utilisé, il a une durée de vie limitée et sa dégradation peut entraîner le déplacement des fibres et l'affaissement de l'isolation en cours de service. La liaison mécanique est généralement réalisée par aiguilletage, ce qui est très efficace pour les bandes minces à haute densité. Néanmoins dans le cas où la liaison mécanique serait utilisée pour fabriquer un isolant, il est probable que les fibres se délogeraient et que l'isolant s'affaisserait en service. Enfin, la liaison thermique consiste à incorporer une fibre dans la bande, qui fond et lie les fibres à l'intérieur de la bande lorsque celle-ci passe dans un four. Il s'agit d'une méthode fiable pour créer des non-tissés durables à une densité plus faible et d'épaisseur plus importante. Les isolants thermocollés ont beaucoup moins tendance à s'affaisser en service.

## Processus de fabrication – Jet d'air et liaison thermique

La technologie existante des non-tissés a été utilisée pour fabriquer les prototypes. Les non-tissés sont utilisés dans l'isolation, les lingettes, les produits médicaux, les produits d'hygiène féminine et les couches jetables. La technique du jet d'air a été choisie principalement en raison de la longueur variable des fibres provenant de couettes usagées. Il est possible d'utiliser le cardage et le nappage croisé, mais le processus serait alors plus lent. La liaison thermique à l'aide d'un liant bi-composant a été jugée essentielle.

Figure 7 : Processus de fabrication des isolants



L'ouverture des fibres est particulièrement importante pour la production d'isolants, car elle permet d'obtenir un isolant dont la densité est plus uniforme, et dont les performances d'isolation sont donc plus constantes sur la section à isoler. A l'inverse, les variations de densité peuvent former des points chauds ou froids dans l'isolation et donc, entraîner une moins bonne isolation.

## Emballage

L'isolant passe du four (pour la liaison thermique) à la ligne d'emballage où il est enroulé et emballé dans des sacs en PEBD, à raison de 3 rouleaux par sac. Le sac PEBD scellé protège l'isolant de la pluie et garantit que l'isolant reste dans le même état que lorsqu'il a quitté la ligne de collage. Cela signifie que l'isolant reste sec et que l'isolant emballé aura une très faible activité hydrique, ce qui permet d'éviter la croissance microbienne avant la manipulation et l'installation.



## Performance

---

Les prototypes ont été soumis à une série de tests qui sont décrits en détail dans le rapport de déploiement (cf. rapport T1.3.4.1). Les tests suivants ont été effectués :

- ISO 8301:1991 Conductivité thermique – minimum 0.044 W/mK.
- EN 11925 - Comportement au feu – inflammabilité. Propagation de la flamme < 150mm.
- ISO 12572 - Facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau – tel que déterminé.
- EN 1602 – Masse volumique – tel que déterminé.
- BS EN ISO 12571:2013 - Fonction de stockage de l'humidité – tel que déterminé.
- BS ISO 15901-1:2016 – Porosité – % tel que déterminé.
- EN ISO 15148 - Coefficient d'absorption d'eau liquide – tel que déterminé.

## Conclusion

---

Les essais de fabrication du prototype ont démontré que **les isolants issus de déchets de couettes refibrés pouvaient être produits à grande échelle**. D'autres essais sont nécessaires pour déterminer la variation des propriétés et de la qualité des fibres provenant de déchets de couettes. En raison du temps limité disponible, il n'a néanmoins pas été possible d'effectuer d'autres séries de production.

Les principaux défis qui nécessitent un examen plus approfondi sont les suivants :

- Uniformité de la qualité des matières premières. Il pourrait être possible d'utiliser une technologie de détection IR afin d'accélérer le processus de tri et d'assurer une plus grande uniformité.

La qualité variable des fibres de couette peut altérer la vitesse de production et provoquer des aspérités dans la formation de la bande, bien que cela n'ait pas été mis en évidence pendant l'essai.

- Le diamètre des fibres de polyester utilisées dans les couettes est généralement plus fin que celui des fibres de polyester généralement utilisées dans les isolants. La production d'échantillons de laboratoire a fourni une bonne indication des proportions de cofibres, mais une production répétée à grande échelle serait nécessaire pour optimiser les mélanges de fibres.
- Il n'a pas été possible de produire un prototype d'isolation contenant entièrement du polyester récupéré. Cependant, cela pourrait être possible si la densité était considérablement augmentée. Cette solution ne serait viable que si le coût de la matière première était suffisamment bas.

Dans l'ensemble, l'essai de fabrication du prototype a démontré qu'il était techniquement possible de produire à grande échelle un isolant composé de fibres de polyester issues de déchets de literie.



## Sources

---

- Nonwoven Fabric: Manufacturing and Applications by Rembrandt Elise
- Nonwovens: Process, Structure, Properties and Applications by T. Karthik, R. Rathinamoorthy and C. Praba Karan
- Geotextiles from Design to Applications Edited by R.M. Koerner
- Geotextile: It's Application to Civil Engineering – Overview by Dr. Bipin J Agrawal



EUROPEAN UNION

Interreg



France ( Channel  
Manche ) England

Projet BIO-CIRC

Fonds européen de développement régional

*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*