



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
Construction

Rapport de déploiement du prototype (Royaume-Uni)

30 juin 2022 – Version finale



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



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

Résumé	5
Description des prototypes.....	5
Essais thermiques	6
Conductivité thermique	6
Essais hygrothermiques	8
Méthodes	8
Conditionnement	8
Porosité	8
Absorption de l'eau.....	8
Résistance à la diffusion de la vapeur d'eau	8
Sorption de vapeur	9
Résultats	9
Porosité	9
Absorption de l'eau.....	10
Sorption de vapeur	11
Masse volumique.....	12
Activité de l'eau.....	12
Réaction au feu	14
Déploiement en milieu opérationnel	16
Discussion	18
Standards	19



Résumé

Dans le cadre du projet BIO-CIRC, le partenaire Eden Renewable Innovations Limited a produit un échantillon pour chacun des trois prototypes de produits d'isolation. Ces prototypes ont été fabriqués à partir de déchets de literie et de polyester recyclé, ainsi qu'à partir de laine de mouton pour deux des trois prototypes. Sous la supervision de Nomadéis, plusieurs caractéristiques des échantillons produits ont ensuite été testées : conductivité thermique, réaction au feu, activité de l'eau et propriétés hygrothermiques.

En plus des tests de déploiement initialement prévus, deux prototypes (P2 et P3) ont été installés dans un cadre opérationnel à East Grinstead (East Sussex).

En conclusion, tous les prototypes ont montré des performances suffisantes pour prouver leur potentiel de commercialisation. Les prototypes contenant de la laine de mouton ont obtenu de meilleurs résultats pour toutes les mesures et le prototype contenant la plus grande proportion de laine a obtenu les meilleurs résultats. Le test supplémentaire de déploiement dans un grenier d'une propriété existante a montré que les prototypes 2 et 3 pouvaient être utilisés avec succès en service, sans qu'aucun problème opérationnel ne soit identifié.

Description des prototypes

Quatre composants de 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.

Trois prototypes ont été produits conformément au concept de prototype. Les caractéristiques de chacun d'entre eux sont décrites ci-dessous :

Tableau 1: Composition des prototypes

Prototype	Composition (% w/w)			
	rcPET	Laine	rPET	bi-co
P1	65%	-	25%	10%
P2	25%	65%	-	10%
P3	39%	51%	-	10%



Figure 1: Prototypes



Prototype
P1



Prototype
P2



Prototype
P3

Essais thermiques

Conductivité thermique

La conductivité thermique est une mesure de la quantité de chaleur transportée à travers un matériau. Cette propriété est indépendante de l'épaisseur du matériau, de sorte que sa mesure à une certaine épaisseur donne une valeur qui peut se rapporter à une large gamme d'épaisseurs différentes. La conductivité thermique définit le coefficient de transmission thermique (1/R) d'un élément de construction, c'est donc la propriété la plus importante d'un produit d'isolation.

La conductivité thermique a été mesurée sur un échantillon de chaque prototype, conformément à la norme **ISO 8301:1991** Isolation thermique - Détermination de la résistance thermique et des propriétés connexes en régime stationnaire - Méthode fluxmétrique.

Des échantillons d'isolant de 60 mm de profondeur ont été testés dans les conditions suivantes :

Tableau 2 : Paramètres de mesure thermique

Mesure	Valeur
Température moyenne [°C] :	10.1
Différence de température moyenne [°C] :	12.12
Densité du flux de chaleur [W/m ²] :	7.599
Durée du point de consigne [heures] :	30.33

Une seule mesure de la conductivité thermique ne suffit pas à déterminer l'uniformité de la propriété pour des échantillons multiples. Il n'a néanmoins pas été possible d'effectuer plusieurs mesures. Afin d'estimer la conductivité thermique probable, la norme **ISO 10456** a été utilisée pour déterminer la valeur de conductivité thermique que 90% de la production devrait égaler ou dépasser avec une limite de confiance de 90%.



Tableau 3 : Conductivité thermique de P1

PROTOTYPE 1	VALEURS							
Nombre supposé d'échantillons	3	4	5	6	7	8	9	10
Coefficient d'intervalle de tolérance (90%)	2.02	1.92	1.86	1.81	1.77	1.74	1.71	1.69
Ecart-type estimé	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Conductivité thermique mesurée (échantillon unique) (W/mK)	2	2	2	1	1	1	1	1
	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	8	8	8	8	8	8	8	8
Conductivité thermique (90/90) (W/mK)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	3	2	2	0	0	0	0	0

Tableau 4 : Conductivité thermique de P2

PROTOTYPE 2	VALEURS							
Nombre supposé d'échantillons	3	4	5	6	7	8	9	10
Coefficient d'intervalle de tolérance (90%)	2.02	1.92	1.86	1.81	1.77	1.74	1.71	1.69
Ecart-type estimé	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Conductivité thermique mesurée (échantillon unique) (W/mK)	2	2	2	1	1	1	1	1
	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	6	6	6	6	6	6	6	6
Conductivité thermique (90/90) (W/mK)	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	1	0	0	8	8	8	8	8

Tableau 5 : Conductivité thermique de P3

PROTOTYPE 3	VALEURS							
Nombre supposé d'échantillons	3	4	5	6	7	8	9	10
Coefficient d'intervalle de tolérance (90%)	2.02	1.92	1.86	1.81	1.77	1.74	1.71	1.69
Ecart-type estimé	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Conductivité thermique mesurée (échantillon unique) (W/mK)	2	2	2	1	1	1	1	1
	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	8	8	8	8	8	8	8	8
Conductivité thermique (90/90) (W/mK)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	3	2	2	0	0	0	0	0

Les valeurs obtenues indiquent que les prototypes se situeront dans la plage de conductivité thermique spécifiée. Pour confirmer cette hypothèse, il faut tester un plus grand nombre d'échantillons et obtenir une uniformité des mesures, qui permette d'atteindre un écart type de 0,001 W/mK entre les résultats d'au moins 6 échantillons.



Essais hygrothermiques

Méthodes

Conditionnement

Les spécimens ont été déballés et transférés dans une chambre climatisée à 23°C où le taux d'humidité relative s'élevait à 50%, au moins deux semaines avant le test. Durant cette période, la masse de spécimens aléatoires des échantillons a été mesurée afin de s'assurer qu'elle soit stable avant les tests.

Porosité

La norme **ISO 15901-1:2016** a servi à déterminer la **porosité des échantillons** par porosimétrie à mercure. La porosimétrie par intrusion de mercure (PIM) est une méthode largement acceptée pour l'analyse de la taille des pores de divers matériaux tels que les matériaux de construction, principalement parce qu'elle permet d'analyser une large gamme de tailles de pores, allant des méso- aux macropores. La pression hydrostatique est augmentée progressivement, afin de permettre au mercure de pénétrer dans les pores par ordre décroissant de largeur. Il existe ainsi une relation inverse entre la pression appliquée et le diamètre des pores.

Les spécimens testés mesuraient tous nominalement 20 mm x 10 mm x 10 mm et étaient testés à l'aide d'un Thermo Scientific Pascal 140 et d'un Thermo Scientific Pascal 440.

Absorption de l'eau

La norme **EN ISO 15148:2002** a permis de déterminer le **coefficient d'absorption d'eau** par immersion partielle. L'absorption d'eau par immersion partielle est déterminée en mesurant le changement de masse de l'échantillon test, dont la surface inférieure est en contact avec l'eau, sur une période d'au moins 24 heures.

Le test a été effectué sur deux échantillons pour chaque matériau (Figure 1) afin d'étudier l'absorption par la "surface" et par le "bord" du prototype. Lors de l'essai d'absorption par la "surface", trois spécimens ont été testés avec une surface nominale exposée de 100 mm x 100 mm et une épaisseur d'environ 50 mm. Lors de l'essai d'absorption "du bord", six spécimens ont été testés avec une surface nominale exposée d'environ 100 mm x 50 mm, l'épaisseur dans cette orientation mesurant environ 100 mm. Les côtés des spécimens ont été scellés à l'aide de ruban adhésif en aluminium.

Résistance à la diffusion de la vapeur d'eau

La norme **EN ISO 12572:2016** a été utilisée pour déterminer la **perméabilité à la vapeur d'eau** des matériaux de construction dans des conditions isothermes. Une éprouvette est scellée sur le côté ouvert d'une coupelle d'essai contenant, soit un dessiccateur (coupelle sèche), soit une solution aqueuse saturée (coupelle humide). L'ensemble est ensuite placé dans une chambre d'essai dont la température et l'humidité sont contrôlées. En raison de la différence de pression de vapeur partielle entre la coupelle et la chambre, un flux de vapeur se produit à travers les matériaux isolants. Des pesées périodiques (quotidiennes) de l'assemblage sont effectuées pour déterminer le taux de transmission de la vapeur d'eau.

Six spécimens de chaque prototype (Figure 1) ont été testés ; trois dans des conditions de coupelle "humide" et trois dans des conditions de coupelle "sèche". Une solution aqueuse de dihydrogénophosphate d'ammonium a été utilisée pour obtenir une humidité relative de 93 % à



23 °C pour la coupelle " humide " et du chlorure de calcium a été utilisé pour obtenir une humidité relative de 0 % à 23 °C pour la coupelle " sèche ". Chaque assemblage se trouvait dans une chambre d'essai à 50% d'humidité relative et à 23 °C. Chaque spécimen avait la forme d'un carré nominal de 100 mm x 100 mm, avec une épaisseur d'isolant d'environ 50 mm.

Sorption de vapeur

La norme **EN ISO 12571:2013** a été utilisée pour déterminer les **propriétés de sorption hygroscopique** par la méthode de la chambre climatique (§7.3). Tout en maintenant une température constante ($23 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$), l'éprouvette est placée consécutivement dans une série d'environnements tests, l'humidité relative augmentant par paliers. La teneur en humidité est déterminée lorsque l'équilibre avec chaque environnement est atteint. L'équilibre avec l'environnement est établi en pesant le spécimen jusqu'à ce qu'une masse constante soit atteinte (deux mesures à 24 heures d'intervalle avec une différence de masse inférieure à 0,1%).

Bien que la taille des spécimens ne soit pas cruciale, des carrés d'environ 100mm x 100mm avec une épaisseur d'isolant d'environ 50mm ont été choisis. Avant les essais, les spécimens ont été séchés dans un four à $105 \pm 1^{\circ}\text{C}$ jusqu'à l'obtention d'une masse constante.

Résultats

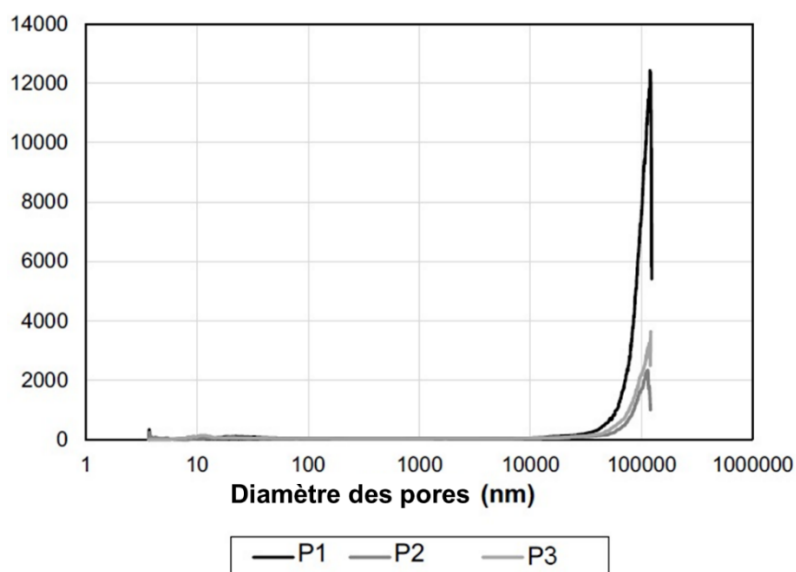
Porosité

Les caractéristiques de la porosité sont indiquées dans le tableau 6 et la figure 2. Comme on peut s'y attendre pour les matériaux d'isolation, on note un nombre relativement important de pores larges.

Tableau 6 : Mesures de la porosité

Echantillon	Porosité (%)
P1	76.30%
P2	45.60%
P3	55.20%

Figure 2 : Distribution du diamètre des pores



Absorption de l'eau

Le coefficient d'absorption d'eau, comme indiqué dans le tableau 7, est établi sur une période de 24 heures. Les figures 3 et 4 sont supposées être de type B selon la norme ISO 15148. Les résultats montrent une nette anisotropie, probablement due au processus de fabrication.

Tableau 7 : Coefficients d'absorption d'eau

Echantillon	Coefficient moyen d'absorption d'eau (W_w)	
	Coefficient d'absorption des eaux en surface ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{h}^{0.5}$)	Coefficient d'absorption d'eau en bordure ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{h}^{0.5}$)
P1	0.04	1
Coefficient de variation	8.30%	12.50%
P2	0.46	0.41
Coefficient de variation	13.70%	8.60%
P3	0.22	0.47
Coefficient de variation	10.50%	9.30%

Figure 3 : Sorption d'eau en surface

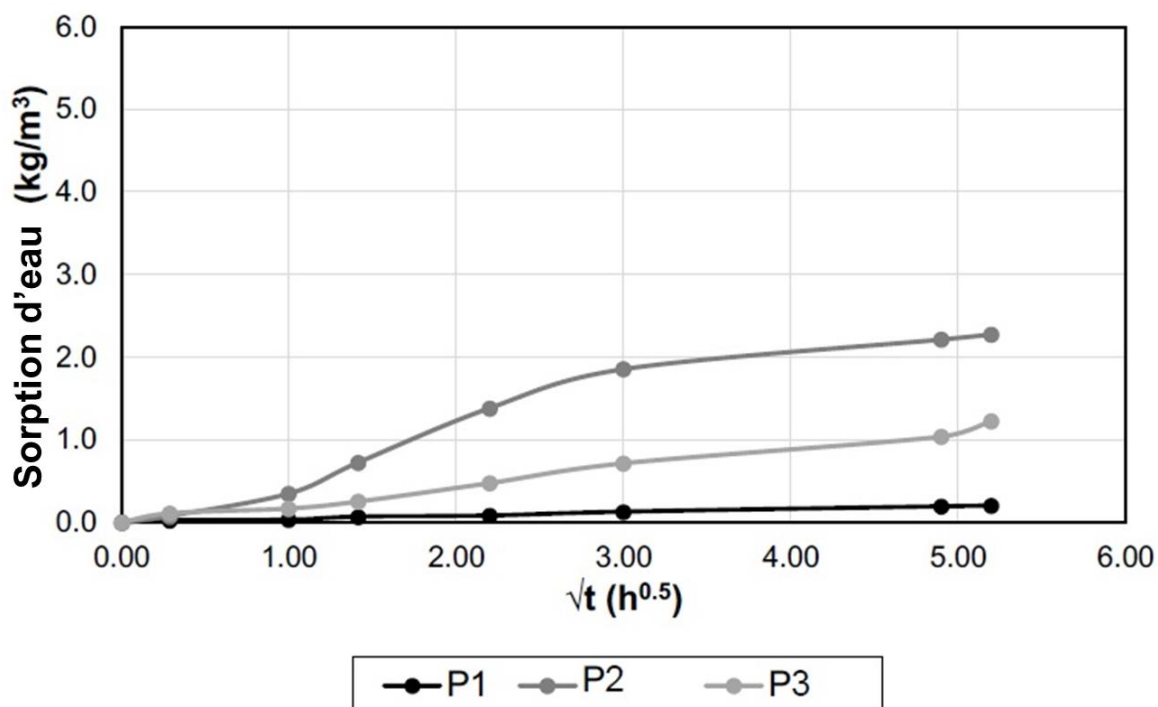
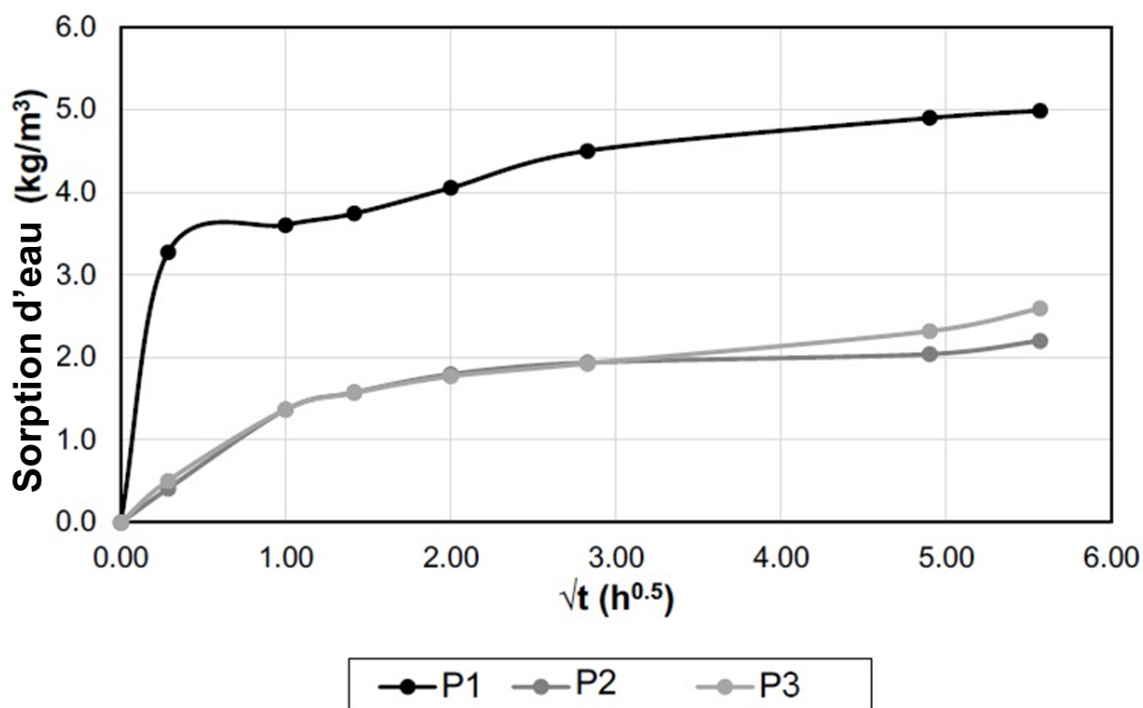


Figure 4 : Sorption d'eau en bordure



Sorption de vapeur

Les propriétés de sorption hygroscopique sont indiquées dans le tableau 8, le tableau 9 et la figure 5.

Tableau 8 : Teneur moyenne en humidité des spécimens, à différentes humidités relatives pendant la sorption.

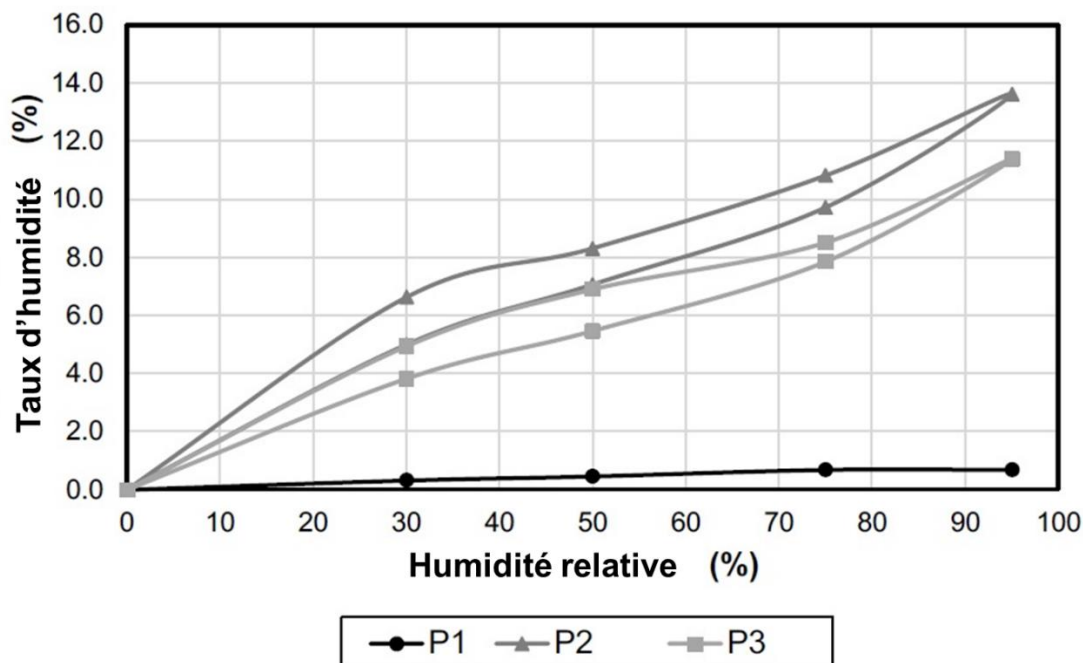
Echantillon	Humidité Relative				
	0%	30%	50%	75%	95%
P1	0%	0.32%	0.46%	0.69%	0.69%
Coefficient de Variation		(20.20%)	(21.80%)	(18.20%)	(17.20%)
P2	0%	4.99%	7.07%	9.72%	13.63%
Coefficient de Variation		(8.50%)	(0.50%)	(0.40%)	(3.70%)
P3	0.00%	3.82%	5.47%	7.85%	11.39%
Coefficient de Variation		(16.80%)	(8.80%)	(5%)	(20.10%)

Tableau 9 : Teneur moyenne en humidité des spécimens, à différentes humidités relatives pendant la désorption.

Echantillon	Humidité Relative				
	95%	75%	50%	30%	0%
P1	0.69%	0.69%	0.86%	0.73%	0.00%
Coefficient de Variation	33.20%	33.20%	2.30%	22.70%	
P2	13.63%	10.82%	8.31%	6.63%	0.00%
Coefficient de Variation	3.70%	2.20%	4.80%	5.00%	

P3	11.39%	8.51%	6.90%	4.94%
Coefficient of Variation	20.10%	1.40%	3.80%	1.60%

Figure 5 : Isothermes de sorption



Masse volumique

La **masse volumique** (masse par unité de volume) est une propriété importante, car elle influence la plupart des propriétés d'un matériau isolant. Il est donc important d'avoir une masse volumique constante pour assurer la performance constante d'un produit isolant.

La masse volumique (masse par unité de volume) a été déterminée conformément à la norme **EN 1602:2013** Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination de la masse volumique apparente. Dans le cadre de cette étude, la densité apparente et la masse volumique sont des termes désignant la même propriété.

La masse volumique globale Pa, est la masse par unité de volume d'un produit, en prenant en compte toutes les couches de surface formées pendant la production mais en excluant tous les parements et/ou revêtements.

Tableau 10 : Masse volumique

Item	Masse volumique (kg/m3)	Ecart
P1	16	15%
P2	21	15%
P3	18	15%

Activité de l'eau

L'**activité de l'eau** (a_w) est la pression de vapeur d'eau contenue dans un matériau, divisée par la pression de vapeur d'eau pure ou sans sel mesurée à la même température. L'eau pure a une



activité de l'eau de 1,0 (100 %), de sorte que tout matériau contenant de l'eau pure non liée est susceptible d'avoir une a_w de 1,0 si l'eau contenue dans le matériau peut s'évaporer ou se condenser. Si un matériau est capable de lier l'eau, la pression de vapeur exercée par l'eau dans le matériau est alors inférieure à celle de l'eau pure, et l' a_w est donc inférieur à 1,0.

L'activité de l'eau est une mesure de la disponibilité de l'eau pour les réactions délétères, l'activité métabolique et la croissance de micro-organismes. Les différentes espèces de microorganismes ont des niveaux minimums d' a_w différents qui permettent la croissance. La croissance de la plupart des bactéries et des champignons se produit à des valeurs d' a_w supérieures à 0,90 et si l' a_w est inférieur à 0,8, seules les moisissures xérophiles et les levures osmophiles sont susceptibles de se développer. Cela s'explique par le fait que capter l'eau des matériaux dont l' a_w est inférieur à 0,8 requiert largement trop d'énergie pour la plupart des organismes.

Les prototypes d'isolation passent tous par un four de cuisson (pour liaison thermique) au cours des dernières étapes de la fabrication du produit. Ce four est conçu pour garantir une température d'au moins 100°C dans tout l'isolant. Cela a pour effet d'évaporer l'eau contenue dans l'isolant. L'isolant est ensuite immédiatement scellé dans un emballage en PEBD qui garantit que l'isolant conserve son taux d'humidité post-four et son niveau d'activité de l'eau, jusqu'à ce qu'il soit à nouveau déballé.

L'humidité relative de chaque emballage d'isolant a été mesurée à l'aide d'une sonde d'humidité relative, insérée dans un petit trou découpé dans l'emballage.

Figure 6 : Mesure de l'activité de l'eau



Tableau 11 : Valeurs maximales de l'activité de l'eau

Item	Nombre de mesures	Activité maximale de l'eau (α_w)
Prototype 1	18	< 30%
Prototype 2	18	< 10%
Prototype 3	18	< 10%

Réaction au feu

Un test d'inflammabilité ad-hoc **ISO 11925-2** a été réalisé sur plusieurs échantillons de chaque prototype, afin d'évaluer leur réaction au feu. Ce test est utilisé pour déterminer l'inflammabilité des matériaux (tels que les isolants) lorsqu'ils sont exposés à l'impact direct des flammes. Il n'est pas conçu pour mesurer d'autres paramètres, comme la propagation des flammes par exemple.

Le test consiste à appliquer une flamme sur le bord inférieur de l'échantillon (250mm x 90mm) positionné à la verticale. La flamme a ainsi été appliquée sur le bord inférieur de chaque échantillon pendant 15 secondes. La hauteur de la pointe de la flamme a ensuite été mesurée. Si la pointe de la flamme s'étendait à plus de 150 mm au-dessus de la pointe de la source de la flamme, le spécimen était considéré comme ayant échoué au test.

Figure 7 : Réaction au feu





Tableau 12 : Réaction au feu P1

Prototype 1	Ignition	Étendue de la propagation de la flamme
Spécimen 1	Oui	< 150mm
Spécimen 2	Oui	< 150mm
Spécimen 3	Oui	< 150mm
Spécimen 4	Oui	< 150mm
Spécimen 5	Oui	< 150mm
Spécimen 6	Oui	< 150mm

Tableau 13 : Réaction au feu P2

Prototype 2	Ignition	Étendue de la propagation de la flamme
Spécimen 1	Non	< 100mm
Spécimen 2	Non	< 100mm
Spécimen 3	Non	< 100mm
Spécimen 4	Non	< 100mm
Spécimen 5	Non	< 100mm
Spécimen 6	Non	< 100mm

Tableau 14 : Réaction au feu P3

Prototype 3	Ignition	Étendue de la propagation de la flamme
Spécimen 1	Oui	< 120mm
Spécimen 2	Oui	< 120mm
Spécimen 3	Non	< 120mm
Spécimen 4	Oui	< 120mm
Spécimen 5	Non	< 120mm
Spécimen 6	Oui	< 120mm

Les résultats ci-dessus indiquent que les caractéristiques du prototype seraient toutes capables de passer un test ISO 11925-2. Cela garantirait que l'isolation répondrait à une classification au feu Euroclass E.



Déploiement en milieu opérationnel

En plus des tests de déploiement initialement prévus décrits précédemment, un test complémentaire a été effectué dans le grenier d'une propriété à East Grinstead (East Sussex).

La propriété choisie était une construction en briques standard, construite dans les années 1950. Des solives de plafond en bois ont été installées tous les 400 mm et le plafond a été recouvert d'une plaque de plâtre standard de 12,5 mm. Une membrane à haute résistance à la vapeur a été installée sur les chevrons, avec une ventilation claire sur le périmètre concerné.

Trois couches de Prototype 2 et trois couches de Prototype 3 ont été installées dans différentes sections du grenier.

Figure 8 : Réglage opérationnel des combles



Les valeurs du coefficient de transmission thermique (U) ont été calculées pour chaque prototype déployé. Les valeurs du coefficient de transfert thermique (U) sont les suivantes :



Tableau 15 : Valeur du coefficient de transfert thermique (U) P2

	mm	W/mK	m ² K/W	Détails relatifs au pont thermique
Résistance de la surface extérieure	-		0.04	
Combles	-		0.2	
Prototype 2 – sans pont thermique	200	0.04	5	
Prototype 2 – avec pont thermique	100	0.04	2.5	11.75%
Plaque de plâtre	12.5	0.17	0.074	
Résistance de la surface intérieure	-	-	0.1	
Epaisseur Totale	312.5			
U (W/m²K)	0.133			

Tableau 16 : Valeur du coefficient de transfert thermique (U) P3

	mm	W/mK	m ² K/W	Détails relatifs au pont thermique
Résistance de la surface extérieure	-		0.04	
Combles	-		0.2	
Prototype 3 – sans pont thermique	200	0.042	4.75	
Prototype 3 – avec pont thermique	100	0.042	2.35	11.75%
Plaque de plâtre	12.5	0.17	0.074	
Résistance de la surface intérieure	-	-	0.1	
Epaisseur totale	312.5			
U (W/m²K)	0.139			

Ces deux valeurs sont **inférieures au coefficient de transfert thermique U recommandé de 0,16 W/m²K** figurant dans la partie L de la réglementation britannique en matière de construction.



Discussion

Bien que la mesure de la conductivité thermique pour chaque prototype soit inférieure aux spécifications, les prévisions de performance à grande échelle indiquent qu'un écart-type de 0,002 W/mK garantirait une conductivité thermique conforme aux spécifications avec un niveau de confiance de 90 % ($\lambda_{90/90}$). Ce niveau d'écart-type fournit un objectif d'uniformité pour la mise à l'échelle. La plus grande variable influençant l'écart-type est la densité.

La réaction au feu s'améliore avec l'augmentation de la proportion de laine dans le matériau, ce qui n'est pas surprenant étant donné le point d'ignition relativement élevé de la laine (>600°C). Tous les prototypes ont néanmoins montré qu'ils étaient capables de passer des tests de résistance au feu et d'atteindre le classement Euroclass E. D'autres tests visant à déterminer l'uniformité des caractéristiques des matériaux (sur différentes séries de production) sont nécessaires avant leur commercialisation.

D'un point de vue hygrothermique, les performances s'améliorent à mesure que la proportion de laine dans les prototypes augmente. Le prototype 2 (65% de laine) a donné de meilleurs résultats que le prototype 3 (51% de laine), bien que tous deux présentent une différence marquée avec le prototype 1 qui ne contient aucune fibre naturelle. La différence entre P2 et P3 est moins marquée et les propriétés hygrothermiques de chacun d'entre eux seraient suffisantes pour les classer comme des produits d'isolation respirants.

Le déploiement de P2 et P3 dans un cadre opérationnel a démontré que les deux prototypes pouvaient être installés sur site et être aussi performants que des produits conventionnels. La très faible activité de l'eau dans les emballages des isolants avant ouverture semble indiquer que le niveau d'activité microbienne y serait négligeable.



Standards

- **EN ISO 15148:2002** Performance hygrothermique des matériaux et produits pour le bâtiment - Détermination du coefficient d'absorption d'eau par immersion partielle.
- **EN ISO 12571:2013** Performance hygrothermique des matériaux et produits pour le bâtiment - Détermination des propriétés de sorption hygroscopique.
- **EN ISO 12572:2016** Performance hygrothermique des matériaux et produits pour le bâtiment - Détermination des propriétés de transmission de la vapeur d'eau. Méthode de la coupelle.
- **ISO 15901-1:2016** Évaluation de la distribution de la taille des pores et la porosité des matériaux solides par porosimétrie à mercure et l'adsorption des gaz - Partie 1: Porosimétrie à mercure
- **EN 12667** Performance thermique des matériaux et produits pour le bâtiment. Détermination de la résistance thermique par la méthode de la plaque chaude gardée et la méthode fluxmétrique. Produits de haute et moyenne résistance thermique.
- **ISO 11925-2:2020** Essais de réaction au feu - Allumabilité de produits soumis à l'incidence directe de la flamme - Partie 2 : Essai à l'aide d'une source à flamme unique.
- **EN 1602:2013** Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination de la masse volumique apparente.
- **ISO 10456:2007** Matériaux et produits pour le bâtiment - Propriétés hygrothermiques - Valeurs utiles tabulées et procédures pour la détermination des valeurs thermiques déclarées et utiles



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