



La coopérative innovante qui développe et commercialise l'isolation paille hachée



Mémento de l'isolation en paille hachée à destination des entreprises de mise en oeuvre

Edition de Mars 2024



Objectif du document

- Connaître les fondamentaux de l'isolation en paille hachée
- Pouvoir construire une offre à destination des maîtres d'ouvrage

Accompagné par :



Document évolutif

Inscrivez-vous à notre lettre d'info **ICI** pour recevoir les dernières versions ou via notre site

✉ contact@ielo.coop

🌐 www.ielo.coop



Présentation de l'entreprise

En France, la filière d'isolation paille hachée est développée par ielò.

ielò est une Société Coopérative d'Intérêt Collectif (SCIC) créée en mars 2021. Elle regroupe des acteurs de la filière bâtiment et agricole : agriculteurs, architectes, maîtres d'œuvre, bureaux d'études, constructeurs, ainsi que des experts et consultants.



Solidarité



Préserver



Évoluer



Transparence



Qualité



Bon sens



L'équilibre

Ses principales missions sont :

- Valoriser les productions agricoles pour sécuriser les revenus des agriculteurs, stimuler l'économie rurale et faciliter la transition du secteur agricole ;
- Proposer une solution d'isolation écologique performante et accessible facilement, pouvant se substituer aux solutions dominantes peu vertueuses.

Cet isolant, composé de paille hachée **sans additif**, est une **solution écologique** polyvalente : **facile à mettre en œuvre**, sans investissement matériel conséquent ni bouleversement des pratiques des entreprises du bâtiment. L'autre avantage de cet isolant est qu'il peut être largement utilisé dans la rénovation des bâtiments existants.

Durant sa phase de développement, cette solution « **premium** » visera les projets à **fortes ambitions environnementales et à hautes exigences de qualité**.

La paille hachée est une ressource agricole issue de la production de blé. La valorisation de la paille permet d'apporter des revenus supplémentaires aux agriculteurs.



Portés par les agriculteurs, les sites de production ont vocation à être dupliqués sur les territoires afin de **réduire l'impact carbone** de ielò et de favoriser **les circuits courts** (la paille ne devra pas parcourir plus de 250 km).

Le produit : La Phi

Origines

La paille hachée ielø est produite à partir de paille de blé.

Elle est transformée selon un procédé industriel spécifiquement adapté pour répondre aux exigences du secteur du bâtiment.

Le premier site de production de notre isolant est situé à Bonneuil-Matours, dans la Vienne (au Nord de Poitiers).

D'autres ateliers de production verront le jour dans les années à venir pour rapprocher la production des projets.

La paille ielø est récoltée et transformée par les agriculteurs selon un cahier des charges bien défini.

Tous nos sites de production seront strictement identiques, afin de garantir une homogénéité des propriétés de la paille ielø dans toutes les régions. Cela permettra également de mutualiser les coûts de développement et de validations réglementaires et techniques.



Points à noter

- Le procédé d'isolation en paille hachée est considéré "hors techniques courantes"
- Il s'agit de paille de blé hachée, composée de brins de taille compris entre 5 et 30 mm de longueur.
- La paille est dépoussiérée et nettoyée de tout résidu, pour garantir une homogénéité et un soufflage ou une insufflation optimale.
- La paille ne comporte aucun additif et est 100 % compostable et biodégradable.
- Tel qu'en témoignent les constructions paille existantes, sa durée de vie est centenaire en conditions normales d'utilisation.
- Grâce à son fort déphasage thermique, la paille assure une protection des surchauffes en été.
- Elle possède une Masse volumique en oeuvre comprise entre 105 et 115 kg/m³



Caractéristique de la paille ielò

Performances thermiques

Conductivité thermique :

Nous n'avons pas de certificat d'Acermi à ce stade. Cependant plusieurs essais ont permis un calcul de conductivité thermique déclaré de 0,049 W/m.K.

Résistance thermique :

λ_D 30 cm : R= 6,12 K.W

La résistance thermique (R) de la paroi se calcule en divisant l'épaisseur en mètre par la conductivité thermique (e/λ).

Diffusion de la vapeur d'eau

Perméabilité à la vapeur d'eau (δ) : 0,25134 (mg/(m.h.Pa))

Coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau (μ) : 2,84

Epaisseur de couche d'air équivalente (SD) en m : pour 30 cm SD=0,852

Le coefficient SD d'une paroi se calcul en multipliant le coefficient mu par l'épaisseur en mètre ($\mu \times e$).

Confort d'été

Capacité thermique Cp : 1 512 (J/(kg.K))

Déphasage thermique : 30 cm de paille ielò apportent plus de 13h de déphasage thermique à la paroi

Le déphasage thermique se calcule en tenant compte de la capacité thermique, la conductivité thermique, la masse volumique et l'épaisseur.

Conditionnement du produit et distribution



La paille sera vendue directement aux constructeurs, deux options seront possibles pour conditionner la production :

- Pressée dans des 15 kg à partir de 2023.
- Ou stockée en vrac pour être ensuite transvasée dans di(solution en cours d'étude).

Estimation de prix

Évaluation des coûts

Les prix achetés sont conseillés pour une densité de mise en œuvre de 110 kg/m³.

Fourniture

Prix d'un m² de fourniture de paille hachée hors transport

Épaisseur cm	Paille HT/m ²
20	13,80€
22	15,18€
30	20,70€
35	24,15€
40	27,60€
45	29,70€

⇒ Soit un prix de revient de 69 € HT/m³ hors transport ou 600 € HT/tonne.

Les sociétaires clients de la SCIC ielò bénéficient d'un tarif préférentiel.

Évaluation des coûts de transport

- Le point de départ est situé au 02 LD La Forêt 86210 Bonneuil-Matours
- La paille est conditionnée sur des palettes Europe de 80×120 cm et des palettes de 120×160 cm
- La hauteur est comprise entre 2 m et 2.80 m en fonction de la taille du camion
- Le poids d'une palette est compris entre 400 et 980 kilos
- Un semi-remorque permet de transporter environ 15 tonnes de paille



Fourniture et pose comprise

Prix indicatif d'un m² fourni et posé par les entreprises +/- 5 €

Épaisseur cm	Paille HT/m ²
20	33€
22	35€
30	42€
35	46€
40	50€
45	55€

! Prix d'une mise en œuvre simple, en R+1 max sur chantier, ou insufflation en atelier, sans levage, sans déplacements ou autres !

Ces prix s'entendent :

Fournitures + transport + main d'oeuvre pour préparation, percement, insufflation en 2 min/caisson, rebouchage + marge + amortissement machine ou loc + frais généraux N'hésitez pas à vous rapprocher de la SCIC ielò pour avoir plus de détails sur les calculs.

Mise en œuvre

La paille hachée peut être mise en œuvre selon trois modes différents :



Par insufflation

(ATEX de cas b validé pour un projet)



Par déversement

Hors technique courante



Par soufflage

Hors technique courante

Principe de mise en œuvre par insufflation

- Réalisation de trous d'insufflation en haut du panneau, à 20 cm du haut, centrés horizontalement entre ossatures à l'aide d'une scie cloche ou tout autre moyen approprié (les découpes seront conservées pour réutilisation ultérieure).
- Adaptation des diamètres de trous en fonction des diamètres des buses d'insufflation, de manière à permettre à l'air de s'échapper au fur et à mesure du remplissage.
- Remplissage des caissons par insufflation de paille hachée dans les trous réalisés ci-avant, à l'aide d'une machine pneumatique (répondant aux exigences établis par le Cahier du CSTB 3723 de Novembre 2012), comprenant une unité de décompactage, une unité de ventilation pour l'acheminement et un tuyau de transport pouvant être muni d'un embout ou d'une buse spécifique (il est conseillé d'utiliser une machine avec une capacité d'insufflation équivalente en ouate de cellulose de 1000 kg/h).
- Le débit d'air et de la matière garantissant une masse volumique constante du produit devront être validés lors d'un essai préalable de mise en œuvre, sur une maquette représentative du chantier.
- Le remplissage s'exécute avec un tuyau lisse et une buse d'air rotative.
- Le remplissage complet est atteint lors du ralentissement puis du débrayage du moteur de la machine. Après vérification du remplissage dans les angles et en partie haute du caisson, un complément manuel est apporté pour remplir la partie manquante au niveau des trous d'insufflation.
- Après remplissage, les découpes du panneau seront utilisées pour rebouchage (y compris les sujétions de fixations), à l'aide d'adhésif et de mastic compatible.
- La dimension du caisson à remplir ne devra pas être supérieure à 600 mm de large x 3 000 mm ht et 320 mm d'épaisseur.

Le matériel



Tuyau lisse



Buse d'insufflation



Machine à insuffler

- L'usage d'un tuyau lisse réduit la résistance d'écoulement du flux.
- Les buses doivent être à décompression pour éviter de mettre le caisson en pression trop importante.
- La machine d'insufflation doit être de puissance suffisante. Les machines à insuffler de la ouate de cellulose ou de la fibre de bois sont adaptées pour insuffler de la paille. Nous conseillons une capacité minimum de 450 m³/h de débit d'air et de 360 mbar de pression. ⚠ À fiches techniques similaires, toutes les machines ne se valent pas. Demandez-nous conseil si besoin. ⚠
- En cas de grande longueur de tuyau ou de fort dénivelé, il est conseillé d'utiliser des machines puissantes ou d'avoir recours à des boosters.

Nota

Il est nécessaire de prévoir des maquettes préalables sur les façades ossatures bois et l'ITE. Ces maquettes permettent de réaliser des essais de mise en œuvre et des mesures de tassement dans les conditions les plus défavorables.

Une fiche de chantier doit être utilisée par le poseur. Cette fiche type, est conforme aux exigences définies dans [CPT 3723](#) et a pour objectif de matérialiser la quantité d'isolant insufflé. Elle constitue l'élément central du marché entre le maître d'ouvrage et l'applicateur.

Cette fiche de déclaration est réalisée en deux exemplaires :

- Un exemplaire est conservé par l'entreprise ayant réalisé l'isolation.
- Un exemplaire est adressé au maître d'ouvrage avec la facture.

En début de chantier, un engagement signé par l'applicateur est remis au maître d'ouvrage. Il précise le nombre minimal de sacs prévus.

La fiche de chantier doit contenir les informations suivantes

■ Entreprise réalisant l'isolation

- Nom et adresse de la société
- Nom de l'agent d'exécution

■ Produit isolant

- Marque
- Code de fabrication
- Type de produit
- Référence commerciale du produit
- Numéro d'Avis Technique ou du Document Technique d'Application
- Numéro du certificat ACERMI (le cas échéant)
- Poids du sac

■ Site de mise en œuvre

- Adresse
- Type de construction

■ Mise en œuvre

- Résistance thermique prévue
- Nombre de sacs prévus
- Largeur moyenne des cavités
- Surface isolée
- Masse volumique moyenne installée
- Nombre de sacs utilisés
- Type de machine d'insufflation
- Réglage de machine
- Date d'exécution du chantier
- Signature de l'applicateur

Procédure qualité

Une isolation de qualité nécessite de suivre les préconisations suivantes avec rigueur.

Contrôle de la palette

Vérifier la solidité des palettes et la tenue de leur chargement pour pouvoir les déplacer sur chantier.

Contrôle des sacs

Les sacs ne doivent pas avoir été abîmés. Ils ne doivent pas contenir de traces ni de variations de couleurs et doivent être hermétiquement fermés.

Mesure du taux d'humidité - cible : inférieure à 15 %

Il est nécessaire de mesurer le taux d'humidité d'un échantillon de sacs au moment de la mise en œuvre. 1 à 2 sacs par palette par exemple. Cela permet d'avoir une traçabilité en phase chantier et permet d'avoir une référence de départ en cas d'intempéries ou de doute pour des mesures ultérieures. Une teneur en eau massique maximum de 15 % est recommandée. Une fiche chantier avec les mesures d'humidité sera proposée dans le cadre des évaluations techniques.

Vérification de la machine d'insufflation

Le matériel d'insufflation doit être bien entretenu. Un contrôle préalable permet de vérifier qu'il n'y ait pas de pièces défectueuses. La cuve doit être vide et propre. Les tuyaux doivent être solidement raccordés. Il ne doit pas y avoir de fuites d'air. Les buses d'insu

Vérification de l'environnement

L'espace autour de la machine et des caissons à insuffler doit être dégagé. Il ne doit pas y avoir de risque de pénétration d'eau dans la machine, les sacs ou le caisson de remplissage. Les sources de chaleur, les flammes et les étincelles sont à bannir du périmètre de travail.

Recherche des réglages optimum

Il est conseillé de commencer avec les réglages au minimum et de progressivement augmenter les réglages jusqu'à trouver les paramètres adaptés à la situation. Une grande quantité d'air peut détruire le caisson si celui-ci n'est pas conçu pour.

Vérification de la masse volumique - cible : entre 105 et 115 kg/m³

Il est indispensable de vérifier la densité de paille dans les caissons (lors des premiers remplissages puis périodiquement) afin de s'assurer de ne pas avoir de désordres; En réalisant un contrôle journalier sur les trois premiers caissons à insuffler par la méthode de comptage des sacs et vérification de la quantité mise en œuvre.

Vérification du remplissage

La qualité du remplissage est difficile à vérifier lorsque les caissons sont fermés par des panneaux rigides. Un test sonore, en tapotant le caisson, permet parfois d'estimer la qualité du remplissage. Le risque est l'absence de paille dans les angles supérieurs. Une autre solution consiste à compter les sacs insufflés par caisson et à calculer la densité.

Précision concernant la maquette d'essais

Les caractéristiques propres à chaque caisson associées aux spécificités de chaque machine et de ses équipements impliquent une recherche et une validation des réglages optimum avant remplissage définitif des caissons.

La recherche optimum des réglages doit aboutir à :

- Un remplissage homogène.
- Pas de tassement suite à des essais de vibration et de chocs.
- Pas de bourrage de la machine.
- Une vitesse de remplissage optimale.

Afin de réaliser ces réglages dans de bonnes conditions, nous vous conseillons de fabriquer un module échelle 1 de l'élément concerné par le marché.

Par exemple, pour une façade constituée de caissons de dimensions 2600×600×220 mm, il est conseillé de réaliser un unique caisson de cette dimension.

Ce caisson sera réalisé à l'identique des caissons prescrits pour le marché, à l'exception du panneau opposé au côté où est réalisé le trou d'insufflation que nous vous conseillons de fermer avec un panneau de polycarbonate d'épaisseur suffisante pour tenir la pression.

Nous conseillons une épaisseur minimum de 10 mm de polycarbonate et un préperçage tous les 15 cm ou un recouvrement par une pièce de bois adaptée ou équivalente.

Cela permet ainsi d'observer le remplissage et de constater les anomalies.



Une fois le caisson insufflé à la densité prescrite, il faudra procéder à une mesure de densité.

Le caisson sera alors soumis à une vérification de la tenue du tassement.

Pour cela, il faudra secouer le caisson et lui appliquer une dizaine de chocs correspondants à une chute de 5 cm.

Dans la pratique, une grue ou un pont roulant peuvent être utilisés.

Certains peuvent aussi réaliser un circuit en empruntant des dos d'ânes avec le caisson chargé sur un plateau.

Pourquoi n'y a-t-il pas d'Avis Technique ?

Le développement d'un nouvel isolant destiné à être compatible avec la majorité des exigences du marché nécessite de passer par un parcours d'évaluation technique complexe, qui peut prendre entre 3 et 8 ans et coûter plusieurs millions d'euros.

Créée en mars 2021, la SCIC ielø est au début de ce parcours. Une ATEX de cas A a été validé sur les parois verticales fin 2023 pour permettre la reconnaissance en technique courante dans des conditions précises. Le reste des domaines d'emplois tels que les rampants, en plus de l'Acermi, arriveront courant 2024 ou 2025.

Nous ne pouvons pas avoir de certitudes sur le temps nécessaire à l'obtention de ces certifications à ce jour.

Comment concevoir des caissons adaptés ?

Il n'y a pas d'exigence particulière. Les caissons ou cavités à insuffler doivent être conformes aux DTU et réglementations en vigueur.

Des optimisations et astuces permettant d'optimiser la performance, les délais et l'économie de chantier sont enseignées lors de la formation "prescription" dispensée par la SCIC ielø.

Comment estimer le temps de mise en œuvre ?

Un caisson de paroi ossature bois de 2600×600×300 insufflé avec une buse rotative et une machine pneumatique Xfloc de série EM300 ou EM 400 nécessite une durée de remplissage entre 1'30 et 2 minutes.

Le temps de mise en œuvre à la main dépend du nombre de cavités à remplir.

L'opérateur faisant varier le débit en fonction de la taille du caisson, deux caissons de taille différente peuvent nécessiter le même temps de remplissage.

Chaque caisson nécessite les mêmes étapes de percement et de rebouchage.

La conception du caisson, notamment sa décompression, influence fortement la vitesse de remplissage.

Un opérateur bien équipé, formé à l'isolation en paille hachée ielø et expérimenté, peut aller jusqu'à 5 fois plus vite qu'un opérateur lambda.

Où est comment se procurer de la paille hachée ielø ?

A ce jour, la SCIC ielø est l'unique distributeur en France de paille hachée à destination de l'isolation de bâtiment neuf et existants.

La commercialisation de notre isolant débutera au premier trimestre 2023.

Les professionnels commanderont directement l'isolation paille hachée auprès de la SCIC ielø.

A noter : seuls les professionnels formés et certifiés par ielø pourront commander de la paille hachée ielø (formation "mise en œuvre d'isolation paille hachée ielø").

Les formations ielø

Afin de permettre aux entreprises de répondre aux premiers chantiers expérimentaux, des formations sont programmées pour apporter les enseignements indispensables à la bonne mise en œuvre de paille par insufflation.

Ces formations sont destinées aux entreprises ayant déjà de l'expérience dans la mise en œuvre d'isolants par insufflation et aux entreprises de construction bois répondant à des marchés d'isolation paille hachée.

La SCIC ielø développe 2 modules de formation :

- **Prescrire l'isolation paille hachée ielø** : ce module est particulièrement destiné aux maîtres d'œuvre, bureaux d'études, économistes et indépendants. Il permet d'aborder les aspects techniques spécifiques à l'isolation en paille hachée ielø, de dimensionner correctement les projets, de préparer les interventions, de maîtriser les coûts, d'anticiper les risques, de connaître les propriétés, de savoir prescrire et vendre l'isolation paille hachée...
- **Mettre en œuvre l'isolation paille hachée ielø par insufflation** : ce module est destiné aux compagnons et indépendants réalisant de la mise en œuvre, sur chantier et en atelier ainsi qu'à tout professionnel désirant maîtriser la mise en œuvre de l'isolation paille hachée ielø. Ce module permet d'appréhender la préparation du chantier, l'utilisation des machines, le choix des équipements, l'analyse des supports, la mise en œuvre dans différentes situations, la correction des désordres...

Un examen clôture les 2 formations.

Les certificats délivrés aux stagiaires de ces entreprises sont nominatifs et numérotés.

! A noter : La SCIC ielø commercialisera de la paille hachée pour l'isolation uniquement sur présentation d'un numéro de certificat attestant de la réussite à la l'examen de la formation "mise en œuvre".

Plusieurs sessions de formation ielø sont programmés courant année 2024.

Information complémentaire

Ce document n'est pas exhaustif et ne se substitue pas à un apprentissage des bases de l'insufflation de paille hachée.

Pour plus d'informations n'hésitez pas à contacter la SCIC ielø

✉ contact@ielø.coop

🌐 www.ielø.coop

