Juin 2024

LOGEMENT COLLECTIF

Résidence Le Val Clair

BRETTEVILLE-SUR-LAIZE (14)

BOIS · PAILLE

Sommaire

Depuis sa création, l'ARPE Normandie sensibilise et accompagne les acteurs et actrices du territoire dans leur transition vers des modes constructifs plus performants et soutenables. Nous espérons que les projets mis en lumière à travers ces fiches réalisations sauront les inspirer et les encourager à bâtir un avenir plus sain pour les générations à venir.

3 Le projet, en bref

4 Présentation

7 Chronologie du chantier

8 Urbanisme et société

10 Techniques mobilisées

13 Le matériau paille

15 Règlementation

16 La filière paille en Normandie

17 Pour aller plus loin

Le projet, en bref

Construction d'une résidence pour personnes à mobilité réduite

8 rue de la Criquetière, 14680 BRETTEVILLE-SUR-LAIZE

CHIFFRES CLÉS

Durée des travaux	**21 mois** dont 2 de démolition
Coût de l'opération	**1 569 617 €**
Surface de plancher	**620 m²** **574 m² habitable**

TECHNIQUES D'ÉCO-CONSTRUCTION

Structure
Ossature bois douglas (naturellement durable), refends en béton

Isolation des murs
Laine de bois

Isolation de toiture
Caissons bois remplissage bottes de paille

Enveloppe extérieure
Bardage bois douglas (naturellement durable)

Revêtement intérieur
Sols en linoléum

ACTEUR·RICES

Maîtrise d'ouvrage
Inolya (bailleur social)

Bureau de contrôle
SOCOTEC

Maîtrise d'œuvre
KVA architectes - Nicolas Knapp et François Versavel

Equipe MOE / Bureaux d'étude
AFCE (ingénierie thermique)
Didier Héleine (économiste)
CREAHOME Ingénierie (structure)
DB Therm (acoustique)
ENERGESYS (infiltrométrie)

Entreprises bio et géo-sourcés
Chanu HD (charpente, isolation laine de bois et paille)
Nicolas Bernay (fourniture des bottes de paille)

LABELS

Bepos Effinergie E3C1
Biosourcé niveau 3
NF HABITAT

Présentation

Contexte et programme

En réponse à une forte demande de **petits logements situés en centre-ville, aisément accessibles à des personnes âgées et à mobilité réduite**, la mairie de Bretteville-sur-Laize décide de réhabiliter un terrain sur lequel se trouvait un ancien bâtiment des services techniques de la commune.

Après le succès d'une première opération similaire réalisée en collaboration avec le bailleur social Inolya, la commune décide de réitérer l'expérience, cette fois avec l'ambition de réduire l'empreinte environnementale du projet.

L'équipe de maîtrise d'œuvre retenue dessine un bâtiment de **10 appartements** : 5 T2 et 5 T3, dont 4 en rez-de-chaussée accessibles PMR. Aux étages supérieurs, les 6 logements sont desservis par un escalier extérieur et des coursives à l'arrière. Les logements, qui font **entre 46 et 67 m²**, ont tous un accès extérieur (jardin ou balcon) et sont chauffés grâce à une **chaudière collective à granulés bois**.

© KVA Architectes

Le regard de l'ARPE

L'accès aux matériaux biosourcés est un des grands enjeux liés au développement de l'écoconstruction.

Malgré d'importantes cultures de blé sur le territoire de la communauté de communes Cingal-Suisse Normande, l'approvisionnement en bottes de paille adaptées à la construction n'est pas toujours évident. Si la commune de Bretteville-sur-Laize montre une volonté forte de développer la filière paille sur son territoire, notamment par la création de la structure Accort Paille Normandie en 2018, la production de bottes « à façon » peine encore à émerger.

Pour autant, l'opération de la résidence Le Val Clair est **un exemple réussi d'approvisionnement en paille locale** grâce à une entente collective entre toutes les parties prenantes. Ici, **la maîtrise d'ouvrage a acheté les bottes directement auprès d'un agriculteur voisin**, qui les a stockées jusqu'à leur mise en œuvre en caissons, hors-site (à la ferme).

Sur ce bâtiment, le choix a été fait de maximiser la **préfabrication des modules en atelier**. Cette option de mise en œuvre a également contribué au bon déroulement du chantier : confort de travail pour les ouvriers, réduction des risques liés aux aléas climatiques ainsi que des nuisances pour les riverain·es.

Initialement prévue en isolation pour les murs, la paille n'a pas pu être mise en œuvre en façade à cause de l'exiguïté de la parcelle. Cependant, l'équipe de maîtrise d'œuvre a pu conserver son idée en faisant en sorte que la paille soit maintenue en toiture, rendant ainsi le projet **exemplaire pour de prochaines opérations**.

ÉCONOMIE DU PROJET

Plusieurs leviers ont été activés en vue d'atteindre un haut niveau de performances thermiques et environnementales, dans les limites du budget :

- **Une conception compacte** et **pensée dès l'origine** avec des matériaux biosourcés
- Une équipe de maîtrise d'œuvre et des artisans **expérimentés**
- **Une préfabrication** de la structure bois et des caissons de toiture isolés en paille dans un atelier pour minimiser les aléas sur chantier
- Un projet conduit en bonne intelligence entre tous les acteur·rices

Concevoir un bâtiment sobre et économe en énergie, faire le choix d'une chaudière à granulé, c'est aussi **penser le coût du bâtiment au-delà du coût de l'opération, en prenant en compte celui de l'usage et de la fin de vie**.

COÛT DE CONSTRUCTION

La commune de Bretteville-sur-Laize a mis son terrain à disposition, permettant d'affranchir le projet du coût foncier. La démolition du bâtiment existant, la dépollution et la remise en état de la parcelle étaient à la charge du bailleur. Soutenu par la mairie, celui-ci a sollicité le fond LEADER et obtenu une subvention de 50 000 €. Le reste du projet a été financé par des emprunts aidés spécifiques au logement social (PLUS, PHB2, Action Logement), des fonds propres ainsi que des prêts bancaires.

Chronologie du chantier

PRÉPARATION

2017
Définition du besoin, rédaction du cahier des charges

CONCEPTION

MARS 2018
Acte d'engagement

JUILLET 2018
Bouclage financier du projet

NOVEMBRE 2019
Pré-inscription du PC

AOÛT 2020
Obtention du PC, ordre de service

DÉMOLITION

SEPTEMBRE – OCTOBRE 2021
Démolition de l'ancien bâtiment, désamiantage, remise en état du terrain

CHANTIER

DÉCEMBRE 2021
Début du chantier

JANVIER 2022
Terrassement

FÉVRIER – MARS 2022
Fondation, gros œuvre

MAI 2022
Couverture, étanchéité, charpente, zinguerie

ACHÈVEMENT

MAI 2023
Livraison

24 OCTOBRE 2023
Inauguration officielle

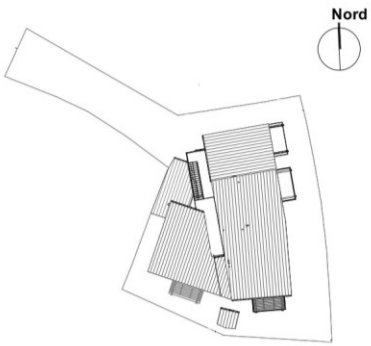
Urbanisme et société

Impact sociétal

La volonté conjointe de la mairie de Bretteville-sur-Laize et d'Inolya était d'offrir aux populations âgées et à mobilité réduite un cadre de vie agréable en plein cœur de ville.

Au-delà d'un aspect environnemental vertueux, c'est le **confort des habitant·es** qui a poussé les partenaires à imaginer un bâtiment construit en matériaux biosourcés, sains et à faibles émissions de COV (composés organiques volatiles). Sa conception bioclimatique et une isolation importante permettent également de minimiser les charges de chauffage pour les occupant·es.

Plan de situation de la ville © KVA Architectes



Plan de masse © KVA Architectes

Insertion territoriale

La contrainte de l'exiguïté du terrain constructible imposait d'exploiter au mieux les règles de prospect du PLUi afin que l'immeuble puisse accueillir les 10 logements prévus. *A posteriori*, la parcelle a ainsi été inclue dans la zone « centre-ville » du PLUi pour permettre une construction en R+2.

Un passage desservant les logements et traversant l'îlot permet aux voitures et aux piétons de sortir rue de la Cavée. Les stationnements ont été prévus en extérieur sur la parcelle.

Plan de coupe, façade nord © KVA Architectes

Démarche bioclimatique et écoconstruction

L'agence KVA architectes a déjà construit de petits collectifs en bois isolés en matériaux biosourcés (paille et laine de bois principalement). Son expérience et ses valeurs la pousse à concevoir un bâtiment compact qui exploite au mieux les contraintes du site et permet une certaine économie d'échelle.

On privilégie de grandes ouvertures au sud et tous les appartements sont soit traversants, soit à double orientation. Ils bénéficient tous d'un accès extérieur (balcon ou jardin).

Outre la conception du bâtiment, **c'est le choix des matériaux qui participe à la qualité de cette construction**. Le bois tient une place prépondérante : structure, bardage, platelage des parties communes, isolation des façades et des cloisons intérieures. Mais c'est l'**isolation en bottes de paille de la toiture** qui donne toute sa spécificité au projet.

L'intérieur des logements n'est pas en reste grâce au choix du linoléum pour les sols et du Fermacell® en finition pour les cloisons porteuses.

Une démarche de labélisation Bepos Effinergie E3C1 (le niveau E3C2 est effectivement atteint), Biosourcé niveau 3 et NF Habitat a permis de mettre en exergue toutes ces vertus.

Techniques mobilisées

Isolation de la toiture en bottes de paille

Zone d'emploi : Isolation de la toiture

Mise en œuvre : Les bottes de paille ont été mises en œuvre dans des caissons préfabriqués.

Quelques bottes ont d'abord été envoyées à Vire (entreprise de charpente Chanu HD) pour la réalisation d'un **caisson test**. Une fois ce caisson validé, les suivants ont été assemblés vides puis transportés à la ferme de Donnay (lieu de récolte de la paille) pour être rempli conformément aux règles professionnelles de la construction en paille.

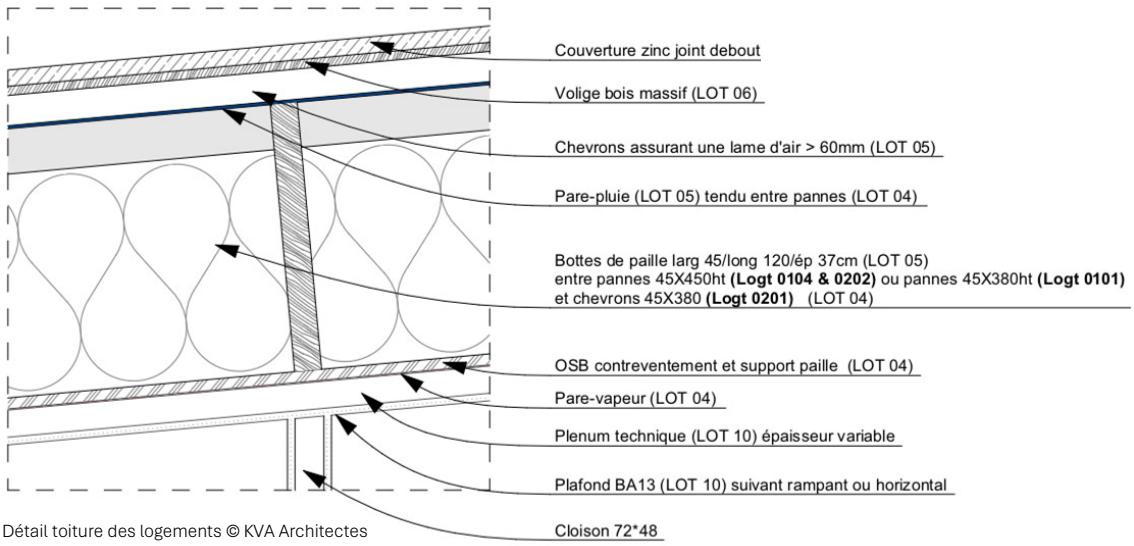
Les caissons sont refermés à l'aide de plaques d'OSB, puis recouverts d'un pare-pluie et le chevronnage qui viendra supporter la toiture en zinc a été préinstallé.

En tout, **21 caissons** ont été assemblés en atelier avant leur livraison sur site, où leur mise en place en toiture, à l'aide d'une grue, a duré **2 jours**.

© Chanu HD

© Chanu HD

Les caissons bois – paille :
Epaisseur : 36 cm
Dimensions : 7 x 2.20 m
Poids : 1 tonne

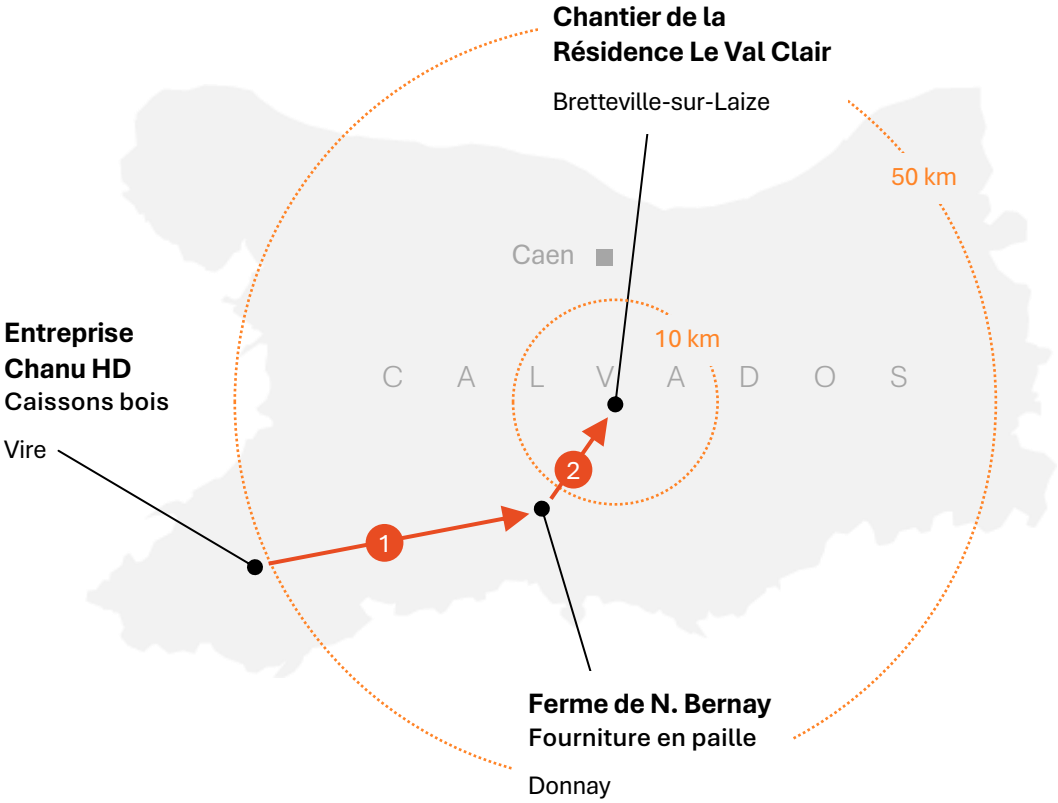


Détail toiture des logements © KVA Architectes

Sur ce projet, une attention particulière fût donnée à l'approvisionnement local en bottes de paille. Le critère de localité n'étant pas autorisé en marché public, **c'est la maîtrise d'ouvrage qui s'est acquittée de la paille** auprès d'un agriculteur. Ce procédé atypique a nécessité des aménagements dans le CCTP du lot concerné, réalisés avec l'appui de l'ARPE Normandie.

Montant total de la fourniture en paille :

2 496 € HT, soit 21,42 €/m^3



1 Transport des caissons vides depuis l'entreprise Chanu HD jusqu'à la ferme de N. Bernay
44 km

2 Transport des caissons remplis de paille, fermés et protégés jusqu'au chantier
14 km

Revêtement sol en linoléum

Contrairement aux idées reçues, le linoléum est un revêtement de sol naturel ! Composé d'une couche en liège, et d'une toile de jute imperméabilisée par un mélange d'huile de lin, de résine de pin, de poudre de bois et de pigments naturels ; il est une alternative écologique aux revêtements PVC et vinyle avec lesquels il est souvent confondu.

Le linoléum possède de nombreuses qualités : revêtement sans joint, il est facile d'entretien, il n'offre pas de sensation de paroi froide, il améliore l'absorbation des bruits d'impacts, il est antistatique, évitant ainsi l'attraction de poussière en suspension, il est très résistant et n'émet pas de COV.

Bardage bois continu jusqu'au sol

Détail technique notable, **le bardage en douglas réalisé sur ce projet descend jusqu'en pied de mur de façade**, contrairement à la plupart des projets où le soubassement est laissé apparent.

Pour ce faire, un caniveau a été creusé en deçà du niveau du sol, dissimulé sous une grille, afin de permettre l'évacuation rapide des eaux de ruissèlement. Grâce à ce détail de conception, on peut ainsi s'affranchir de la garde au sol obligatoire de 20 cm (espace entre la fin du bardage et le niveau du sol fini).

Avec la pose verticale du bardage, cette technique confère une assise importante au bâtiment qui prend pleinement sa place sur le site.

Le matériau paille

> On appelle « paille » la **tige sèche d'une céréale dépouillée de ses épis**. Elle se compose principalement de cellulose, de lignine et de silice. [...] La paille utilisée dans la construction provient du blé.
>
> *Règles professionnelles de construction en paille, Règles CP 2012 révisées, 3e édition – RFCP*

PAILLE ≠ FOIN

On distingue la paille du foin, qui désigne l'herbe séchée pour nourrir les bêtes. La paille est la tige du blé, qui sert avant tout de litière ou d'amendement agricole.

© CNCP (2013). Maison Feuillette.

© Lamache, G. (mai 1921). La Science et la Vie N°56.

Matériau durable ...

La première maison en paille d'Europe se situe à Montargis (45). Construite en 1920, la maison Feuillette, du nom de son concepteur, a été réalisée en ossature bois et isolée en bottes de paille. **Le bâtiment n'a pas bougé depuis plus d'un siècle**. Il est le symbole de la durabilité en construction paille.

... et réemployable

La paille connait de multiples usages : en litière animale, amendement agricole ou encore dans la filière paille-énergie.

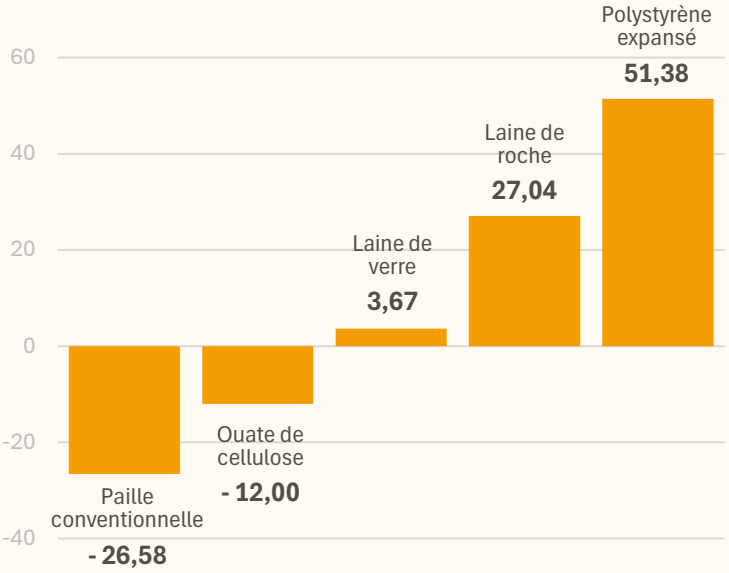
Utilisée comme isolant, la paille a un **usage non destructif**. En fin de vie, elle pourra être réemployée tel quel dans un autre bâtiment, épandue dans les champs ou utilisée comme combustible.

Un puits de carbone ...

L'impact environnemental de la paille est positif.

Très peu transformé, ce matériau permet de stocker du carbone et d'isoler les bâtiments sans recourir à des moyens industriels importants. La séquestration de telles quantités de gaz à effet de serre, pour une durée de 100 ans voire plus, est un élément de réponse au défi climatique.

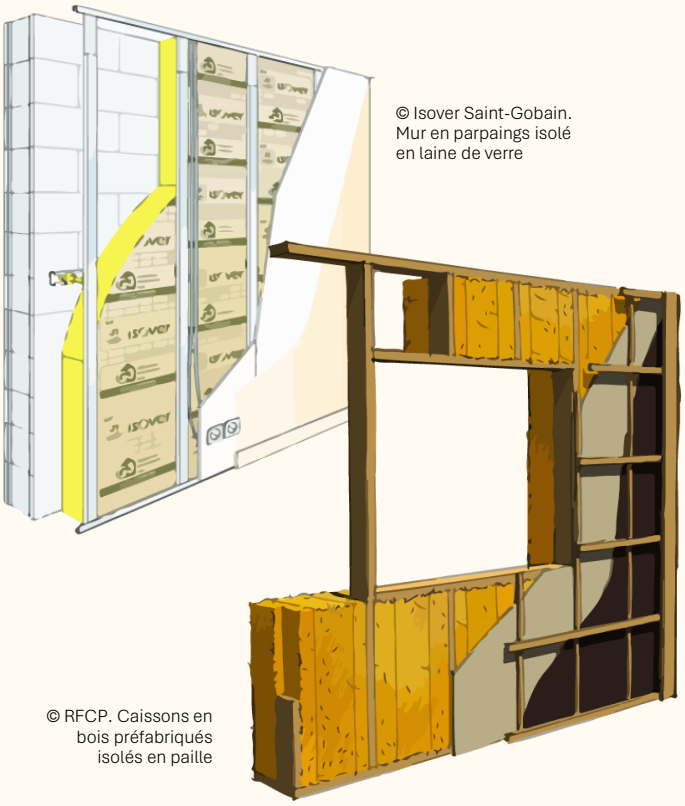
Sur la base des valeurs de déperditions thermiques du parc immobilier actuel, 1kg de paille immobilisé dans une paroi* pendant 50 ans permet une économie de 97 kWh et un stockage de 1,4 kg équivalent CO_2.



Emissions de gaz à effet de serre de matériaux isolants en sortie d'usine, en kg CO_2 eq/m² et pour R=7 m² K/W.
Source INIES consultée le 18/06/24.

En fin de vie, la paille relarguera tout ou partie du CO_2 stocké (en fonction du traitement de fin de vie), mais pourra dans tous les cas être revalorisée (réemploi, paille énergie, amendement agricole, etc).

** Bottes de paille de 36 cm d'épaisseur. Source : RFCP*



© Isover Saint-Gobain. Mur en parpaings isolé en laine de verre

© RFCP. Caissons en bois préfabriqués isolés en paille

... économique

Pour les projets ayant de fortes ambitions écologiques, le coût d'un système constructif en bois isolé en paille est équivalent, voire, peut être inférieur à celui d'un complexe en parpaing et laine de verre ou d'un béton banché et polystyrène.

Pour atteindre un prix au m² compétitif, **un projet bois/paille doit être conçu de manière adaptée** et mis en œuvre par des entreprises expérimentées.

NB : le prix peut aussi varier en fonction du contexte économique.

Règlementation

Il existe de multiples techniques de construction en paille : paille structurelle, remplissage d'une ossature en isolation, isolation thermique par l'extérieur, support d'enduit … À ce jour, les produits issus de la paille et leur mise en œuvre ne sont pas logés à la même enseigne en termes d'assurabilité.

La botte de paille

Les **Règles professionnelles de construction en paille**, rédigées par le RFCP en 2012, constituent le socle règlementaire reconnu. Elles encadrent l'usage de la botte de paille comme isolant et support d'enduit dans les bâtiments R+2 maximum. Suivre les « Règles Pro » permet l'assurabilité en technique courante et garantit :

- l'emploi d'un matériau de qualité et apte à l'usage (fiche d'auto-contrôle pour chaque chantier) ;
- le respect de règles de conception et de mise en œuvre validées ;
- le travail de personnes formées et certifiées Pro-Paille.

Hors Règles professionnelles, la construction en paille structurelle ou l'isolation par l'extérieur restent possibles sous réserve de négociation avec son assureur et le contrôleur technique du projet. Les Règles Pro pour la paille structurelle et l'ITE paille sont en cours de rédaction au RFCP !

© Fibraterre

La paille en panneaux

Sur le marché, on trouve également de la paille à bâtir sous forme de **panneaux compressés sans liant**, à utiliser comme isolant d'une structure bois et support d'enduit. Ce produit ne bénéficie pas encore d'un cadre assurantiel. Les mises en œuvre en ITE, isolation de sols, de combles ou de cloisons restent des techniques non-courantes. Des travaux de normalisation sont en cours. En 2026, deux fabricants produisent ces panneaux : Copano (44) et Fibraterre (76).

© ielo

La paille hachée

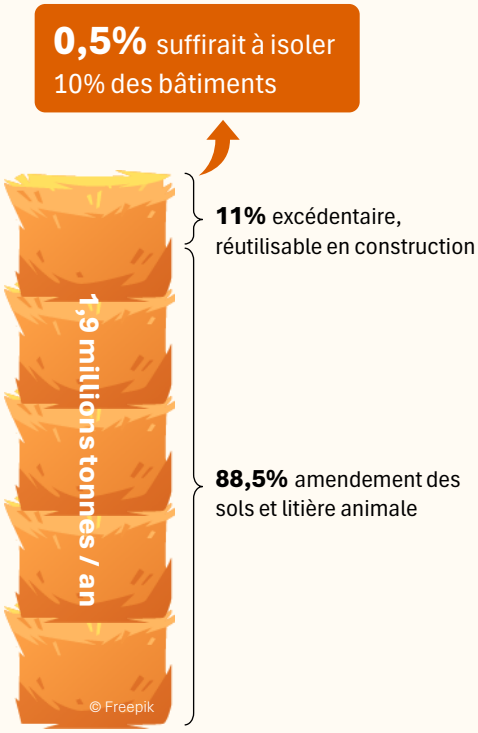
En 2023, la SCIC ielo a fait valider une Atex de cas A pour l'isolation de parois verticales en paille hachée insufflée. Cette mise en œuvre est ainsi reconnue en technique courante jusque fin 2026. La Paille hachée insufflée (Phi®) dispose quant à elle d'une certification de l'ACERMI depuis fin 2025.

La filière paille en Normandie

Ressource

La Normandie produit **1,9 million de tonnes** de paille par an, dont la majeure partie est destinée à l'amendement des sols et à la litière animale. Sur 11% d'excédent, **0,5% suffirait à isoler 10% des bâtiments normands**. La paille destinée à la construction ne crée donc pas de concurrence d'usage en Normandie.

L'approvisionnement en bottes de paille agricoles se fait directement auprès des agriculteur·rices équipé·es de botteleuses produisant des « petites bottes » de 36 cm. Plusieurs entreprises (hors Normandie) produisent également des bottes de 22 cm d'épaisseur, spécifiquement conçues pour la construction.



Accompagnement / sourçage : **Chambres d'agriculture de Normandie** - 02 31 47 22 47 | **ARPE Normandie** - 02 31 34 57 24

Transformation et réseau d'acteur·rices

Des **unités de préfabrication** de MOB et FOB isolées en paille existent sur l'ensemble du territoire. Les entreprises, motrices, œuvrent d'elles-mêmes pour faciliter l'accès et la mise en œuvre du matériau paille. Chaque année, de plus en plus d'entreprises normandes sont formées Pro-Paille et/ou paille hachée (ielo).

L'ARPE Normandie met à disposition une **cartographie recensant les acteurs et actrices** qui produisent, mettent en œuvre et conçoivent en paille. Une documentation abondante est accessible autant sur le site de l'ARPE Normandie qu'auprès du RFCP.

Formations

Nom	Description	Organisation	Lieu	Durée
Pro-Paille	Formation théorique et pratique aux Règles professionnelles	ARPE Normandie Ceref BTP Anofab	Ceref BTP (27) Anofab (14)	5 jours
Construire en paille	Découverte théorique et familiarisation avec le sujet	ARPE Normandie CREPA Normandie	CAUE 76	1 jour
AMO Paille	Spécialisation dans l'assistance à maîtrise d'ouvrage de projets en paille	ARPE Normandie Les 7 Vents	CAUE 76	2 jours
Paille hachée	Prescription ou mise en œuvre de la paille hachée insufflée	ielo Ceref BTP	Ceref BTP (27)	2 jours (mise en œuvre) 1 jour (prescription)

Pour aller plus loin

FDES – isolation en bottes de paille de l'agriculture biologique
www.base-inies.fr/infos-produit/30441

FDES – isolation en bottes de paille de l'agriculture conventionnelle
www.base-inies.fr/infos-produit/30442

Règles Professionnelles de la construction paille
www.rfcp.fr/les-regles-professionnelles

Ressources réglementaires et normatives
www.rfcp.fr/recherche-developpement-pv-dessais

Fiche revêtement en linoléum
www.enviroboite.net/IMG/pdf/1203_linoleum_bdm_architectes_v3.pdf

Guide des éco-matériaux normands
www.arpenormandie.org/wp-content/uploads/2024/04/ARPE_Guide-des-ecomateriaux_2020.pdf

Les matériaux de construction biosourcés dans la commande publique
www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/Guide%20mat%C3%A9riaux%20biosourc%C3%A9s%20et%20commande%20publique_avril%202020.pdf

Projet Maillons – Phase 1 « Sourçage »
www.arpenormandie.org/ami-cpier-maillons/phase-1-sourcage/

Projet BioBat – Recherche participative sur les éco-matériaux normands
www.arpenormandie.org/nos-projets/le-projet-biobat/

Fibois Normandie
www.fibois-normandie.fr/

ÉGALEMENT DISPONIBLE
EN FORMAT NUMÉRIQUE

Rédaction : Laure CHAIGNEAU (ARPE Normandie) · **Mise en page :** Roxane CHARDOT (ARPE Normandie) · **Images** : ARPE Normandie, sauf mention contraire

Avec le soutien financier de :

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE Liberté Égalité Fraternité · ADEME Agence de la Transition Écologique · Région Normandie · Logeo Seine Groupe ActionLogement

Pour tout renseignement complémentaire, veuillez nous contacter :

Association Régionale de Promotion de l'Ecoconstruction en Normandie
7 rue Daniel Huet - 14000 Caen • 02 31 34 57 24 • www.arpenormandie.org