

# 3. Filière Paille



© C. Desmichelle



© Up Straw

## Synthèse filière 1/2

### Une ressource disponible pour des débouchés ciblés



#### Etat de la filière

**Une ressource disponible et qui ne nécessite pas de culture dédiée, mais des progrès à réaliser dans l'accès au matériau**

La botte de paille utilisée dans la construction est à ce jour quasiment exclusivement dite "paysanne", c'est à dire pressée sur champs au moment de la récolte. Son format est fixe dans 2 des 3 dimensions et impose aux constructeurs de caler leurs pratiques (approvisionnement, conception des ossatures) sur les pratiques agricoles.

Les agriculteurs sont capables, en quantité et en qualité, de fournir les bottes de paille nécessaires à une utilisation massive. Cependant, pour une optimisation de la fabrication, et une meilleure appropriation du matériau paille par les professionnels du bâtiment, le développement de nouveaux produits en Normandie, en complément de la botte paysanne, doit être recherché : bottes de paille de dimensions adaptées au DTU 31.2, dite "à façon", paille hachée pour insufflation... Ces produits permettraient en outre d'élargir les applications possibles et de limiter la consommation en bois d'œuvre. Le maillon "fabricant de bottes de paille pour la construction" est donc à diversifier.

**Des acteurs nombreux et formés, à tous les maillons de la filière**

L'ARPE Normandie a repéré 95 acteurs professionnels de la filière paille en Normandie, comprenant maîtrise d'œuvre et entreprises. Ils attestent d'un tissu relativement dense de professionnels à même de construire en paille, sur tous les maillons de la filière.

La formation Pro-Paille est une formation professionnelle multi-acteurs qui connaît un succès grandissant dans les 2 régions. Les formations réalisées en Normandie (2 par an, 30 participants) accueillent un public diversifié de professionnels (charpentiers, architectes, bureau d'études, économistes...) tandis que les formations franciliennes reçoivent quasiment exclusivement des acteurs de la maîtrise d'œuvre (35 à 40 participants par an). Les

liens entre professionnels normands et franciliens sont à renforcer, dans un esprit de complémentarité des compétences.

Une formation "agripaille" est également disponible en Normandie, à destination des agriculteurs.

D'une manière générale, la formation professionnelle doit être largement diversifiée au-delà des formations Pro-Paille : formations intra-entreprises, formations spécialisées (AMO...), ainsi que les partenariats, à établir avec les formations initiales.

2 maillons de la filière semblent à renforcer particulièrement : l'approvisionnement en bottes de paille et l'assistance à maîtrise d'ouvrage spécialisée en construction paille. En effet, plusieurs maîtrises d'ouvrages professionnelles ont manifesté le besoin d'être accompagnées pour leur premier projet isolé en bottes de paille, et les acteurs existants sur le marché sont débordés de demandes.

#### Perspectives de développement

**Une demande qui augmente et se diversifie, des références toujours plus nombreuses**

Face aux enjeux environnementaux, la construction paille s'est développée de manière exponentielle ces 15 dernières années. Le RFCP estime à plus de 10 000 le nombre de bâtiments isolés en paille en France, avec environ 500 nouveaux bâtiments construits chaque année.

Les enjeux pour la massification :

- Sécuriser l'approvisionnement en bottes paysannes et diversifier l'offre produits
- Intensifier et diversifier l'offre de formation pour sécuriser la mise en œuvre
- Soutenir le développement de produits ou de techniques innovantes en proposant des cadres propices à l'expérimentation
- Rendre visible la filière et ses réalisations en soutenant l'animation

## Synthèse filière 2/2

### Des projets existants et un fort potentiel d'innovation



#### Les systèmes constructifs

##### **Des techniques qui ont fait leur preuve, un fort potentiel d'innovation**

Depuis les premières constructions en bottes de paille structurelles de la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle jusqu'aux constructions récentes, la paille comme matériau de construction offre une diversité de techniques constructives pour un large panel de typologies de programmes.

Les acteurs ont su l'adapter, afin de continuer de bénéficier de ses qualités intrinsèques.

Tandis que certaines techniques sont maintenant normées, recherches et expérimentations sont en cours pour étendre son usage à des projets plus ambitieux.

##### **Un corpus normatif lacunaire, mais suffisant pour un grand nombre de projets**

La botte de paille bénéficie de Règles Professionnelles pour une utilisation en tant qu'isolant en remplissage d'une ossature bois. La filière nationale a également produit de nombreuses données techniques normées pour répondre aux besoins des concepteurs. Des FDES existent. Ce contexte rend l'utilisation de la botte de paille possible dans les programmes les plus courants. Cependant, il reste encore insuffisant pour envisager une utilisation massive de la botte de paille dans une plus grande diversité de programmes (ITE, constructions supérieures à R+2, etc.).

#### Les systèmes constructifs analysés

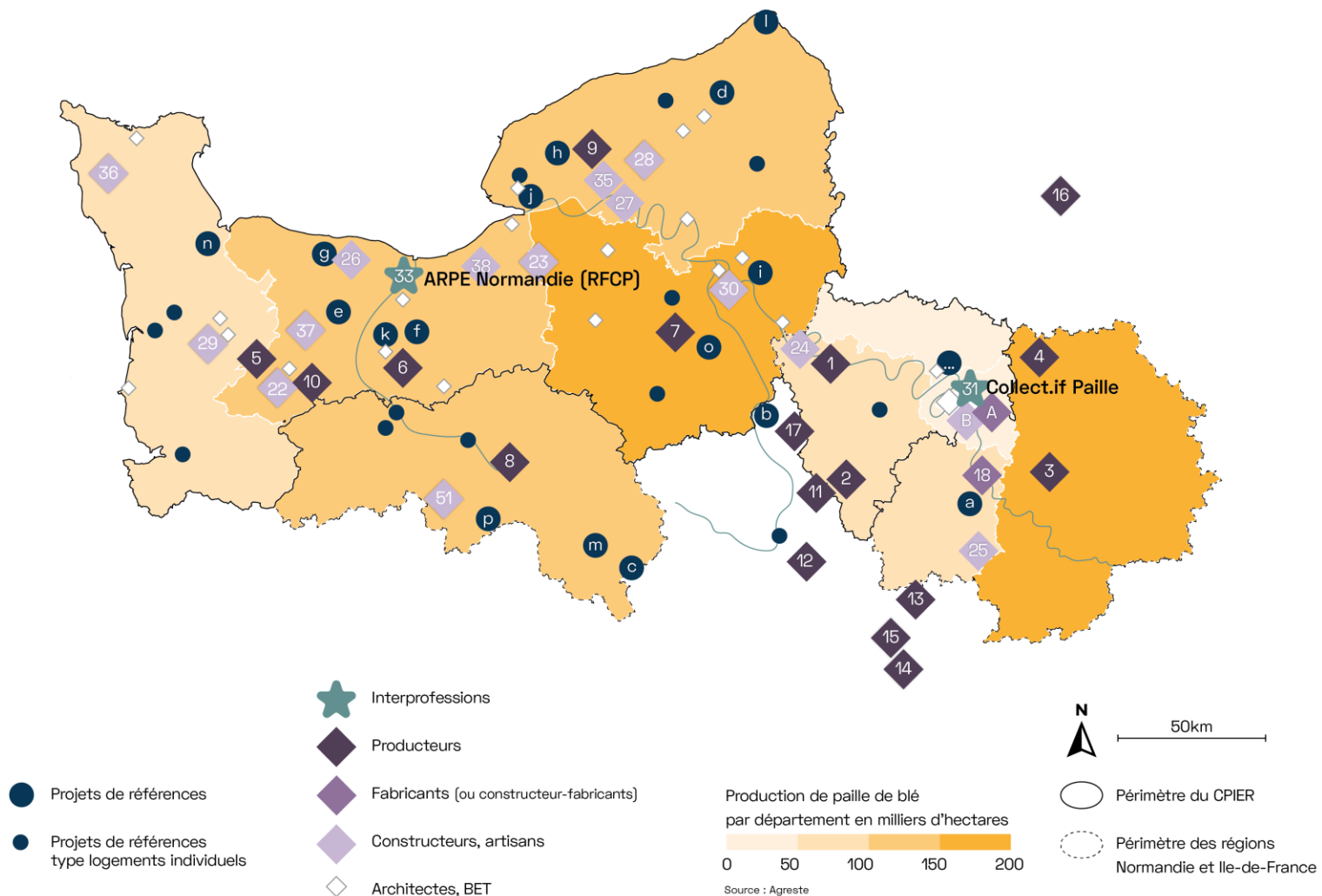
- Murs porteurs en bottes de paille
- Isolation thermique de murs et façades à ossature bois avec des bottes de pailles
- Isolation thermique de murs par l'extérieur avec des bottes de pailles
- **Paille hachée insufflée : isolation thermique en vrac de paroi à ossature bois**

Les procédés ci-dessous emploient également de la paille mais à des quantités plus marginales (se référer à la filière terre crue pour plus de précisions).

- Murs porteurs en terre crue avec des fibres de paille (Bauge) ; remplace Bauge
- Remplissage entre ossature bois à base de terre crue et de paille (Torchis, Terre allégée) ; remplace Terre allégée et Torchis
- Enduit mural int/ext de terre crue ou de chaux, fibré avec de la paille Support : Bottes de pailles ; remplace Enduits
- Enduit mural int/ext à la chaux, fibré avec de la paille Support : Terre crue ; remplace Enduits

# Aperçu de l'écosystème

## Une filière ancrée dans le territoire



# Paille

## Aperçu de l'écosystème territorial

31	Collect.if Paille	Paris	<a href="http://www.iledefrance.constructionpaille.fr/">www.iledefrance.constructionpaille.fr/</a>	18	Bati Sens	Corbeil-Essonnes	
33	ARPE Normandie (RFCP)	Caen	<a href="http://www.arpenormandie.org/">www.arpenormandie.org/</a>	22	CHANU HD	Vire	
1	La Villeneuveoise	Mezieres sur seine		23	Poulingue	Beuzeville	
2	Foin.net	Sonchamp	<a href="http://www.foin.net/">www.foin.net/</a>	24	Rubner Construction Bois - Vaninetti	Rosny sur Seine	<a href="http://www.rubner.com/fr/gruppe/">www.rubner.com/fr/gruppe/</a>
3	Paille service	Champeaux	<a href="http://www.paille-service.fr/">www.paille-service.fr/</a>	25	Weisrock Construction bois	Milly la forêt	<a href="http://www.weisrockconstructionbois.fr/">www.weisrockconstructionbois.fr/</a>
4	Ferme du Gué au Prieur	Claye-souilly	<a href="http://www.ferme-de-claye-souilly.com/bottes-de-fourrages">www.ferme-de-claye-souilly.com/bottes-de-fourrages</a>	26	CPL Bois	Bayeux	
5	EIRL Broussin Vianney	La Feuillie		27	Bomatec	Rives en Seine	
6	BERNAY	Donnay		28	SARL Duchesne	Autretot	
7	La Céréalière	Graveron-Semerville		29	Amand SARL	Moyon Villages	
8	EARL de la Planche	Mortrée		30	Le Bois à l'Œuvre	Léry	
9	GAEC du Mesnil au Coffre	Trouville		35	Atelier 1702	St Gilles de Crétot	
10	SARL Trans Poret	Viessoix		36	La maison terre/paille	Benoitville	
11	Dugravot	Droue-sur-drouette (hors périmètre)		37	ROBLIN Jean-Baptiste	Le Tourneur	
12	Breton Mickaël	Beauvilliers		38	Henoia	Cartigny-l'Épinay	
13	Europaille	Guigneville	<a href="http://www.europaille-foin-compost.fr">www.europaille-foin-compost.fr</a>	B	Pool de constructeurs en Ile-de-France (se référer au site d'Ekopolis)		
14	Cédric Benoist	Jouy-en-Pithiverais			Architectes et BET		
15	Oliver Delorme	Allainville-en-Beauce					
16	Clos de Belival	Remy					
17	Frère Joyeux	Boutigny Prouais					
	Alter Bâtir	Paris					
	UTB Les charpentes du Gâtinais	Romainville	<a href="http://www.utb.fr/">www.utb.fr/</a>				
A	MAÎTRE CUBE	Paris	<a href="http://www.maitrecube.fr/">www.maitrecube.fr/</a>				
	DEPUIS 1920	Aubervilliers	<a href="http://www.depuis1920.fr/">www.depuis1920.fr/</a>				
	RIALLAND CHARPENTE EN BOIS	Montmagny	<a href="http://www.rialland.fr/">www.rialland.fr/</a>				
	CBS-CBT	Choisy-le-roi	<a href="http://www.cbs-cbt.com/fr/">www.cbs-cbt.com/fr/</a>				

	<b>Autres acteurs ressource (hors carte)</b>		
	Ielo	Bonneuil-Matours	<a href="http://www.ielo.coop/">www.ielo.coop/</a>
	ISOL'enPaille	Lys haut layon	<a href="http://www.isolenpaille.com/">www.isolenpaille.com/</a>
	Profibres	Apremont, Challans	<a href="http://www.profibres.fr/">www.profibres.fr/</a>
	Réseau Français de la Construction en Paille	Montargis	<a href="http://www.constructionpaille.fr/">www.constructionpaille.fr/</a>
	Le Centre National de la Construction Paille (CNCP-Feuillette)	Montargis	<a href="http://www.cncp-feuillette.fr/">www.cncp-feuillette.fr/</a>

Cette liste n'a pas vocation à être exhaustive. Pour plus de précisions sur les acteurs cités ou compléments, voir les sites de [l'ARPE Normandie](#), [Ekopolis](#) et du [RFCP](#).

a	Ateliers municipaux	Chevannes (91)	Ecole maternelle Vincent Auriol	Paris (75)
b	Paille'House	Abondant (28)	La petite fabrique d'Ivry-Levassor	Paris (75)
c	13 logements bois paille	Nogent le Rotrou (28)	145 Chambres étudiantes en bois et paille	Paris (75)
d	Bureaux	Muchedent (76)	Immeuble de logement de 7 étages	Paris (75)
e	Prévo'Cap : pépinière d'entreprises écologiques	Villers-Bocage (14)	La ferme du Rail	Paris (75)
f	Bureaux bioclimatiques	Saint-Aignan-de-Crasmesnil (14)	Bureaux transformés en logements étudiants BBC	Paris (75)
g	Bâtiment agricole	Saint-Vigor-Le-Grand (14)	Groupe Scolaire Stéphane-Hessel/Les Zéfirottes	Montreuil (93)
h	La crèche «La Chaumière»	Bréauté (76)	Maternelle de la Mare Huguet Boutours	Rosny-sous-Bois (93)
i	La cité scolaire de Tourny	Tourny (27)	École des Boutours	Rosny-sous-Bois (93)
j	Un équipement socioculturel en paille	Gonfreville l'Orche (76)	Centre de loisirs Félix Eboué	Rosny-sous-Bois (93)
k	Les Z'écobatisseurs	Louvigny (14)	L'école maternelle des Boutours	Rosny-sous-Bois (93)
l	Logements sociaux	Flocques (76)	Groupe scolaire Louise-Michel	Issy-les-Moulineaux (93)
m	Une maison réhabilitée en matériaux locaux	Nocé (61)	Ecole maternelle	Epinay-sur-Seine (93)
n	Maison du parc naturel marais du Cotentin & Bessin	Carentan-Les-Marais (50)		
o	Groupe scolaire Netreville	Evreux (27)		
p	Centre de Gestion	Valframbert (61)		

Cette liste n'est pas exhaustive. Pour plus de précisions sur les acteurs cités ou compléments, voir les sites de [l'ARPE Normandie](#), [Ekopolis](#) et du [RECP](#).



#### Données clés

##### Disponibilité

2 à 3,5 millions de tonnes/an de pailles de blé récoltables en Vallée de la Seine

##### Quantités produites / transformées

380 000 à 945 000 tonnes/an de pailles de blé pour la construction en Vallée de la Seine

##### Capacité annuelle de stockage

80-100% de la production selon cultures

##### Concurrences d'usage

Paillage / Alimentation animale / Energie

##### Adaptabilité au changement climatique

Faible (diminution des rendements liée à des automnes pluvieux et des printemps secs)

##### Coût des bottes de paille

env. 20€/T pour la paille en andin, à 110-120€/T pour le coût de la botte de paille adaptée prête à l'emploi (via fournisseur type ProFibres)

#### Fournisseurs de matière première

Voir « Aperçu de l'écosystème » (liste non exhaustive)

#### Une agro-ressource abondante

La France est le 1<sup>er</sup> pays producteur de céréales de l'Union Européenne avec 57,5 Mt en 2020 (source : Intercéréales, 2021). Elles sont récoltées en été, de mi-juillet à mi-août. Différentes céréales sont présentes le long de la Vallée de la Seine : le blé, l'orge, le maïs. L'Île-de-France est la 1<sup>ère</sup> région meunière de France (source : ViaVoice-Passion Céréales, 2020).

#### Des céréales... aux pailles

Les pailles sont des coproduits de l'industrie alimentaire : un hectare de culture céréalière produit environ 3 tonnes de paille. Il s'agit donc d'une ressource très abondante (1,94 millions tonnes/an en Normandie et 86 410 tonnes/an en Île-de-France en 2020) Source : [www.agreste.agriculture.gouv.fr](http://www.agreste.agriculture.gouv.fr). Essentiellement valorisée en paillage et en fourrage dans l'alimentation animale, parfois même brûlée, son usage dans la construction et l'énergie se développe cependant de plus en plus.

En France en général, et en Île-de-France en particulier, la paille dans la construction renvoie essentiellement à la paille de blé, car c'est la culture pour laquelle les règles professionnelles de la construction paille sont établies et la plus cultivée pour les besoins métropolitains et pour l'exportation. Pailles d'orge et de seigle offrent des possibilités de développement intéressantes pour le domaine de la construction et sont à l'étude par certains acteurs de la construction paille.

La concurrence d'usage est aujourd'hui limitée : 5 à 10% de la paille de blé produite annuellement suffiraient pour isoler 500 000 logements/an, soit environ l'ensemble des constructions neuves.

#### Le stockage, un coût important mais un enjeu majeur

Les pailles récoltées sont très volumineuses et nécessitent d'être stockées dans des bâtiments fermés, en limitant les remontées d'humidité (chape bétonnée), bien aérés et dératés, ce qui augmente les coûts. La superposition sur une grande hauteur des bottes de paille peut également entraîner la déformation des bottes inférieures. La surface et la qualité du stockage représentent donc un enjeu majeur pour la mobilisation de ce matériau.

Ce poste est particulièrement coûteux en Île-de-France en raison du prix élevé du foncier. La Région prévoit un accompagnement pour les agriculteurs autour de ces enjeux : aires supplémentaires de stockage, aides AML et appels à projet 2022-2024 (source : Collectif Paille).

#### Des pailles de plus en plus courtes

Les changements climatiques impactent la ressource, les pailles étant très sensibles aux conditions pédoclimatiques et en particulier aux précipitations.

Pour répondre aux différents besoins, améliorer les rendements et éviter que les cultures ne se couchent, les agriculteurs utilisent de nombreux intrants et parfois des OGM, ce qui a tendance à s'accompagner d'une diminution de la longueur des pailles. Ce phénomène pourrait représenter un enjeu pour le secteur de la construction, qui a aujourd'hui besoin de pailles longues (22 cm). De plus, le recours plus important aux intrants pourrait augmenter les prix des bottes en proportion.

Une autre problématique liée à la récolte est le fait que les machines agricoles (batteuse à percussion, batteuse à rotor), qui séparent les grains et les pailles, écrasent les tiges et les rendent difficilement utilisables pour la construction.

La main d'œuvre est également difficile à trouver pour manipuler les nombreuses bottes de paille au moment de la récolte.

#### Exploiter les pailles biologiques ?

Certaines maîtrises d'ouvrage acceptent uniquement de la paille issue de l'agriculture biologique sur leurs projets.

C'est le cas de références à Rosny-sous-Bois (qui a également sélectionné des pailles produites en agroforesterie pour le centre de loisirs Jacques Chirac).

Néanmoins, d'autres retours d'entretiens ont mis en évidence le caractère tendu du marché des pailles biologiques, souvent priorisées pour l'alimentation et le paillage des animaux.

#### Le développement d'une filière paille

Si les tensions sont aujourd'hui faibles, le développement de la filière paille de construction est à considérer en lien avec les autres débouchés, en particulier celui de l'énergie qui est en forte progression.

La ressource est abondante et disponible, cependant, la structuration de la filière doit se faire en lien étroit avec les agriculteurs, leurs représentants (Chambres d'Agriculture), et des acteurs peu mobilisés jusqu'à présent, comme les entreprises de travaux agricoles et les négociants en paille.

## Matériaux (1<sup>ère</sup> transformation) Un isolant durable, performant et adaptable

### Données clés

**Sites de transformation :** Vallée de la Seine

Fabricant industriel : 2

Fabricant semi-industriel (charpentier) : >20

Producteur (agriculteur) : >20

### Volume de production global

380 000 à 945000 tonnes/an de pailles de blé possibles pour la construction en Vallée de la Seine

### Fabricants de matériaux

Voir « Aperçu de l'écosystème » (liste non exhaustive)

### La botte de paille, un matériau isolant brut et prêt à l'emploi

La botte de paille est un produit agricole non transformé et de ce fait soumis à la TVA agricole 5,5%. L'agriculteur doit produire des bottes en conformité avec le cahier des charges réalisé par le RFCP. La responsabilité décennale est assumée par l'artisan qui prend possession du lot, vérifie sa conformité et réalise la mise en œuvre des bottes dans l'ossature.

- **La botte dite « paysanne ».** Coût : 6 à 10 € /m<sup>2</sup> (hors mise en œuvre). Ses dimensions sont contraintes par les botteleuses agricoles. Le format le plus courant est 37x47x80/100 cm. Son stockage est géré par le producteur.
- **La botte à façon, ou l'adaptabilité.** Coût : 110-120€ /T pour la botte de paille adaptée prête à l'emploi (via fournisseur type ProFibres) (hors mise en œuvre). Elle est refaçonée en atelier à partir de ballots de paille. Ses dimensions découlent des contraintes architecturales et des règles de construction. La botte à façon permet de réduire l'épaisseur du mur et d'économiser ainsi le bois employé pour l'ossature. La botte de 36cm est la plus courante mais celle de 22cm devrait la suppléer. Le fabricant atteste ainsi de sa qualité et offre une logistique adaptée au chantier (mise en palette, manipulation et stockage standardisés facilite les PRO).
- **La paille hachée.** Coût : 45€ /m<sup>2</sup> (hors mise en œuvre). Aujourd'hui, la filière de paille hachée se développe autour de la paille de blé. Toutefois, elle pourrait à terme intégrer la paille d'orge ou d'autres céréales. La première usine de fabrication française d'isolation en paille hachée devrait être opérationnelle courant 2022. Le développement de cette filière est porté par la SCIC ielo implantée en Nouvelle-Aquitaine, qui souhaite mettre en lien les producteurs de paille et les professionnels du bâtiment. L'objectif est *in fine* d'équiper les coopératives agricoles du matériel nécessaire au hachage et au conditionnement de la paille en vue de son utilisation pour la construction.

### Isolation des toitures

Contrairement aux murs isolés en paille dont l'épaisseur oriente l'usage vers le neuf, la paille en toiture se prête très bien à la rénovation :  
- permet d'atteindre de bonnes performances thermiques

notamment l'été

- simplifie la structure grâce à la présence de chevrons porteurs
- nécessite des portées raisonnables
- fonctionne aussi avec des toitures froides plates

### Un matériau local et durable

La paille est un matériau de proximité dont l'approvisionnement se fait à moins de 50 km du site de fabrication (atelier ou chantier de construction).

La durabilité de ce mode constructif est prouvée : la plus ancienne maison en paille de France, la maison Feuillette à Montargis, a été construite en 1920. Elle a conservé ses menuiseries d'origine, ainsi que ses enduits extérieur et intérieur d'origine.

### Un matériau performant et vecteur de confort

Les performances d'isolation de la botte de paille répondent aux exigences des constructions passives et à énergie positive (BEPOS).

Matériau très dense, la paille permet un déphasage thermique important très favorable au confort d'été.

Une botte de paille dont la masse volumique est comprise entre 80 et 120 kg/m<sup>3</sup> a les caractéristiques suivantes (*rapports de tests disponibles sur le site internet du RFCP*) :

- Conductivité thermique :  $\lambda_D = 0,048 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  - Norme EN 12-667
- Résistance thermique :  $R > 7,5 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$  (pour une ép. 30cm)
- Coeff. de transmission thermique :  $U = 0.12 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
- Déphasage : entre 12 et 16 heures
- Capacité thermique massique :  $C_p = 1558 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
- Facteur de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau :  $\mu = 1.04$  ( $S_d = 0.12 \text{ m}$ )
- Classement de réaction au feu : B - s1 - do (M1) paille enduite à la chaux (non revêtue par un enduit, la paille à une classe de réaction au feu "E")
- Classement de résistance au feu : REI 120 mn / RE 120 mn (paille enduite > 40mm)
- Comportement au feu des façades : 3 essais LEPH II réalisés
- Affaiblissement acoustique : -43db (paille enduite à la terre crue)
- Valeur pour label bâtiment biosourcé : 40kg/m<sup>2</sup> (petites bottes de paille ou paillettes en vrac tassées)
- Elle est classée A+ en émission de COV.



# Paille

Système constructif #1

## Murs porteurs en botte de paille Une fonction structurelle historique



© Ville de Rosny-sous-Bois

### Applications constructives

La paille, en plus de remplir sa fonction d'isolant, peut être structurelle. C'est d'ailleurs ainsi qu'est née la construction paille, dans la 2<sup>ème</sup> moitié du XIX<sup>e</sup> siècle aux Etats Unis, avec l'invention de la presse agricole.

Quelques bâtiments en paille structurelle, construits dans les années 1880, sont parvenus jusqu'à nous.

Plusieurs bâtiments de ce type existent de France, y compris des ERP, citons par exemple l'écocentre Pierre et Terre à Risclé (32) et l'école Les Boutours à Rosny-sous-Bois (93).

Ces 2 bâtiments se limitent au R+1 (rez-de-chaussée + 1 étage) et présentent peu d'ouvertures.

Le principe constructif consiste à empiler des bottes de paille entre une lisse basse et une lisse haute. Dans le cas de petites bottes, elles sont posées à plat, pour une emprise au sol de 47 cm (hors finition). Dans le cas de grosses bottes, elles sont positionnées sur champs, pour une emprise au sol de 70 cm (hors finition).

### Du bois pour répartir les charges sur la paille

Les bottes sont disposées sur une lisse basse en bois, dans laquelle sont coincées des broches en bois verticales. Ces dernières assurent un bon maintien du premier lit de bottes.

Les bottes sont ensuite disposées en quinconce, de manière à décaler les joints. Certaines bottes nécessitent d'être redimensionnées pour compléter une rangée. Une fois le mur monté, la lisse haute est posée. Cette dernière permet de répartir uniformément les charges sur toute la longueur du mur.

Le serrage des sangles qui entourent le mur, passant sous la lisse basse et sur la lisse haute, vient fortement comprimer les bottes. Suffisamment tassée, la paille peut alors supporter des charges, elle joue alors son rôle structurel. Les précadres qui accueilleront les fenêtres et les portes sont alors posés et la paille peut d'ores-et-

déjà porter un étage supplémentaire ou la charpente. (Source : Amaco). La paille est généralement enduite sur ses deux faces, l'absence de structure bois ne permettant pas la fixation d'un bardage.

### Un procédé constructif « gourmand », techniquement adapté uniquement à quelques typologies spécifiques

Les murs porteurs en botte de paille ne sont ainsi pas adaptés à toutes les typologies constructives : gourmand en matière, ils induisent des épaisseurs de mur importantes et la manutention de bottes de paille très lourdes. Les bâtiments sont également contraints en hauteur (un seul bâtiment R+2 identifié à l'échelle mondiale).

Afin de jouer son rôle structurel et de limiter la présence du bois elle conduit également à réduire fortement la quantité d'ouvertures. Du fait de leurs grandes performances thermiques et carbone ils peuvent cependant être très intéressants pour des bâtiments de stockage très simples, en RDC/R+1, et disposant de peu d'ouverture.

### Cadre technico-normatif à date

Des membres du Réseau Français de la Construction en Paille travaillent actuellement à la rédaction de recommandations techniques spécifiques à la paille porteuse.

Néanmoins, à la date de réalisation du sourçage, ce procédé constructif relève encore de la recherche expérimentale.

A ce titre, il ne semble donc être visé par aucun référentiel, même du type guide de bonnes pratiques. Celui-ci relève en conséquence pleinement de la notion de technique non courante.

#### Données clés

##### Aire géographique d'approvisionnement

Rayon de 100 km

Pas de FDES

#### Synthèse du Cadre technico-normatif

##### Référentiels normatifs ou prénormatifs

*A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel normatif ou prénormatif sur le système de murs porteurs en bottes de paille*

##### Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.
- [RAPPORT Classement de résistance au feu d'un mur paille porteuse enduit - REI 120mn - 2020](#)



# Paille

Système constructif #2

## Isolation thermique en bottes de paille 1/2 Des qualités d'isolation reconnues



© Ekopolis

### Données clés

**Aire géographique d'approvisionnement :**  
rayon de 100 km

**Coût de fabrication :**  
MOB 130 à 150€ HT/m<sup>2</sup> (fourni / posé)

**Délais :** environ 3 semaines selon  
disponibilité des stocks

**FDES :** 2 Collectives

### Synthèse du Cadre technico-normatif

**Référentiels normatifs ou prénormatifs**  
- Règles professionnelles « Construction en paille, remplissage isolant et support d'enduit » accepté par la C2P RP-A

**Tests et essais performanciels**  
- Voir détail du Cadre technico-normatif.

### Applications constructives

Prédominante chez les entreprises artisanales et auto-constructeurs, cette technique consistant à remplir une ossature bois avec des bottes de paille est mise en œuvre sur site ou en préfabrication.

#### Préfabrication en atelier

Technique paille la plus répandue (en surface bâtie), elle consiste à fabriquer en atelier des caissons isolés. Le bâtiment peut être relevé très rapidement (quelques jours pour une habitation à quelques semaines pour de grands bâtiments). Ces caissons sont porteurs dans le cas des COB conformes au NF DTU 31.2 et non porteurs dans le cas de FOB conformes au NF DTU 31.4 et rapportées devant ou entre les éléments de la superstructure. *NB: voir définition des COB et FOB en partie filière bois.*

**Avantages:** réduit la pénibilité, les délais et la durée des chantiers, les coûts, et augmente la qualité de mise en œuvre.

**Limites:** les éléments assemblés sont transportés par camion dans les gabarits routiers standards puis levés par une grue sur chantier et positionnés à la main avec des tirants levants. Le stockage et la manipulation de grosses pièces peuvent poser problème pour les artisans. Cette technique est donc réservée aux entreprises bénéficiant déjà d'installations suffisantes.

#### Coût concurrentiel

Certains charpentiers proposent déjà des coûts de l'ordre de 1800-1500€ HT/m<sup>2</sup> SHAB pour des bâtiments passifs en ossature bois (enveloppe et planchers). Ceux-ci sont donc très performants et au même niveau de prix que la construction conventionnelle béton. Ce signal prix pourrait faire basculer la filière dans la massification.

### Cadre technico-normatif à date

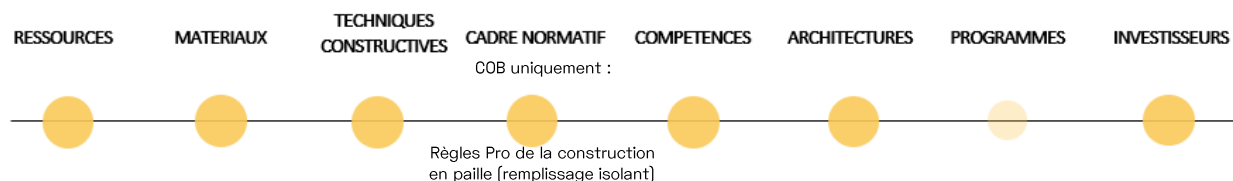
#### Isolation thermique de murs

A date de réalisation du sourçage, il existe des règles professionnelles « Construction en paille, remplissage isolant et support d'enduit » acceptées par la C2P sans un suivi nécessaire du retour d'expérience (RP-A). Elles regroupent 2 procédés, dont le procédé d'isolation thermique de murs à ossature bois avec des bottes de pailles. Ainsi, dans la mesure où le référentiel est respecté en tous points, ce procédé est reconnu en technique courante. Pour rappel, ces règles professionnelles visent l'isolation thermique de COB [relevant du DTU 31.2] des locaux de type EA, EB, EB+ privatif à faible ou moyenne hygrométrie, pour la rénovation ou construction neuve. Les types de bâtiments visés sont les logements individuels ou collectifs, les locaux commerciaux et les ERP avec plancher bas du dernier niveau à moins de 8m du sol.

#### Isolation thermique de façade

A date de réalisation du sourçage, il n'existe aucun référentiel technique visant un procédé d'isolation thermique de FOB (DTU 31.4) avec un isolant en botte de paille. Ce procédé est ainsi reconnu à date en technique non courante. Pour la prescription et l'emploi de ces procédés sur une opération, il est donc nécessaire :

- D'identifier les caractéristiques et performances requises pour son projet, en vue de démontrer l'aptitude à l'emploi du procédé pour le projet en question ;
- De définir les protocoles d'études et essais associés, les mener et vérifier que les performances requises sont atteintes ;
- De faire reconnaître, préalablement à toute prescription/emploi, les éléments de preuve collectés (démarches qualités incluses) par le Contrôleur Technique Construction désigné pour l'opération et par l'Assurance Construction, de toutes les parties potentiellement concernées.



# Paille

Système constructif #2

## *Isolation thermique en bottes de paille 2/2* *Actualités et perspectives d'évolution*



© Ekopolis

### Actualités, spécificités terrain constatées et perspectives d'évolution

#### **Des ATEX pour des hauteurs supérieures à 8m**

Des ATEX de cas "B" favorable ont été obtenues sur des projets bien spécifiques (programmes, structure, hauteur, type de parement, etc.) pour des hauteurs supérieures à 8m. Toutefois, celles-ci appartenant aux entreprises, ne sont pas réutilisables plus largement.

Un groupe au sein du RFCP travaille actuellement sur les IMH (plancher bas <28m) (point non approfondi à ce stade – des compléments seraient nécessaires afin de connaître le cadre et le périmètre précis de ces travaux).

La stratégie développée par Nantes métropole est d'obtenir des ATEX de cas "A" mises dans le domaine public pour réutilisation. Ceci permettant de réaliser un certain nombre d'opérations afin d'alimenter le REX et de passer la prochaine édition des RP à 28m. De manière générale, on note qu'en l'état actuel des sujets, l'utilisation de bardages offre davantage de possibilité de proposer des bâtiments qui montent en hauteur que l'utilisation d'enduits.

#### **Isolation thermique de façade**

Comme indiqué précédemment, l'isolation en botte de paille des façades à ossature bois rapportées sur structure maçonnée (murs rideau sur poteau-poutre, façade ossature bois rapportée sur structure béton) n'est à ce jour pas visée par le référentiel technico-normatif et relève donc de la technique non courante.

Le sourçage a néanmoins permis d'identifier des projets réalisés et validés par des contrôleurs techniques avec ce procédé.

Les FOB sont désormais gérées par le DTU 31.4 sorti en 2020. Or, les règles professionnelles paille sont sorties en 2018, époque où les FOB étaient gérées par défaut par le DTU 31.2. La principale distinction entre le DTU 31.2 et le DTU 31.4 est que le DTU 31.2 gère le structurel alors que le 31.4 gère les façades non structurelles. Certains contrôleurs techniques, considèrent donc que si ce système constructif peut fonctionner dans le cadre du DTU 31.2

avec un enjeu structurel, il n'y a pas de risque supplémentaire à prévoir pour l'appliquer dans le cadre d'un DTU 31.4 qui n'a pas d'application structurelle.

La collecte de davantage d'informations sur le contexte de ces projets, ainsi que sur l'existence et, en l'absence d'ATEX de cas b pour ces projets, l'effectivité d'avoir des MOA et des Constructeurs (Au sens de la loi Spinetta du 4/01/1978 reprises au CCH via les articles 1792 et suivants) assurés en technique non-courante serait nécessaire pour en tirer davantage de conclusions.

#### **Deux nouvelles FDES collectives**

La publication en août 2022 de deux fiches relatives à l'isolation en bottes de paille de plein champs (issues de l'agriculture biologique et conventionnelle) va permettre de renforcer la crédibilité du système technique. Avec un total de cycle de vie négatif de -9 kg CO<sub>2</sub>eq environ (contre -2 seulement pour la seule fiche par défaut existante sur l'isolation paille), l'isolation en botte de paille démontre ses qualités bas-carbone et en termes de confort hygrothermique et acoustique notamment.

# Paille

Système constructif #3

## ITE de murs avec des bottes de pailles Un procédé efficace mais plus complexe



© David Madiot

### Données clés

#### Aire géographique d'approvisionnement

Rayon de 100 km

#### Délais

Env. 3 semaines (selon disponibilité des stocks)

#### Pas de FDES

### Synthèse du Cadre technico-normatif

#### Référentiels normatifs ou prénormatifs

A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel normatif ou prénormatif sur le système d'isolation thermique de mur par l'extérieur avec enduit sur isolant en paille.

#### Tests et essais performanciels

Voir le détail du Cadre technico-normatif.

### Applications constructives

La botte de paille peut être utilisée en isolation thermique par l'extérieur (ITE). Les bottes de paille sont fixées au mur existant ou sont insérées dans une ossature secondaire, elle-même fixée au mur existant.

#### Solutions constructives existantes

Différentes solutions techniques sont développées, dont certaines présentent des similitudes avec les règles professionnelles de la construction paille.

#### ITE épais

L'emprise sur le domaine public est possible si le PLU permet des encorbellements ; les problématiques d'accessibilité des fenêtres et balcons sont à prendre en compte. La paille est un matériau peu souple qui est parfois difficile à adapter aux contraintes architecturales de l'existant.

Pour répondre à la problématique d'ancrage au sol, il est nécessaire de refaire un soubassement, la paille ne pouvant être posée directement sur le sol.

L'utilisation de bottes à façon permettrait de réduire l'épaisseur de l'ITE paille. Elle peut être associée à un enduit ou bardage ventilé.

#### Rénovation des passoires énergétiques

La rénovation thermique biosourcée du parc bâti répond à une demande de plus en plus importante de la part des collectivités locales et des maîtres d'ouvrage. L'ITE paille offre une solution innovante à cet enjeu. Le diagnostic du patrimoine bâti existant permet d'évaluer sur quels édifices la solution ITE paille peut être propice, en prenant en compte les aspects techniques, architecturaux, patrimoniaux et urbanistiques.

Un exemple récent est celui du bailleur social Paris Habitat qui a expérimenté l'ITE enduite à la chaux sur un immeuble parisien de 7 étages. La paille provient d'un agriculteur situé à moins de 50km en

Seine et Marne.

L'utilisation d'un isolant biosourcé comme la paille ne dégageant aucun produit chimique nocif est un atout majeur pour les travaux en milieu occupé.

Dans le cadre de ce projet au chantier ouvert, le matériau paille est devenu vecteur d'intensité sociale, support de formation et de sensibilisation à la transition écologique.

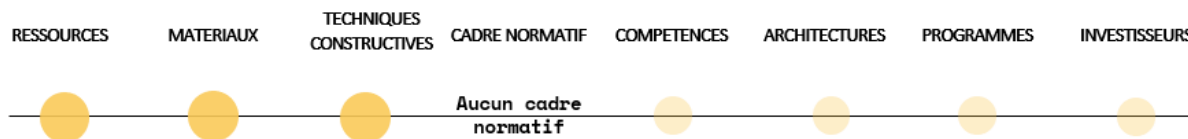
### Cadre technico-normatif à date

A la date de réalisation du sourçage, il n'existe aucun référentiel technique visant un procédé d'isolation thermique de mur par l'extérieur avec enduit ou bardage ventilé sur isolant en paille pour la construction neuve ou pour la rénovation énergétique. Ce procédé est ainsi reconnu à date en technique non courante. Il a cependant des similitudes avec le procédé d'isolation thermique de murs à ossature bois (DTU 31.2) avec des bottes de pailles, complété par le procédé d'enduits sur support bottes de paille ou de bardage ventilé sur support bottes de paille.

Ainsi, en se basant sur ce qui précède, on peut évaluer la maturité du procédé à un niveau quasiment équivalent à celui d'une reconnaissance via des règles professionnelles.

Pour la prescription et l'emploi de ces procédés sur une opération, il est donc nécessaire :

- D'identifier les caractéristiques et performances requises, en vue de démontrer l'aptitude à l'emploi du procédé pour le projet en question ;
- De définir les protocoles d'études et d'essais associés, de les mener et de vérifier que les performances requises sont bien atteintes ;
- De faire reconnaître, préalablement à toute prescription/emploi, les éléments de preuve collectés (démarches qualités incluses) par le Contrôleur Technique Construction désigné pour l'opération et par l'Assurance Construction, de toutes les parties potentiellement concernées.



# Paille

Système constructif #4

## Paille hachée insufflée : isolation thermique en vrac de paroi à ossature bois Des applications prometteuses



@ ielo

### Données clés

#### Coût de fabrication

13€ HT / m<sup>2</sup> (fourniture) pour ép. 20cm  
28€ HT / m<sup>2</sup> (fourniture + pose) pour ép. 20cm

FDES : 1 Par défaut

### Synthèse du Cadre technico-normatif

#### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- ATE<sub>x</sub> de cas B d'ici la fin 2022
- ATE<sub>x</sub> de cas A à partir de septembre 2023
- ATE<sub>c</sub> en 2024

#### Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

### Applications constructives

#### De la paille insufflée

Cette technique d'isolation consiste à injecter des fibres sous pression et à sec, à l'aide d'une machine et d'un tuyau, de bas en haut pour une meilleure densité et un meilleur tassement. Les trous d'insufflation sont refermés et étanchés avec du pare-vapeur. L'utilisation de la machine à insuffler nécessite une maîtrise spécifique.

Plusieurs formations à destination des professionnels de l'isolation seront dispensées en France pour développer l'emploi de la paille hachée comme isolant.

Techniquement, l'isolation en paille insufflée est applicable aux projets de construction neuve et de réhabilitation de toute dimension (on ne sait pas encore si les ATE<sub>x</sub> auront une limite de hauteur). Les domaines d'emplois sont les mêmes que la ouate de cellulose insufflée en murs. Le recours à cette technique est possible pour tous types d'ossatures fermées en bois, à même de contenir la paille hachée :

- Parois verticales ou inclinées : murs extérieurs et rampants de toitures
- Parois horizontales : planchers
- Cloisons ou contre-cloisons maçonnées pour isolation thermo-acoustique

#### Caractéristiques techniques (données Ielo/RFCP)

- Densité de mise en œuvre conseillée : 110 kg/m<sup>3</sup>
- Conductivité thermique : 0,043 W/m.K
- Stockage carbone : 12kg.CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>
- Moteur de confort : hygroscopique

### Cadre technico-normatif à date

A la date de réalisation du sourçage, il n'existe aucun référentiel technique traditionnel visant un procédé d'isolation thermique en vrac de paroi à ossature bois à base de paille hachée insufflée.

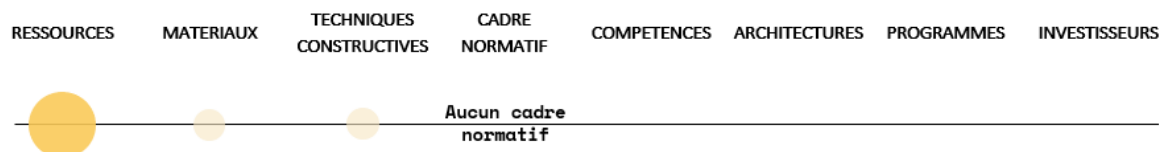
### Actualités, spécificités terrain constatées et perspectives d'évolution

Cependant, à date, plusieurs projets de construction de bâtiments publics isolés en paille hachée font, a priori, l'objet d'Appréciation Technique d'Expérimentation (ATE<sub>x</sub>) de cas B et de suivis expérimentaux, pour le compte de la société coopérative d'intérêt collectif « Ielo ».

Le premier porteur sur un projet de construction de 5300 m<sup>2</sup> de bureaux d'ingénierie territoriale publique et privée et le second sur la rénovation d'un restaurant universitaire de 1000 m<sup>2</sup>. Ainsi, dans la mesure où l'ATE<sub>x</sub> est respectée en tous points, le présent procédé est reconnu en technique courante.

Ils ont pour objectif l'obtention de deux ATE<sub>x</sub> de cas B d'ici la fin 2022, d'un ATE<sub>x</sub> de cas A à partir de septembre 2023, suivis d'un ATE<sub>c</sub> et d'un ACERMI en 2024, permettant à leur procédé d'être reconnu comme technique courante dans les conditions de leur évaluation et en respectant l'intégralité de celle-ci.

Un développement crédible, dans la zone géographique de la présente mission, de ce procédé considéré comme relativement prometteur, reposerait sur une reproduction à l'identique de la stratégie d'évaluation adoptée par Ielo. Cela supposerait également une formation des charpentiers à cette technique.



## Actualités, spécificités terrain constatées et perspectives d'évolution de la filière

### Historique de la filière

#### **Une filière historique et bien structurée à l'échelle nationale**

Avec la fondation du RFCP en 2003 et une première version des Règles Professionnelles en 2021, la filière paille est une filière biosourcée déjà très structurée et en cours de massification, qui s'est principalement développée en open source (tous les essais sont disponibles sur le site du RFCP).

La France est d'ailleurs reconnue comme ayant un leadership mondial en matière de construction paille.

### Spécificités terrain constatées

#### **Emploi des botte de paille en isolation de FOB**

Comme indiqué en SC2, on note que la façade en ossature bois et isolation paille rapportée sur structure maçonnée est aujourd'hui validée par certains contrôleurs techniques, considérant que si elle est valide en structure pour le DTU 31.2 elle doit l'être également pour le DTU 31.4 en façade non structurelle.

On note bien cependant que ces éléments ne peuvent pas être généralisés dans une lecture stricte du cadre technico-normatif, et que la validation des contrôleurs techniques ne préjuge pas forcément de l'assurabilité du bâtiment.

Si des divergences de point de vue existent entre les contrôleurs techniques dans la lecture du cadre technico-normatif, la collecte de davantage d'informations sur le contexte de ces projets ainsi que sur l'existence et l'effectivité de leur assurabilité serait nécessaire pour en tirer davantage de conclusions.

### Actualités et perspectives de développement

#### **Doctrine incendie de la préfecture de police de Paris & travaux en cours**

La réglementation incendie en matière de systèmes constructifs biosourcés a été remise en cause depuis l'été 2021 par la "doctrine" des sapeurs-pompiers de la préfecture de police de Paris. Les filières bois et biosourcés travaillent actuellement avec la

PPP pour avancer dans l'élaboration de solution fiables. L'organisme Adivbois œuvre pour faciliter le développement d'une réglementation incendie adaptée au cadre nouveau des immeubles biosourcés de moyenne hauteur.

Des projets bois-paille de moyenne hauteur sont à l'étude, en concertation avec les pompiers et bureaux de contrôle.

#### **Mise à jour des FDES**

La publication en août 2022 de deux nouvelles fiches collectives relatives à l'isolation en bottes de paille de plein champs (issues de l'agriculture biologique et conventionnelle) met en évidence la qualité bas-carbone de ce matériau.

#### **Vers un référentiel technique pour l'isolation en paille hachée**

Alors que le remplissage par paille hachée est plus simple que par bottes de paille, son usage ne peut pour le moment pas encore être reconnu en technique courante.

La filière dispose de solutions d'isolation de FOB mais sont évaluées au cas par cas, projet par projet.

Parmi les solutions propriétaires on peut notamment citer le producteur Ielo (Nouvelle-Aquitaine) qui porte actuellement 2 ATEx de cas B (valable uniquement pour les 2 projets couverts par les ATEx) pour de la paille hachée en isolation de FOB et cherche à obtenir des ATEx de cas A pour fin 2023 pour l'emploi en isolation de COB (DTU 31.2) et FOB (DTU 31.4).

Les perspectives de la filière sont notamment conditionnées par la formation des charpentiers et par la finalisation des prochaines études de performance (des simulations Wufi pour le comportement hygrothermique sont notamment en cours avec le CSTB).

#### Normandie

Nombre de personne Formés Pro Paille  
70 (depuis fin 2019)  
30 / an

Proportion par métier  
Env. 50% conception / 50% réalisation

Données Arpe Normandie

--

#### Ile-de-France

Nombre de personne Formés Pro Paille  
234 (depuis 2012)

40 / an :

- 2018 : 21
- 2019 : 54
- 2020 : 36
- 2021 : 64
- 2022 (en cours) : 22

Proportion par métier  
Conception (MOE, AMO, BC) :  
87%

Réalisation (artisans charpentiers et  
maçons, conducteur de travaux) :  
13%

Données RFCP

Des savoir-faire requis pour chacun  
des acteurs de la chaîne

#### Des emplois locaux et qualifiés

Ressource abondante en Normandie et Ile de France et transformée sur le territoire inter-régional, la botte de paille contribue à l'économie locale. Elle vient en substitution de matériaux d'isolation produits hors de la Région Normandie/Ile de France.

En amont, le pressage des andins en bottes de paille par les agriculteurs demande cependant un savoir-faire et un équipement spécifique, valorisé économiquement par les acteurs de la construction : une botte de paille conforme aux Règles Professionnelles est vendue plus chère qu'une botte de paille "standard".

En aval, au sein de l'entreprise de construction bois, l'utilisation de la botte de paille implique une main d'œuvre formée et locale. Face au faible coût de la botte de paille, une plus grande part du prix de revient du m<sup>2</sup> de mur revient à la part "main d'œuvre".

#### Un enjeu de formation

Les Règles Professionnelles de la construction en paille imposent aux personnes qui prescrivent et mettent en œuvre de la paille conformément à ces règles de :

- suivre avec succès une formation relative à ces règles et certifiée par la RFCP ;
- et/ou de faire valider leurs acquis et expériences.

Le référentiel de formation visé par les règles professionnelles est celui mis en place par le RFCP, à savoir le référentiel « Pro-paille ».

Il existe également une formation en Hauts-de-France, Normandie et Bretagne destinée à accompagner les exploitants agricoles à la transformation de la paille en bottes de paille conformes à l'utilisation en isolant biosourcé.

D'une manière générale, la formation aux techniques de conception et de construction paille doit être élargie, diversifiée et amplifiée. Certains corps de métiers ont besoin de formations spécifiques complémentaires : assistance à maîtrise d'ouvrage, formations intra-entreprise, économistes de la construction...

La paille peut notamment nécessiter des compétences spécifiques dans la réalisation des enduits (formulation et mise en œuvre des

enduits, mais également mise en œuvre des bottes adaptée à la réception de l'enduit).

D'autre part, l'intégration de contenus pédagogiques sur la construction paille en formation initiale permettrait de mieux faire connaître ce matériau aux jeunes professionnels.

### Intelligence collective

#### Un nécessaire dialogue entre les différents corps de métiers

De par ses spécificités, la construction paille demande à chaque intervenant de l'acte de construire de modifier ses pratiques et de dialoguer avec les autres corps de métiers, tant en phase conception qu'en phase chantier (protection des bottes de paille des intempéries notamment).

Elle incite au décloisonnement des acteurs et à une anticipation des enjeux pour aboutir à des projets techniques et économiquement réussis (exemple : adaptation amont de la trame constructive à la contrainte de calepinage liée à la taille de la botte).

#### Une intégration anticipée des acteurs de la MOE

L'intégration dans le projet d'un bureau de contrôle doit être mis en place dès le démarrage des études pour aider à identifier les points de non-conformité et les moyens pour, soit se remettre en conformité, soit pour gérer ces non conformités.

L'implication de BET spécialisés est indispensable pour relever les défis techniques liés à la construction paille.

La construction hors site et le travail de calepinage sont deux facteurs qui nécessitent également d'anticiper un temps plus long d'étude de MOE en amont. Cela implique un coût d'étude de MOE approprié et planifié.

### Groupe scolaire Simone Veil (93)

- MOA : Ville de Rosny-sous-Bois
- MOE : Ville de Rosny-sous-Bois
- Année : 2021
- Coût : 9 000 000€ HT
- Mode constructif : Mur ossature bois remplissage paille 47 cm

### Groupe Scolaire - Les Boutours 2 (93)

- MOA : Ville de Rosny-sous-Bois
- MOE : Ville de Rosny-sous-Bois
- Année : 2017
- Coût : 1 940 000€ HT
- Mode constructif : Paille porteuse

### Centre de loisirs - Jacques Chirac (93)

- MOA : Ville de Rosny-sous-Bois
- MOE : Ville de Rosny-sous-Bois
- Année : 2019
- Coût : 3 500 000€ HT
- Mode constructif : Paille porteuse

### La Ferme du Rail (75)

- MOA : Réhabail
- MOE : Grand Huit avec Albert et cie (AMO), Scoping (BET TCE), Gamba (BET acoustique) et Toreana, Pouget (BE thermique), Mélanie Drevet paysagiste
- Année : 2019
- Coût : 3 300 000€ HT
- Mode constructif : Structure bois remplissage botte de paille



Groupe scolaire Simone Veil @Juan Sepulveda



Centre de loisirs - Jacques Chirac



Groupe Scolaire - Les Boutours 2



La ferme du Rail @ Myr Muratet



### Ecole "Hessel - Zefirottes" (93)

- MOA : Mairie de Montreuil
- MOE : Méandre ETC / Panorama Paysagistes / ALTO Ingénierie / EBBE / Gaujard / Progexial / Novorest / AVA / VPEAS / AXCE sécurité
- Année : 2015
- Coût : 13 M € HT
- Mode constructif : Ossature porteuse contreventée

### Groupe scolaire Louise Michel (92)

- MOA : SEMADS
- MOE : ADSC / Bernard Dufournet EURL / Gaujard Technologie Scop / Arcora / Alhyange Acoustique / Tekhné Ingénierie / LCR LBE Fluides / ISE
- Année : 2013
- Coût : 11 085 000 € HT
- Mode constructif : Caissons porteurs

### Ecole Victor Schoelcher (93)

- MOA : Ville d'Epina-sur-Seine
- MOE : Atelier Desmichelle / B.A.bo / Delage et Couliou / Lamalle / Jean-Guy Hugue
- Année : 2016
- Coût : 2 100 000€ HT
- Mode constructif : Caissons porteurs

### Restructuration restaurant universitaire Champlain, Poitiers (86)

- MOA : CROUS de Poitiers
- MOE : Agence Duclos Riboulot Kester Architectes, Climat Conseil, Soneco, Arcabois, Poureau, Ad Hoc
- Année : 2022
- Coût : 3,4 € HT
- Programme : tertiaire
- Mode constructif : démarche BDNA, ITE en paille hachée insufflée dans des caissons (ATEX de Cas B)



Ecole "Hessel - Zefirottes" de Montreuil (93)



Groupe scolaire Louise Michel (92)



Ecole Victor Schoelcher (93)



Restaurant universitaire Champlain, Poitiers (86)

### Cité scolaire de Tourny [27]

- MOA : Commune de Vexin-sur-Epte
- MOE : MWAH Agence d'architecture
- Année : 2019
- Coût : 3,73 M € HT (travaux, signalétique, mobilier)
- Mode constructif : Structure béton, caissons rapportés isolés en bottes de paille



### Crèche "La Chaumière" [76]

- MOA : Communauté de Communes Campagnes de Caux
- MOE : Frédéric Denise Architecte
- Année : 2015
- Coût : 753 000 € HT
- Mode constructif : ITE Paille sur mur béton et ossature bois remplissage bottes de paille



### Maison de l'habitat Périgueux [24]

- MOA : SEMIPER
- MOE : CoCo Architecture, Scapa Architectes, Works Ingenierie, Axeplan, TSA24, SIGMA Acoustique, Atelier du Sillon, GR BIM, NOBATEK/INEF4
- Année : 2023
- Coût : 9,465 M € HT
- Programme : bureaux
- Mode constructif : Paille hachée insufflée dans des caissons bois de façade



### Pépinière d'entreprises Prébo'Cap [14]

- MOA : Villers Bocage Intercom
- MOE : JV Archi & associé
- Année : 2018
- Coût : NC
- Mode constructif : Ossature porteuse contreventée

En haut à gauche : Cité scolaire de Tourny [27]  
Au milieu à gauche : Crèche "La chaulmière" [76]  
En bas à gauche : Pépinière d'entreprises Prébo'Cap [14]  
En bas à droite : Maison de l'Habitat, Périgueux [24]



### Logements sociaux (76)

- MOA : La Foncière Chênelet
- MOE : Bureau Calaisien d'Architecture et de Création - Mathieu Marty
- Année : 2020
- Coût : NC
- Mode constructif : Ossature porteuse contreventée



Logements sociaux (76)

### Les Z'Ecobatisseurs (14)

- MOA : SCCC Les Z'Ecobatisseurs
- MOE : Knapp Versavel Architectes
- Année : 2012
- Coût : 1 700 000 € HT
- Mode constructif : Poteaux poutres



Les Z'Ecobatisseurs (14)

### ITE Convention (75)

- MOA : Paris Habitat -OPH
- MOE : Trait vivant
- Année : 2020
- Coût : 220 000 € HT
- Mode constructif : ITE enduite à la chaux, sur un immeuble parisien de 7 étages

### Logements sociaux bois-paille-passifs (88)

- MOA : Le Toit Vosgien SA
- MOE : ASP Architecture – Antoine Pagnoux
- Année : 2018
- Coût : 625 000 € TTC
- Mode constructif : façades et ITE en panneaux bois-paille



Logements sociaux bois-paille-passifs (88)  
© ASP Architecture & Terranergie



ITE Convention – Logements (75)  
© Collect'IF paille

## **Programmes & investisseurs** *Dépasser les contraintes : engagement des investisseurs et nouvelles réglementations*

### Données clés

601 projets référencés en France sur le site de European Straw Building Association : <https://strawbuilding.eu/category/projects-europe/projects-france/>

1031 projets référencés en France sur le site du RFCP : [Panorama de la construction paille en France](#)

### Principales typologies

#### **Un large panel de typologies de programme**

La construction paille évolue rapidement en programme et typologie et permet de réaliser une vaste gamme de projets neuf ou réhabilités.

Aujourd'hui, habitats collectifs et individuels, établissements scolaire, sportif et culturel, centre d'incendie et de secours, bâtiments agricoles, ainsi que les secteurs du tertiaire (administratif, commercial ou industriel) et de la santé possèdent des exemples de construction paille.

Les principales contraintes à anticiper sont :

- l'épaisseur du mur dans les contextes fonciers contraints ;
- la contrainte de calepinage liée à la taille de la botte (nécessaire anticipation et adaptation amont de la trame constructive) ;
- l'approvisionnement direct auprès des agriculteurs et les contraintes de saisonnalité.

#### **Une limite réglementaire à R+2**

Les règles professionnelles actuelles, pour des raisons de sécurité incendie, limitent l'emploi de la paille en isolation thermique de COB à des bâtiments de faible hauteur (dont le plancher bas du dernier niveau est situé à moins de 8m du sol).

A noter qu'une opération de logements passifs à R+7 en bois-paille a vu le jour en 2013, porté par Le Toit vosgien, bailleur de Saint-Dié-des-Vosges.

#### **Systèmes automatiques d'extinction à eau ou Sprinklage**

Au-delà de la bonne tenue au feu d'une botte de paille constitutive d'un élément de façade, la paille ne dégage pas les fumées toxiques des isolants synthétiques en brûlant. La mise en sécurité des victimes est alors facilitée lors de l'intervention des pompiers. En revanche l'utilisation du sprinklage sur une construction biosourcée pose la question de la remise en état du bâtiment après incendie, certains matériaux biosourcés ne faisant pas bon ménage avec l'eau, nécessaire à l'extinction de l'incendie.

#### **Des bâtiments peu coûteux au regard de leur niveau de performance**

Selon une étude de 2012, les prix moyens en France des bâtiments isolés en paille étaient respectivement de 1.307 et 1.352€HT/m<sup>2</sup> de SHON pour les logements et le tertiaire (La construction en paille, Luc Floissac, 2012). Si l'on considère les performances associées, ces prix sont égaux, voire inférieurs, à ceux du marché (1350-1450€HT/m<sup>2</sup> SHON en niveau BBC et 1450-1800€HT/m<sup>2</sup> SHON en BEPOS) (prévoir +300€ env. en région parisienne).

### Maîtrises d'ouvrage impliquées

#### **Les MOA directes restent majoritaires**

Les particuliers pour la construction de logements individuels constituent la majorité des investisseurs de la construction paille, suivis par les collectivités territoriales. Depuis quelques années maintenant, ils sont rejoints par les bailleurs sociaux et des promoteurs immobiliers.

#### **Engagement et prise de risque**

Lorsque l'on sort du cadre des techniques courantes, un engagement financier complémentaire est nécessaire de la part de la MOA pour mener ATEX et expérimentations, l'obligeant à endosser une prise de risque supplémentaire. Des AMO spécialisés dans la construction paille sont bien identifiés afin d'accompagner la MOA, mais sont en nombre insuffisant et déjà très mobilisés pour pouvoir répondre à la demande sur le territoire de la Vallée de la Seine.

## Atouts

- Une ressource abondante et disponible
- Une filière structurée à l'échelle nationale
- Un coût de matière faible pour de hautes performances énergétiques
- Des retours d'expériences en nombre, sur un large panel de typologies

## Verrous

- Une filière plutôt méconnue de la MOA et des aménageurs
- Un cadre technico-normatif qui ne couvre pas tous les systèmes constructifs et typologies de bâti
- La nécessité de travailler le dépassement des règles professionnelles sur la hauteur des bâtiments
- Un approvisionnement à conforter (notamment sur le volet stockage)

## Leviers d'action opérationnels

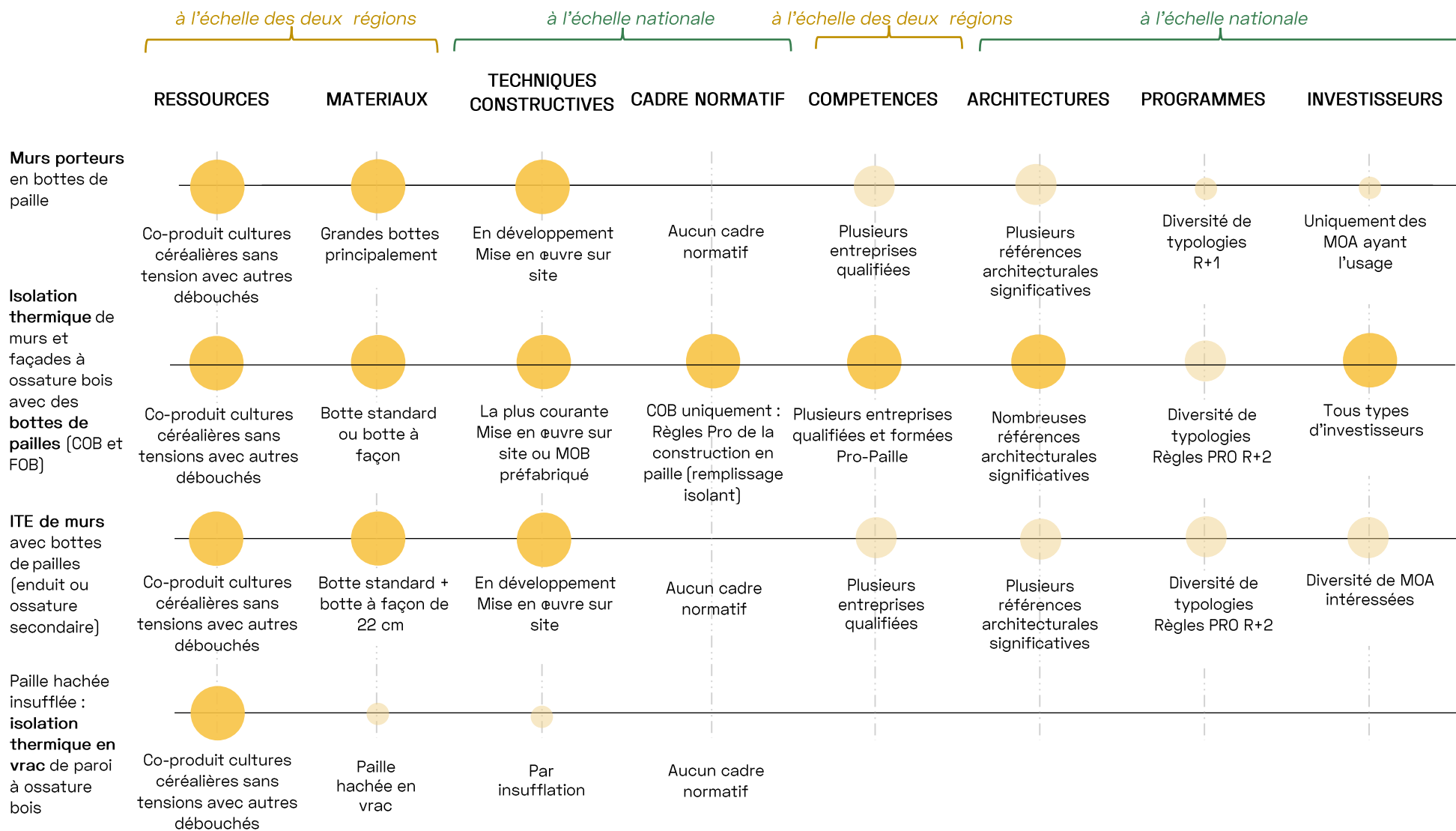
- Soutenir l'élargissement du corpus normatif pour intégrer les nouvelles techniques de construction paille ( ITE, paille hachée, FOB, hauteurs de bâti ...)
- Soutenir la réalisation d'ATEX de type A.
- Consolider l'aide financière pour le stockage auprès des agriculteurs et fabricants.
- Accompagner les échanges avec tous les acteurs de la sécurité incendie, et en particulier de la Préfecture de police de Paris, et les filières biosourcées pour faire évoluer la réglementation.
- Développer l'offre de formation pour la mise en œuvre du matériau (MOA, MOE et entreprises).

## Pistes de développement à long terme

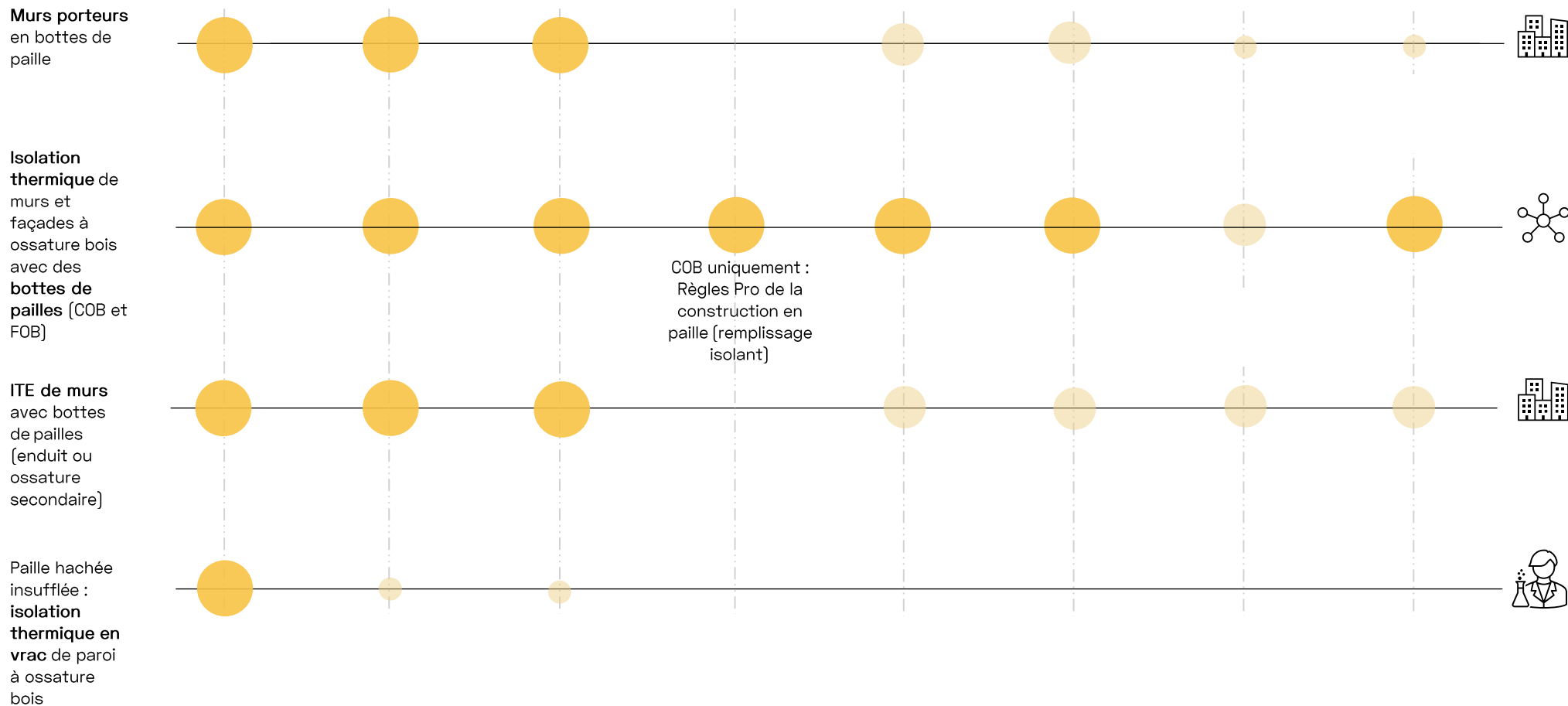
- Démontrer auprès de la MOA professionnelle que la filière paille n'est plus au stade de l'expérimentation et qu'elle est en capacité de répondre aux marchés.
- Elargir le champs des corps de métier de pose aux plaquistes, façadiers, etc. et pas uniquement aux charpentiers. Se poser la question de qui pose la laine minérale pour massifier la décarbonation.
- Sécuriser l'approvisionnement en bottes paysannes et soutenir le développement de l'offre en bottes à façon.
- Soutenir le développement de produits ou de techniques innovantes en proposant des cadres propices à l'expérimentation. (par ex l'ITI)
- Démocratiser l'emploi des bottes de 22cm et de l'ITE.
- Rendre visible la filière et ses réalisations en créant des événements et actions de promotions en région.
- Consolider la chaîne de valeur du fournisseur au maître d'ouvrage pour faire filière.
- Mieux impliquer les agriculteurs pour la production d'une paille compatible pour la construction.

# Paille

## Matrice de synthèse (+ texte)



RESSOURCES    MATERIAUX    TECHNIQUES CONSTRUCTIVES    CADRE NORMATIF    COMPETENCES    ARCHITECTURES    PROGRAMMES    INVESTISSEURS



### Entretiens

- **Collect'IF Paille** – interprofession (21.03.22) Ekopolis
- **Paille Service** – producteur (21.03.22) Ekopolis
- **Broussin** – producteur (23.03.22) ARPE Normandie
- **Bâti Sens** – fabricant (29.03.22) Ekopolis
- **Méha** – charpentier (31.03.22) Ekopolis
- **Duchesne** – entreprise/applicateur (01.04.22) ARPE Normandie
- **Isol'en Paille** – fabricant (08.06.22) Ekopolis + ARPE Normandie

### Webinaire filière PAILLE : 19 mai 2022

- **Cassandra Guntz** (CEREMA)
- **Laurent Bouyer** (Enerterre)
- **Ghislain Moret** (Rocheprise)
- **Anael R.** (Parc naturel Brière)
- **Margaux Lebègue** (ML Architecture)
- **Paul Loeillot** (Défis ruraux)
- **Isabelle Ghestem** (Chambre d'Agriculture Normandie)
- **Benoit Rougelot** (RFCP)
- **Eric Bouvatier** (Bati Sens)
- **DREAL Normandie**
- **Remy Beauvisage** (APIJ)
- **Jean Poisson** (Paille Service)
- **Anastasia Terres** (Amàco)
- **Nicolaas Oudhof** (ISOL'en Paille)



### Bibliographie

- *Règles professionnelles de construction en paille CP2012* – RFCP (2012 révisées)
- *Fiche isoler en Paille* – RFCP (2018)
- *Cahier des charges bottes de paille* – RFCP (2018)
- *Rapport d'étude ACV / FDES conforme aux exigences de la norme NF EN 15804* – Cerema (2015)
- *Etiquetage des émissions en polluants volatils d'une «botte de paille» fournie par RFCP selon les normes ISO 16000* – Bureau Veritas (2013)
- *Boîte à outils pour le développement de l'ITE paille en Île-de-France* – Collect'if paille
- *Vallée de la Seine : Enjeux et perspectives. Les filières des matériaux de construction biosourcés* – La coopération des agences d'urbanisme de la Vallée de la Seine
- *Les filières franciliennes des matériaux et produits biosourcés pour la construction* – ARENE
- *Les matériaux de construction biosourcés dans la commande publique* – Ministère de la Transition écologique et solidaire, DGALN
- *Ressources réglementaires et normatives* – RFCP : <https://www.rfcp.fr/recherche-developpement-pv-dessais/>
- *Livret vert de la construction en paille* – RFCP (2019) : <https://fr.calameo.com/read/005834200a9500b4750a9?page=1>
- *Guide de la commande publique en construction paille* – ARPE Normandie (2021) : <http://www.cncp-feuillette.fr/wp-content/uploads/2021/06/UP%20STRAW%20-%20Public%20procurement%20guide-FR.pdf>
- *Les rencontres professionnelles de la construction paille* - 1 juin 9h -18h – Collect'IF Paille IDF

### Expertises techniques complémentaires identifiées

- SCOP Gaujard technologie, Bureau d'études spécialisé dans la structure bois et l'enveloppe des bâtiments en matériaux biosourcés
- Frédéric Cousin, Conception bioclimatique et passive
- Aymeric Prigent, Expert construction paille reconnu par le RFCP - Stramen Ingénierie & Stramen Formation
- Dewi Le Beguec, Profibres