



# Structuration et sécurisation des approvisionnements en bottes de paille de construction

Bretagne et Pays de la Loire



Anthony Derrien : Tuteur de stage  
Bernard Menguy : Professeur tuteur

Céline Bohers  
Licence Professionnelle  
Eco-matériaux, éco-construction  
2020/2021

## Remerciements

Tous mes remerciements à mon tuteur de stage, Anthony Derrien, pour le partage de son expérience et pour sa bienveillance ainsi qu'à mon professeur tuteur, Bernard Mainguy qui, le premier, m'a orientée vers ce sujet passionnant de l'approvisionnement en paille de construction.

Je remercie également mes interlocuteurs privilégiés pendant ce stage, François-Xavier Vendeville, Nicolas Naud, Justine Duval et Frédérique Mercier, qui ont su se rendre disponibles pour répondre à mes questions malgré leurs emplois du temps chargés.

Merci à la Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) des Pays de la Loire qui a financé cette étude en partie.

Et enfin, un immense merci à tous les adhérents du Collectif Paille Armoricaïn qui ont rendu ce stage possible grâce à leurs contributions financières.

Mon stage au Collectif Paille Armoricaïn a été une riche expérience de mise en situation professionnelle mais également une très belle aventure humaine, avec la rencontre d'acteurs de la construction paille, tous plus sympathiques les uns que les autres.



## Table des matières

Introduction .....	4
1. Le Collectif Paille Armoricaïn .....	5
<b>11. Présentation</b> .....	5
<b>12. Ma structure de stage</b> .....	5
2. Présentation générale de la construction paille .....	6
21. Organisation de la filière .....	6
22. Techniques de construction.....	7
221. Les différentes techniques.....	7
222. Les problématiques liées aux différentes techniques .....	8
23. Impacts environnementaux.....	10
24. Performances.....	11
3. Etat des lieux.....	12
31. Evaluation des besoins.....	12
311. Enquête auprès des entreprises .....	12
312. Hypothèse de massification de la construction paille.....	15
32. Evaluation de la ressource en paille.....	16
321. Contexte agricole en Bretagne et Pays de la Loire.....	16
322. Enquête auprès des fournisseurs.....	19
4. Impact environnemental du transport.....	22
5. Problématiques à prendre en compte et actions réalisées ou à venir pour structurer la filière....	25
51. Mécanisation .....	25
511. Moisson .....	25
512. Pressage.....	26
513. Ramassage, manipulation des bottes .....	27
52. Structuration d'une filière agricole en Morbihan en collaboration avec la Chambre d'Agriculture .....	30
53. Formation/sensibilisation des agriculteurs déjà producteurs de bottes de paille de construction .....	31
54. Travail sur le prix de la botte.....	32
55. Contractualisation.....	34
56. Stockage.....	34
57. Communication.....	34
58. Création d'une plateforme numérique de gestion des stocks disponibles .....	34
Conclusion .....	35
Annexes .....	37

## Introduction

On estime que 50 % de la paille utilisée en France pour la construction provient d'une distance inférieure à 10 Km. C'est donc un **matériau local**. La botte de paille ne nécessite **pas de transformation industrielle**. Elle peut passer du champ au chantier, ce qui favorise la vente en **circuit court**. La paille est en effet le plus souvent vendue directement par des agriculteurs. La plus-value de la vente de ce matériau leur revient directement. On peut donc parler de **commerce équitable de proximité**.

Même si la rémunération de l'agriculteur doit être conséquente pour couvrir l'ensemble de son travail, la paille reste un matériau moins onéreux que la plupart des autres isolants. C'est sa mise en place, par des professionnels compétents, qui est rémunérée. C'est donc un matériau à **forte intensité sociale**.

C'est aussi un matériau **renouvelable à l'échelle d'une année**, ce qui le rend **disponible rapidement**. Suivant les parements utilisés, il peut être **réutilisable** en fin de vie, **recyclable** ou **compostable**.

Enfin, la botte de paille est un matériau **performant**. Son épaisseur (37 cm) lui permet une résistance thermique de 7,1 m<sup>2</sup>.K/W et un déphasage d'environ 15 heures.

Au regard de ces constatations, la paille paraît être un matériau d'avenir incontournable pour répondre aux enjeux environnementaux. Cependant, son approvisionnement manque de structuration.

Après un état des lieux des besoins des entreprises ainsi que des capacités actuelles d'approvisionnement, cette étude tentera d'évaluer les possibilités de mobilisation de paille et les problématiques à prendre en compte pour y parvenir.



## 1. Le Collectif Paille Armoricaïn

### 11. Présentation

Le Collectif Paille Armoricaïn (CPA) développe la filière Construction Paille en Bretagne et Pays de la Loire avec les missions suivantes :

- Promotion de la filière, fédération des acteurs et dynamisation de l'offre et de la demande (formations, conseils aux maîtres d'ouvrage, prescription)
- Structuration de la ressource agricole pour répondre à l'accroissement du marché
- Organisation d'un état des lieux des acteurs et bâtiments sur le territoire via le site internet <https://armorique.constructionpaille.fr/>
- Informations concernant les actualités et formations sur le territoire
- Accompagnement de projets par des missions d'Assistance à Maîtrise d'Ouvrage (AMO)
- Participation au développement technique de la filière et à l'extension des domaines d'application
- Participation à la dynamique nationale avec le Réseau Français de la Construction Paille (RFCP)



Association Loi 1901 née en 2015 du constat de la nécessité d'un travail en réseau, le Collectif Paille Armoricaïn accompagne ses adhérents vers une qualité de réalisation, dans un esprit de collaboration et de partage d'informations.

Il compte une centaine d'adhérents dont une majorité de professionnels (concepteurs, entreprises...). Le CPA est représenté dans chaque département par un délégué départemental.

#### Extrait des statuts :

« L'association a pour objet le développement de l'usage du matériau paille dans la construction sur le territoire du grand ouest.

L'association met en œuvre tous les moyens possibles pour atteindre cet objectif, dans le respect de l'homme, de l'écologie et des principes de l'économie sociale et solidaire. »

### 12. Ma structure de stage

Le Collectif Paille Armoricaïn n'ayant pas de salarié ni de bureaux, j'ai réalisé ce stage en télétravail, avec beaucoup d'autonomie. Les relations avec les membres du CPA étaient néanmoins régulières et tous mes interlocuteurs se sont rendus disponibles pour répondre à mes diverses questions.

Le Collectif Paille Armoricaïn est une association dynamique qui travaille sur de nombreux champs d'action. Cependant, la partie structuration des approvisionnements n'avait pas fait l'objet d'un travail approfondi. J'ai donc eu la chance d'arriver sur un terrain peu exploré. De plus, ayant une autre activité professionnelle, j'ai souhaité réaliser mon stage à mi-temps. Il s'est donc déroulé sur 6 mois, de septembre 2020 à mars 2021, ce qui a permis un travail sur le long terme ainsi que des enquêtes de terrain.

Toutes les données et graphiques non sourcés de ce document sont les résultats de mon étude. J'ai également réalisé les enquêtes, la carte interactive et le document d'information pour les agriculteurs.

## 2. Présentation générale de la construction paille

### 21. Organisation de la filière

Le Réseau Français de la Construction Paille (RFCP) est représenté dans chaque région. L'antenne locale en Bretagne et Pays de Loire est le Collectif Paille Armoricaïn.



Fig. 1 : Représentations régionales du RFCP

Certaines actions sont menées au niveau local (communication, accompagnement de projet, structuration des approvisionnements en paille, accompagnement des entreprises de construction...) d'autres au niveau national.

Le RFCP a édité les Règles Professionnelles de la Construction Paille. Ces Règles Professionnelles ont été approuvées en 2012 par la C2P (Commission Prévention Produits), faisant passer la construction en paille dans les techniques courantes. Les entreprises doivent s'y référer afin que leurs constructions prétendent à une garantie décennale.

Il a également mis en place la formation Pro-Paille, très suivie par les professionnels (concepteurs ou constructeurs) et les auto-constructeurs.

Le site du RFCP <https://www.rfcp.fr> est une mine d'information sur la construction paille.



## 22. Techniques de construction

### 221. Les différentes techniques

Le matériau paille offre différentes possibilités de mise en œuvre :

- Remplissage sur site



Fig. 2 : Remplissage sur site  
Source : Livret vert « La construction en paille »

- Remplissage en caissons préfabriqués en atelier

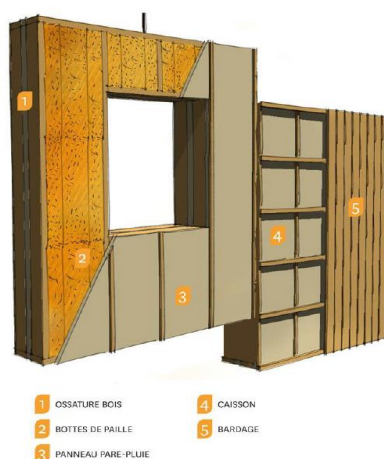


Fig. 3 : Préfabrication  
Source : Livret vert « La construction en paille »

- Isolation thermique extérieure



Fig. 4 : Isolation thermique extérieure  
Source : Livret vert « La construction en paille »

o Paille porteuse



Fig. 5 : Paille structurelle  
Source : Livret vert « La construction en paille »

Seules les deux premières techniques (remplissage d'ossature et de caissons) sont pour l'instant acceptées par les Règles Professionnelles de la Construction Paille 2012 (RPCP2012).

Les techniques d'isolation thermique extérieure et de paille porteuse sont donc mises en œuvre soit par des auto-constructeurs, soit à titre expérimental.

## 222. Les problématiques liées aux différentes techniques

Le remplissage sur site ou en caissons et l'isolation thermique extérieure nécessitent une ossature bois dans laquelle les bottes de paille sont positionnées. Suivant les choix constructifs et les contraintes, les bottes peuvent être posées de façons différentes.

En paille porteuse, les bottes seront toujours positionnées à plat.

Les avantages et inconvénients des sens de pose sont détaillés en Annexe 1.

Suivant le sens de pose, les problématiques d'approvisionnement seront différentes. En pose horizontale sur chant (figure 6), c'est la botte de paille qui doit s'adapter aux entraxes de 60 cm de l'ossature bois. La botte devra donc mesurer environ 57 cm, ce qui pose des difficultés techniques. En effet, les presses moyenne densité n'offrent pas une régularité au centimètre près mais plutôt une variabilité de + ou - 5 cm dans le meilleur des cas. Avec une botte agricole, cette technique est donc très longue à mettre en œuvre puisqu'elle nécessite de redimensionner un grand nombre de bottes. Elle est le plus souvent utilisée par des auto-constructeurs ou en chantiers participatifs.

En pose verticale (figure 7), c'est l'ossature qui s'adapte à la botte de paille. La mise en paille est donc simplifiée puisqu'une seule botte par hauteur doit être redimensionnée. Cette technique facilite les possibilités d'approvisionnement puisque la longueur de la botte ne représente plus une contrainte. Néanmoins, l'entraxe étant diminué à 50 cm, elle nécessite plus de bois d'ossature et implique davantage de chutes si des panneaux (AGEPAN<sup>®1</sup>, OSB<sup>2</sup>...) sont utilisés car leurs dimensions standards s'adaptent aux entraxes de 60 cm.

<sup>1</sup> AGEPAN<sup>®</sup> marque connue de Mdf.Rwh : Panneaux de fibres de bois ouverts à la diffusion de la vapeur d'eau. Pour 16 mm,  $\mu = 11$

<sup>2</sup> OSB : « Oriented Strand Board », qui signifie « panneau à copeaux orientés »



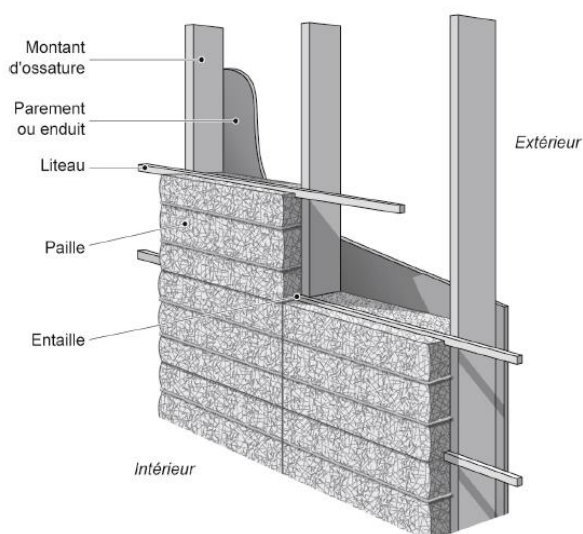


Fig 6 : Pose horizontale sur chant

Source : Règles Professionnelles de la Construction Paille

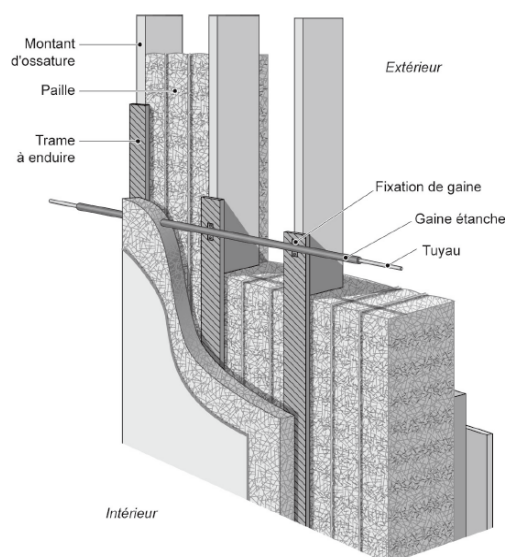


Fig 7 : Pose verticale sur chant

La botte de paille est un matériau isolant mais doit également répondre à un deuxième domaine d'application puisqu'elle peut être utilisée comme support d'enduit.

Pour assurer cette fonction, les brins doivent être longs afin de ne pas se décrocher de la botte, ce qui entraînerait un décollement de l'enduit. Lors de la moisson, il est donc nécessaire d'utiliser du matériel adapté.

Suivant la surface de la construction et sa conception, il faut entre 300 et 700 bottes de paille pour réaliser une maison d'habitation. Dans un souci de simplification, les calculs de ce document ont été réalisés en utilisant une moyenne de 470 bottes par logement.

L'unité retenue est une botte de 80 cm de long et 16 kg (masse volumique environ 100 kg/m<sup>3</sup>).

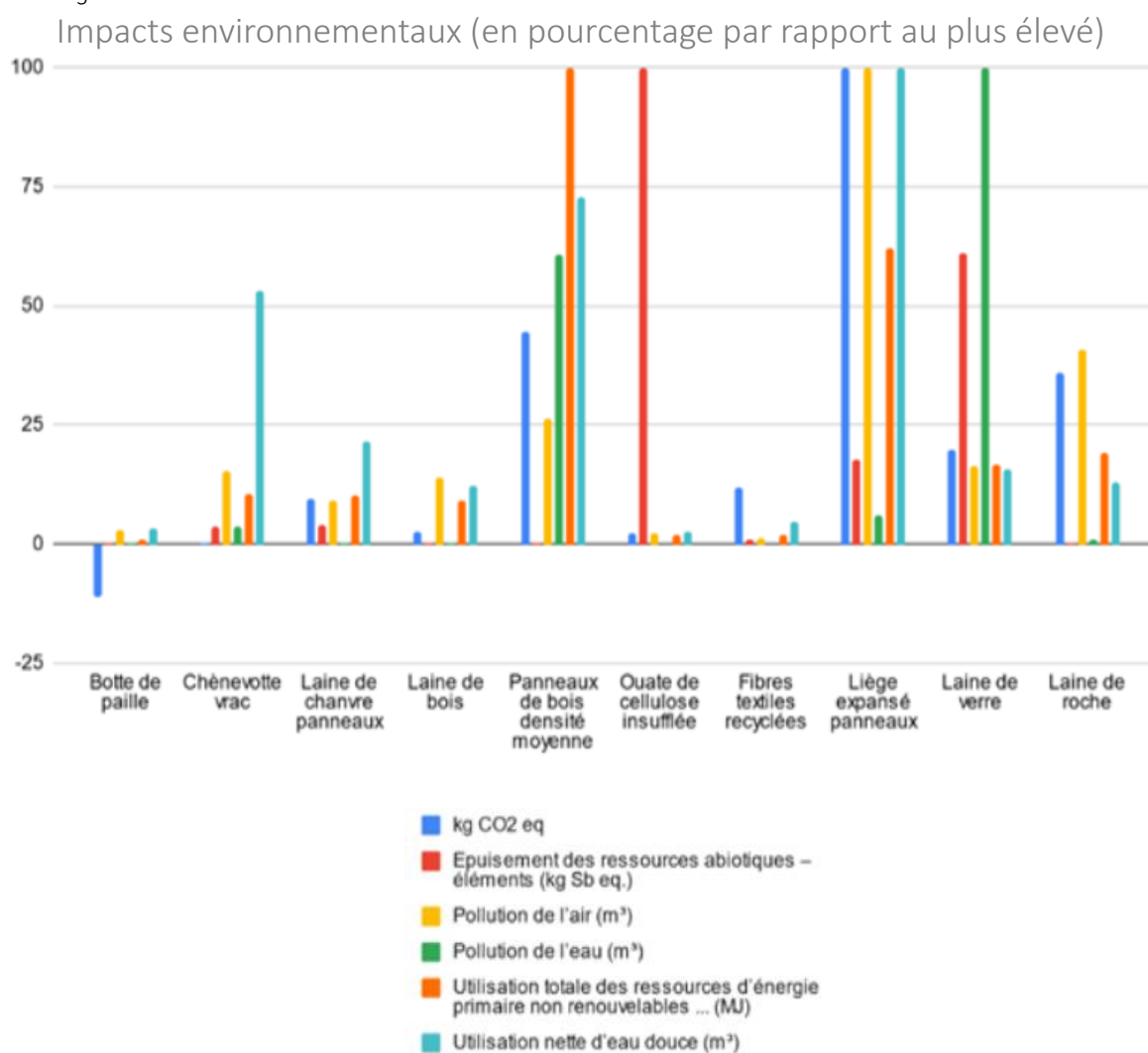
Une maison représente donc 7,5 tonnes de paille.

La botte est un matériau anisotrope. Sa résistance thermique est plus élevée sur chant (37 cm = 7,12 m<sup>2</sup>.k/W) qu'à plat (47 cm = 5,88 m<sup>2</sup>.k/W). Dans ce document, tous les calculs sont estimés pour des bottes de paille sur chant.

## 23. Impacts environnementaux

La paille est un matériau non industrialisé et local. L'énergie primaire nécessaire pour sa production est donc très faible. De plus, elle stocke du carbone lors de sa croissance, ce qui lui confère un impact en Kg de CO<sub>2</sub> eq. négatif. La comparaison de Fiches Déclaratives Environnementales et Sanitaires (FDES) met en évidence un impact environnemental de la paille très inférieur aux autres matériaux isolants (figure 8).

Fig. 8 :



Source : Calculs effectués à partir des FDES de la base INIES

Ainsi, la paille apparaît comme un matériau qui répond pleinement aux enjeux environnementaux et aux réglementations à venir, notamment à la RE2020 préfigurée par l'expérimentation E+C-. Le détail de ces impacts environnementaux est à retrouver en Annexe 2.

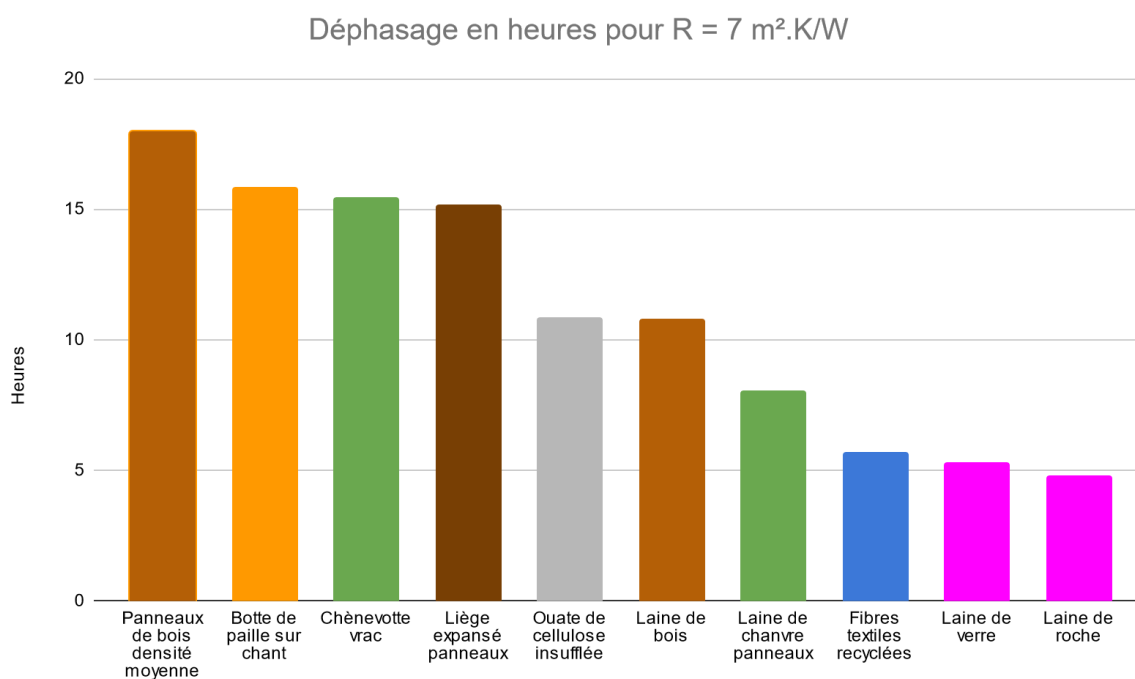
## 24. Performances

Bien que la conductivité thermique de la paille soit un peu supérieure à d'autres matériaux biosourcés ( $\lambda=0,052$  W/m.K), l'épaisseur de la botte (37 cm) apporte une très bonne résistance thermique ( $R=7,4$  m<sup>2</sup>.K/W) permettant la réalisation de bâtiments passifs.

Sa masse volumique élevée (de 80 à 120 kg/m<sup>3</sup>) permet un déphasage très intéressant pour un isolant. On estime que le flux de chaleur met environ 15 heures pour pénétrer dans l'habitat. Une sur-ventilation nocturne permet de conserver la fraîcheur dans le bâtiment (cf. figure 9).

Les dérégulations climatiques montrent que ce confort d'été est un facteur tout aussi important à prendre en compte que le confort d'hiver.

Fig. 9 :



Source : Calculs effectués à partir des FDES de la base INIES

Il est à noter que les panneaux de bois compressés et le liège expansé en panneaux ne sont pas utilisés pour le même usage que les autres isolants. Ils ne sont pas utilisés dans des parois comme isolant principal.

### 3. Etat des lieux

#### 31. Evaluation des besoins

Le marché de la construction paille étant en plein essor, il est difficile d'évaluer précisément les quantités de paille nécessaires pour répondre à cette demande croissante.

Ce document appréhende cette question selon deux axes :

- Le premier en enquêtant auprès de 36 entreprises qui construisent avec la paille afin d'évaluer leurs consommations de paille en 2021.
- Le second par une approche statistique globale de massification de la construction paille. Le but étant d'évaluer les quantités de paille nécessaires si ce matériau devait prendre une part de marché conséquente.

##### 311. Enquête auprès des entreprises

L'enquête réalisée auprès de 36 entreprises réparties sur le territoire de Bretagne et Pays de la Loire (cf. figure 10) avait pour but d'évaluer les besoins pour l'année à venir. Cependant, bon nombre d'entreprises contactées en décembre 2020 ont indiqué ne pas avoir la possibilité d'apporter de réponse pour l'année 2021. En effet, le délai entre la signature du marché et la construction étant d'environ 6 mois, elles n'ont pas de visibilité sur une période aussi longue. Cependant, une majorité d'entreprises estimait leurs besoins identiques à ceux de 2020.

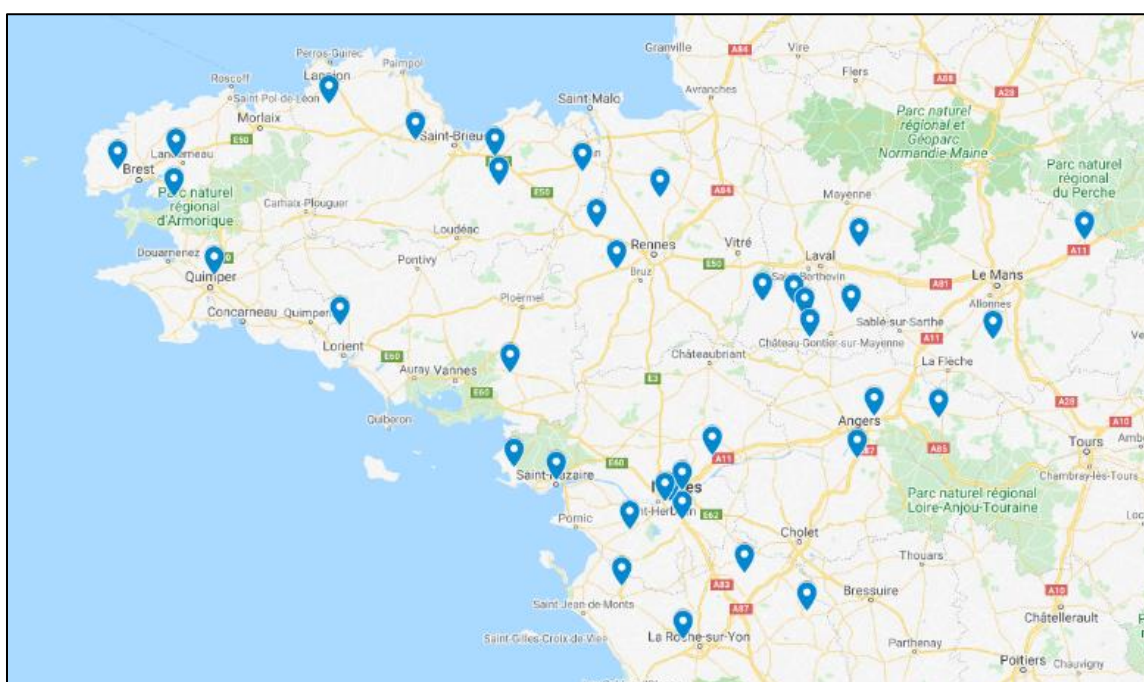


Fig. 10 : Répartition géographique des entreprises au 01/02/21

L'évaluation ci-après prend donc en compte la quantité de paille utilisée par les entreprises en 2020. Pour les entreprises dont les projets étaient plus importants en 2021, c'est ce besoin en paille qui est pris en compte.

Pour la simplification de la compréhension, l'unité retenue est une botte de paille de 80 cm de 16 Kg.

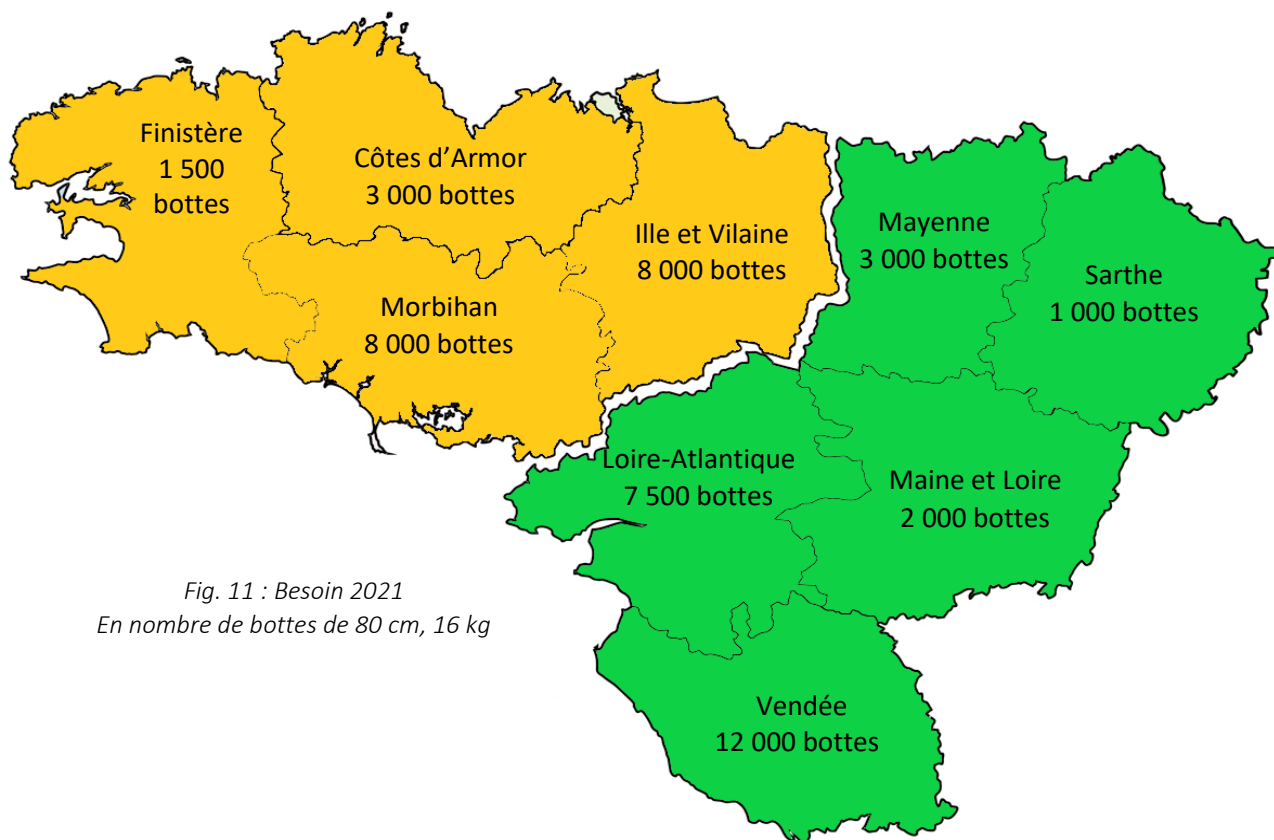


Fig. 11 : Besoin 2021  
En nombre de bottes de 80 cm, 16 kg

Le besoin 2021 est donc évalué à 20 500 bottes en Bretagne (soit 328 tonnes) et 25 500 bottes en Pays de la Loire (soit 408 tonnes). Il est à noter que les besoins en paille correspondent à la localisation des entreprises et non à celle des chantiers de construction. A titre d'exemple, une grande partie des 8 000 bottes utilisées en Ille et Vilaine en 2020, pour la réalisation de caissons préfabriqués en atelier, correspondent à la construction du Conservatoire Botanique de Brest dans le Finistère. Cette paille provenait de Vendée.

Pour la construction de bâtiments publics, la paille parcourt le plus souvent plusieurs centaines de kilomètres, ce qui est rarement le cas pour les logements individuels pour lesquels l'approvisionnement se réalise au plus proche.

Les entreprises ont des stratégies d'approvisionnement très différentes suivant les départements. Les plus grosses difficultés se font sentir en Bretagne. Une part très importante des bottes sont importées de Vendée, voire de départements beaucoup plus éloignés.

La problématique d'approvisionnement est néanmoins évoquée par une grande majorité des entreprises contactées qui proposent ou souhaitent des solutions différentes :

- Une moitié, qui construit en paille et milite pour son utilisation depuis de nombreuses années, pense utile de développer la filière de façon locale et avec les agriculteurs. Ils estiment que c'est toute la cohérence du matériau paille d'être produite au plus près du chantier, sans intermédiaire.
- L'autre moitié, entreprises le plus souvent nouvelles dans l'utilisation de la paille, a une approche très différente. Elles souhaitent acheter la paille comme n'importe quel autre matériau, sans avoir à se soucier de la saisonnalité. Ces entreprises ne veulent pas acheter une matière agricole mais un isolant certifié pour cet usage. Elles souhaitent donc acheter à des fournisseurs professionnels de paille de construction.

Ces deux sources d'approvisionnement répondent à des marchés différents. La botte de paille « agricole » est le plus souvent utilisée en construction de maisons individuelles. Les bottes de paille « industrielles » répond à une échelle plus conséquente (logements collectifs, bâtiments publics importants, etc).

Une autre problématique soulevée par les entreprises est la qualité des bottes. Une grande majorité des entreprises interrogées a déjà eu de mauvaises expériences avec des bottes trop peu denses qui doivent être recompressées pour arriver à la masse volumique de 80 à 120 kg/m<sup>3</sup> demandée par les RPCP2012.

Beaucoup évoquent également une crainte quant aux « bottes agricoles » qui présenteraient possiblement un taux d'humidité supérieur à 20 % (limite supérieure acceptée par les règles professionnelles).

La manipulation des bottes est également une problématique évoquée par quelques entreprises. Mobiliser des salariés pour décharger un camion n'est pas envisageable pour elles. Elles souhaitent donc être livrées en bottes groupées ou sur palettes. Cette question de la manipulation sera abordée dans la partie 513.

Enfin, deux des entreprises interrogées ne pensent pas que le format « botte de paille » soit un matériau d'avenir. Elles estiment que la contrainte de sa dimension est trop forte et qu'il faut pouvoir s'en affranchir. Selon elles, la paille hachée insufflée serait une technique plus cohérente pour ne pas devoir remettre en cause les entraxes de l'ossature bois et adapter l'épaisseur des parois aux besoins. Cette technique en développement est en démarche d'Avis Technique mais n'est pas couverte par les RPCP2012, donc une technique non courante à ce jour.

### 312. Hypothèse de massification de la construction paille

Il s'agit cette fois de se baser sur une hypothèse de pourcentage de constructions en paille par rapport au parc de logements neufs construits chaque année dans les différents départements. Le marché de la construction paille comprend le logement et le bâtiment public qui est en forte croissance. Pour la simplification du calcul, seuls les logements sont ici comptabilisés.

Cette étude utilise l'hypothèse de 10 %. Nous verrons par la suite si elle semble réaliste.

			Hypothèse 10 % de constructions en paille			
	Département	Nombre total de logements autorisés	Surface de plancher totale des logements autorisés	Tonnes de paille	Nombre de bottes	Pourcentage de la paille nécessaire / paille produite
Bretagne	22	3600	343400	2582	161398	0,90
	29	5600	524700	3946	246609	2,46
	35	9500	825300	6206	387891	2,05
	56	6600	608900	4579	286183	2,09
	Total	25300	2302300	17313	1082081	1,79
Pays de la Loire	44	9700	915900	6888	430473	3,63
	49	5900	467700	3517	219819	1,31
	53	1600	128500	966	60395	0,38
	72	1500	155200	1167	72944	0,41
	85	6000	565900	4256	265973	1,26
	Total	24700	2233200	16794	1049604	1,25

*Hypothèse de pourcentages de paille du parc immobilier neuf*

*Sources : Calculs effectués à partir des statistiques SDES cumul sur 12 mois au 30/11/20*

*Ratio utilisé : 15 000 tonnes pour 2000 logements soit 470 bottes 80 cm (16 kg) /logement (7,5 tonnes)*

Isoler 10 % du parc immobilier neuf en paille mobiliserait donc environ 2 000 000 de bottes de 16 Kg, soit 34 000 tonnes, l'équivalent de 11 000 ha.

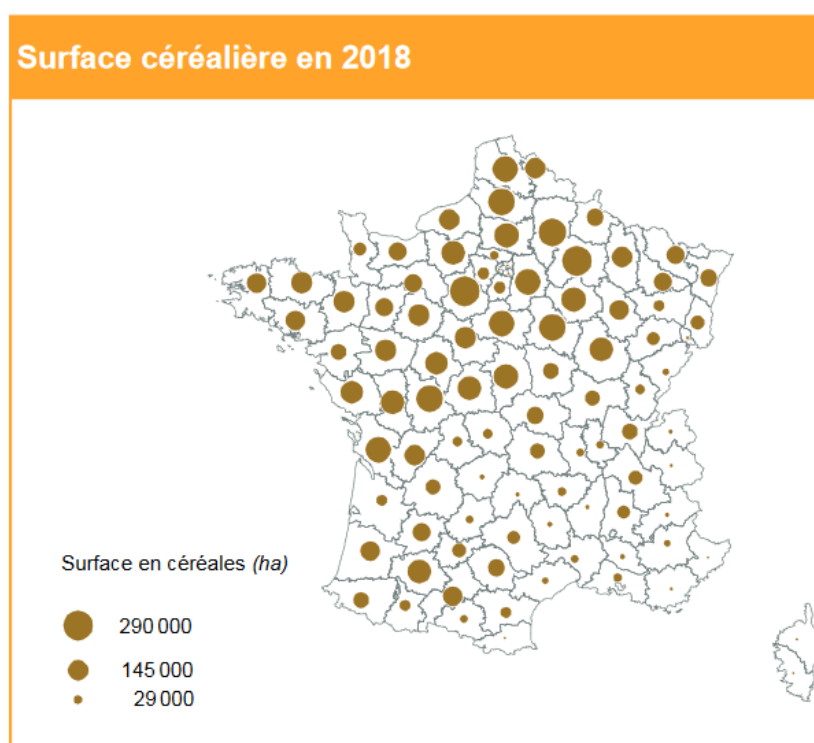
## 32. Evaluation de la ressource en paille

Cette partie vise à évaluer les possibilités de répondre aux besoins actuels en paille produite le plus localement possible ainsi qu'à envisager des possibilités de massification de la construction paille avec les enjeux en termes d'approvisionnement.

### 321. Contexte agricole en Bretagne et Pays de la Loire

La production agricole de la Bretagne et des Pays de la Loire est plus tournée vers l'élevage que vers les grandes cultures. Cependant, pour assurer l'autonomie alimentaire des animaux d'élevage, les surfaces en céréales sont conséquentes (cf. figure 12).

Fig. 12 :



Source : Agreste, *Draaf Bretagne, statistique agricole annuelle définitive 2018*

Néanmoins, l'élevage est consommateur de paille pour la litière des animaux et la disponibilité pour d'autres usages est donc moindre.

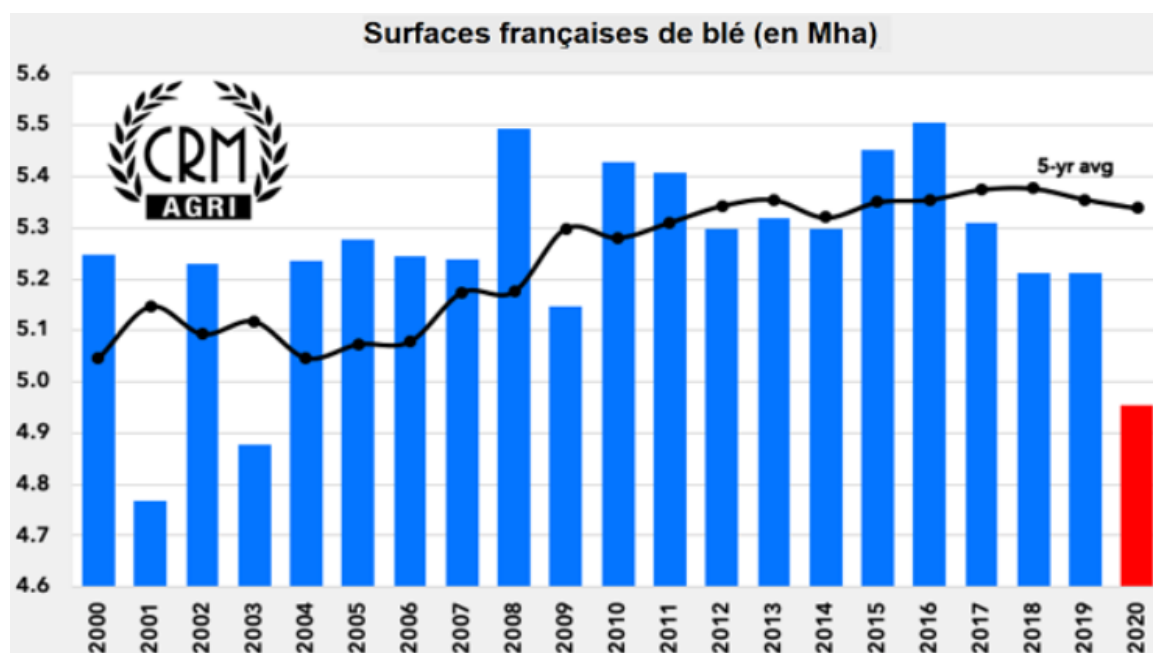
La Bretagne est autonome ou déficitaire en paille suivant les aléas climatiques mais n'est jamais excédentaire. En Pays de la Loire, la situation est identique dans les départements de Loire Atlantique, Maine et Loire et Mayenne. En revanche, les plaines de la Sarthe ou du sud Vendée comptent moins d'élevages et sont par conséquent potentiellement excédentaires en paille.

Cependant, ces deux régions, au même titre que la production nationale, subissent de fortes variations d'emblavement<sup>3</sup> dues aux aléas climatiques (cf. figure 13).

<sup>3</sup> Emblavement : Ensemencement de terres en céréales.



Fig. 13 :



Source : Agreste

Tous les calculs de ce document seront basés sur la surface de blé en 2018, année moyenne de production.

Après enquête auprès des Chambres d'Agriculture de Bretagne et Pays de la Loire, il n'existe pas de statistiques sur les usages de la paille dans ces deux régions. La majeure partie est utilisée pour l'élevage et une petite partie des exploitations rétrocèdent la paille au sol après broyage. Aucune indication ne permet d'évaluer cette seconde utilisation. C'est pourtant cette partie qui nous intéresse puisque c'est cette paille qui pourrait trouver un autre usage sans faire concurrence à l'élevage.

Il est souvent admis que la paille rétrocédée au sol est de la paille « gaspillée » qui pourrait être utilisée en construction sans aucune conséquence. Cette affirmation est erronée. En effet, la paille constitue dans ce cas un amendement indispensable à la vie du sol. La rétrocession au sol constitue un apport en matière organique simple à mettre en place puisqu'elle ne nécessite pas d'achat de fertilisants supplémentaires.

Utiliser cette paille pour la construction entraîne donc un surcoût pour l'agriculteur qu'il convient de prendre en compte dans le prix de vente.

Ces divers éléments amènent à être extrêmement prudents quant aux quantités mobilisables.

Il paraît difficilement envisageable de prélever plus de 1 % dans les départements d'élevage. En revanche, en Sarthe et Vendée, le prélèvement pourrait être beaucoup plus important. L'hypothèse de 5 % sera retenue.

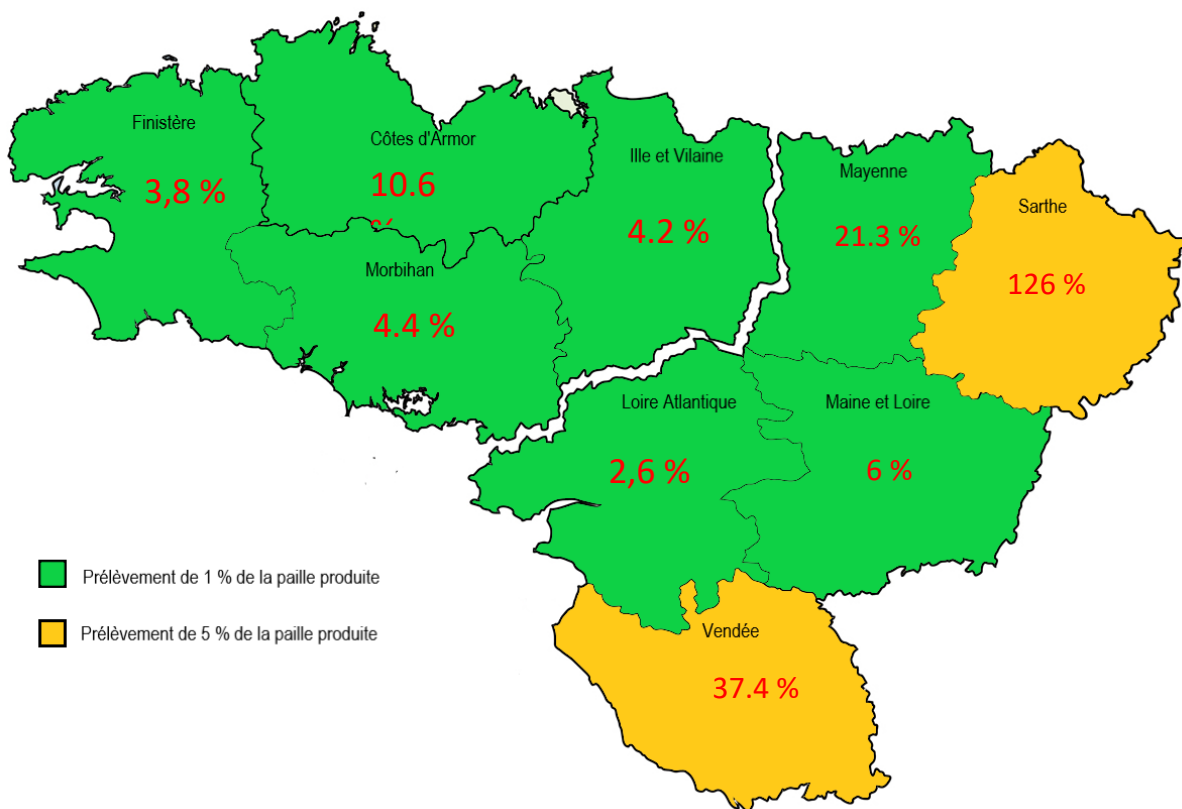


Fig. 14 : Hypothèse du pourcentage de constructions permises en fonction du prélèvement de paille produite

Nous constatons une très grande variabilité de constructions permises suivant les départements. Pour les départements en vert, la différence est moins due à la quantité de paille produite par département qu'au nombre de logements construits chaque année. A titre d'exemple, la Loire Atlantique produit plus de paille que le Finistère mais le nombre de logements construits chaque année y est presque deux fois plus élevé.

Pour les départements en jaune, pour lesquels nous prenons l'hypothèse d'une possibilité de 5 % de prélèvement de paille, l'explication est la même. En effet, la Sarthe produit sensiblement la même quantité de paille que la Vendée mais le nombre de construction y est de 1500 par an alors qu'il est de 6000 en Vendée.

Le détail des calculs est consultable en Annexes 3, 4 et 5.

L'hypothèse de 10 % de logements semble un peu ambitieuse pour certains départements mais elle est réaliste à l'échelle des deux régions.

Cependant, la ressource est répartie irrégulièrement sur le territoire. S'il est envisagé une massification de la construction en bottes de paille, il est utile de se poser la question du transport de paille de départements ou régions vers d'autres. Au chapitre 5, l'impact du transport dans le bilan environnemental de ce matériau sera donc étudié.

## 322. Enquête auprès des fournisseurs

### 3221 Répartition géographique

Une quinzaine de fournisseurs de paille sont déjà connus par le Collectif Paille Armoricaïn.

La répartition géographique apporte des indications de disponibilité (cf. figure 15). Cependant, elle recouvre des réalités différentes. En effet, en Mayenne et en Sarthe, les entreprises ne semblent pas avoir de difficultés d'approvisionnement mais ne communiquent pas sur leurs fournisseurs. Ce n'est pas le cas en Morbihan et Ille et Vilaine où la situation est véritablement tendue. Hormis quelques auto-constructeurs qui parviennent à s'approvisionner en paille locale pour des quantités limitées, les entreprises se fournissent à plusieurs centaines de kilomètres.

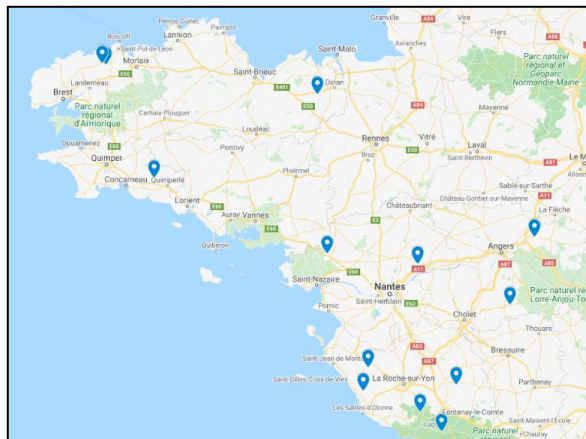


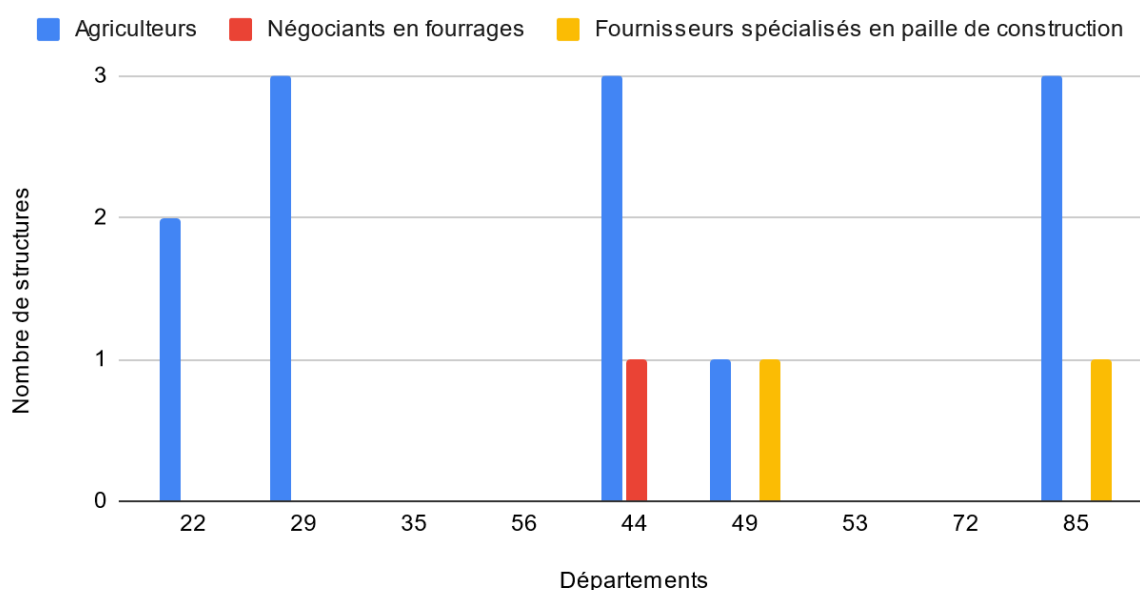
Fig. 15 : Répartition géographique des fournisseurs de paille

### 3222. Profil des fournisseurs

Il existe un nombre peu important de fournisseurs (cf. figure 16). Notons que l'estimation est probablement sous-évaluée puisque quelques entreprises restent discrètes sur leur source d'approvisionnement et que les agriculteurs qui ne produisent que pour un projet d'auto-constructeurs ne sont pas comptabilisés dans cette étude. Il est à noter que les Pays de la Loire comptent deux fournisseurs spécialisés en paille de construction ainsi qu'un négociant en fourrages. C'est une situation unique en France qui permet des quantités mobilisables conséquentes.

Fig. 16 :

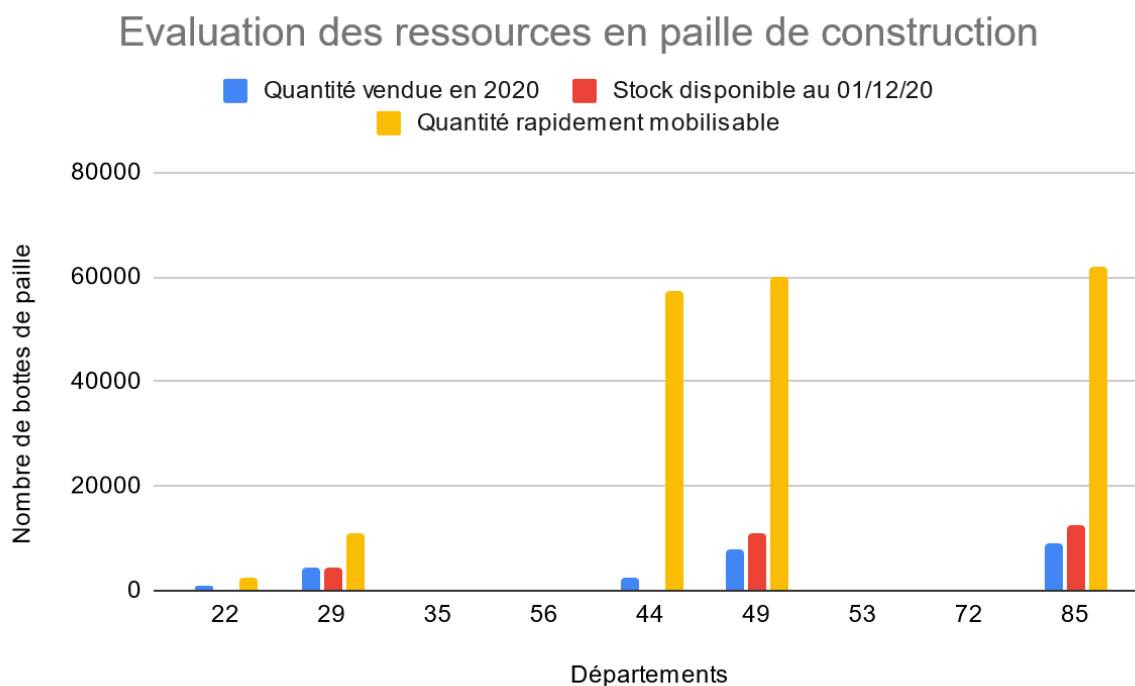
### Profil des fournisseurs de paille de construction



### 3223. Quantité vendue en 2020 et disponibilité

Malgré ce nombre restreint de fournisseurs, les quantités mobilisables sont conséquentes.

Fig. 17 :



En 2020, les fournisseurs contactés ont produit 25 000 bottes de paille soit 425 tonnes. C'est environ deux fois moins que la paille utilisée. Cette réalité est difficile à interpréter quantitativement. Quelques entreprises se fournissent localement sans révéler leur source d'approvisionnement. Une partie de l'approvisionnement est aussi gérée directement par les maîtres d'ouvrages au plus près du chantier. Les agriculteurs mobilisés ne produisent en général que pour un seul projet.

Cependant, sans aucun travail supplémentaire, il est d'ores et déjà possible de mobiliser 10 fois plus de paille puisque le cumul des **productions possibles** de ces producteurs s'élève à **193 000 bottes** de 80 cm de long et 16 kg, soit 3 000 tonnes.

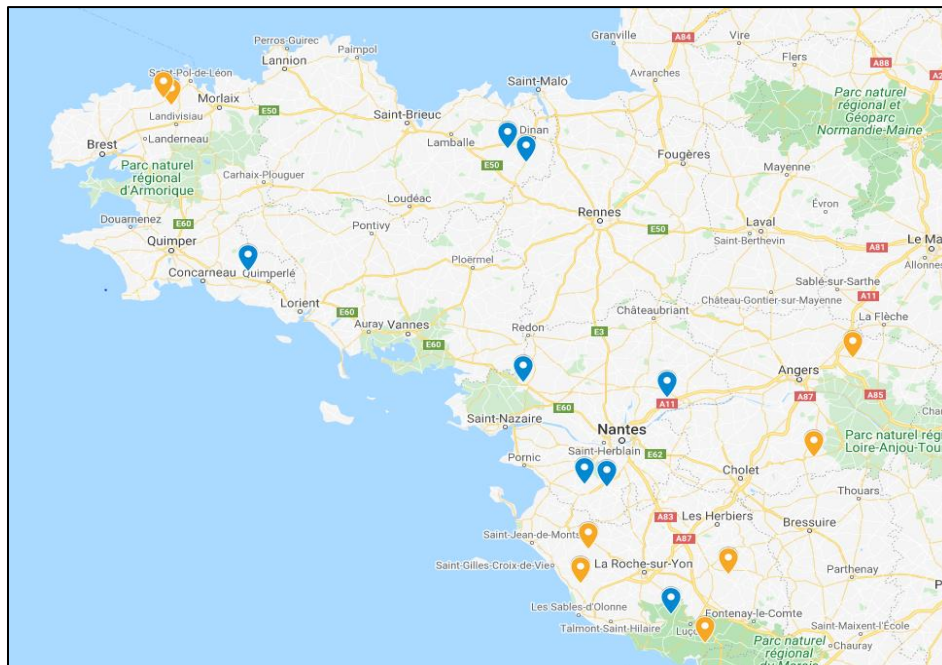
Pour rappel, en Bretagne et Pays de la Loire, les **besoins actuels** s'élèvent à **46 000 bottes** de paille et construire **10 % du parc immobilier neuf** en paille demanderait environ **2 000 000 de bottes** de paille.

Si la filière doit se structurer afin de répondre à une demande croissante, elle peut néanmoins répondre aisément aux besoins pour le futur proche.

Cependant, certains départements ont des capacités de production/mobilisation de paille bien supérieures à d'autres. Une stratégie éventuelle consisterait à organiser le transport d'une région à l'autre. Il est néanmoins nécessaire de s'assurer que le transport ne viendrait pas ternir l'intérêt environnemental de ce matériau (cf. chapitre 4).

Malgré les difficultés d’approvisionnement des acteurs de la construction paille qui estiment que la fourniture est déficitaire, en décembre 2020, 27 000 bottes étaient disponibles, non commandées (soit 460 tonnes).

20 000 bottes étaient disponibles chez des fournisseurs spécialisés en paille de construction, 7 000 chez des agriculteurs.



*Fig. 18 : Répartition géographique de la disponibilité en paille Décembre 2020  
En orange : fournisseurs possédant du stock*

Il serait certainement contre-productif de trop anticiper le marché en démarchant de nouveaux fournisseurs. En effet, les agriculteurs rencontrés qui avaient de la paille en stock ont exprimé une déception. Ils ont investi du temps et parfois des moyens financiers en mécanisation afin de pouvoir un marché qui leur a été présenté comme sûr alors que les acheteurs ne se sont pas présentés. C’est une situation démotivante qu’il faut s’efforcer d’éviter.

Malgré le contexte agricole tendu pour la fourniture de paille, il semble donc préférable d’accompagner le marché au plus près des projets plutôt que de chercher à l’anticiper.

## 4. Impact environnemental du transport

La proximité de production de la paille par rapport à son lieu d'utilisation (cf. figure 19) constitue un des avantages environnementaux du matériau paille.

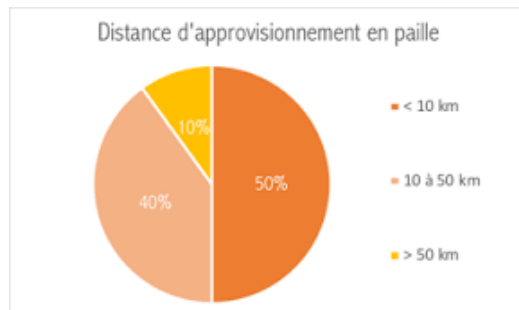
La paille est le seul matériau isolant à présenter une empreinte carbone négative. L'allocation<sup>4</sup> à la culture de blé est une explication importante puisque la paille est un co-produit d'une céréale qui a un intérêt économique plus important. Une partie conséquente des impacts environnementaux est par conséquent allouée à la céréale.

La proximité de production et le fait que ce matériau ne nécessite aucun processus industrialisé explique également cet impact carbone exceptionnel de  $-14 \text{ kg CO}_2 \text{ eq./m}^2$ .

Cependant, une majorité de bâtiments construits en Bretagne utilisent de la paille provenant d'autres régions qui parcourt par conséquent plusieurs centaines de kilomètres.

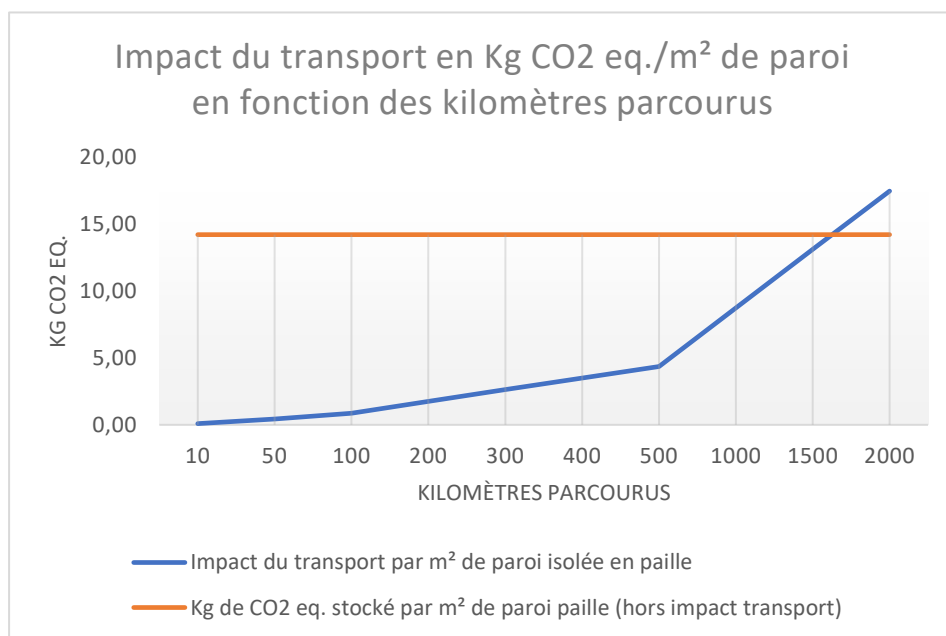
L'intérêt environnemental de la paille est parfois remis en cause dans ce cas. Pourtant, comme l'indique la figure 20, il faudrait que la paille parcoure environ 1700 km avant d'arriver à la neutralité carbone.

Fig. 19 :



Source : La construction paille - Luc Floissac  
Collection Technique de PRO,  
ed. Terre vivante

Fig. 20 :

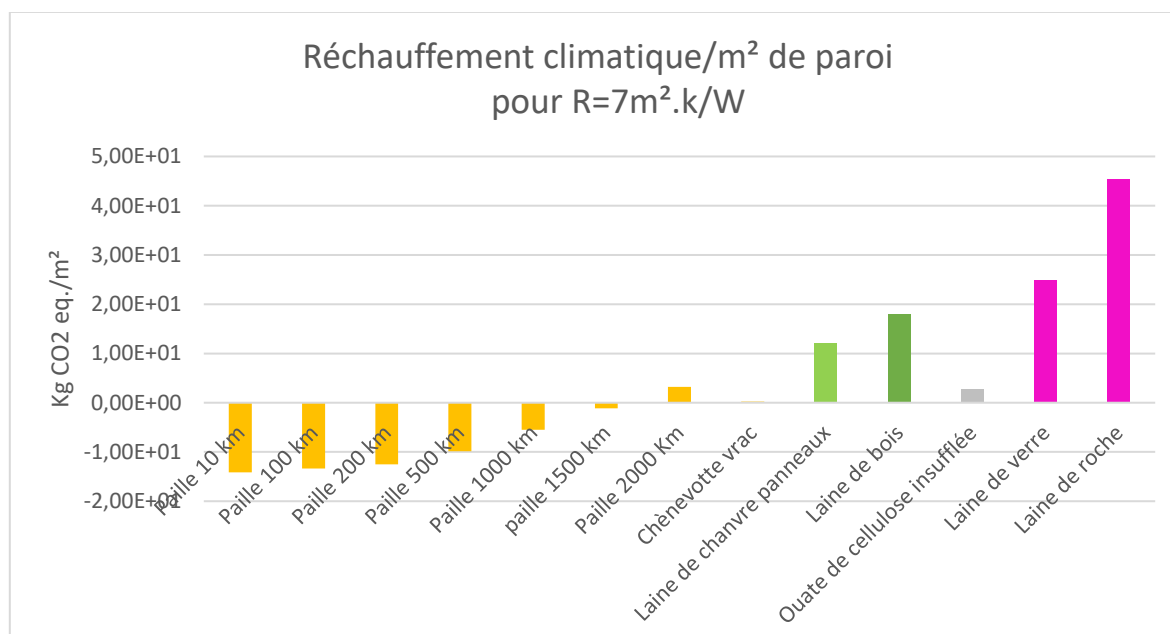


Source : Calculs réalisés à partir de la FDES du RFCP, juin 2015

<sup>4</sup> Les ACV peuvent utiliser trois types d'allocation : massique, énergétique ou économique. Dans le cas de la paille, les calculs d'ACV sont effectués à partir de l'allocation économique, c'est-à-dire que les impacts environnementaux sont répartis au prorata de la valeur économique de la paille par rapport au blé.

Malgré un transport de plusieurs centaines de kilomètres, la paille conserverait une meilleure empreinte carbone que les autres isolants (cf. figure 21).

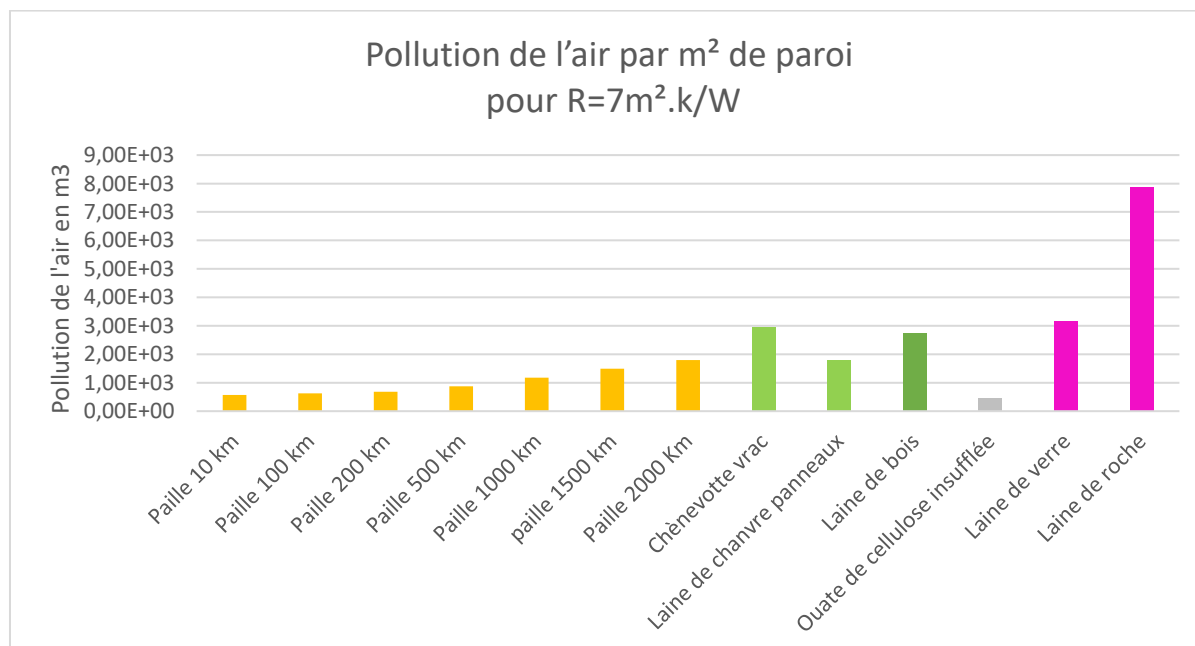
Fig. 21 :



Source : Calculs réalisés à partir de la FDES du RFCP, juin 2015

Outre l'empreinte carbone, le transport implique diverses pollutions. Cependant, hormis la pollution de l'air (cf. figure 22), les autres sont assez minimes.

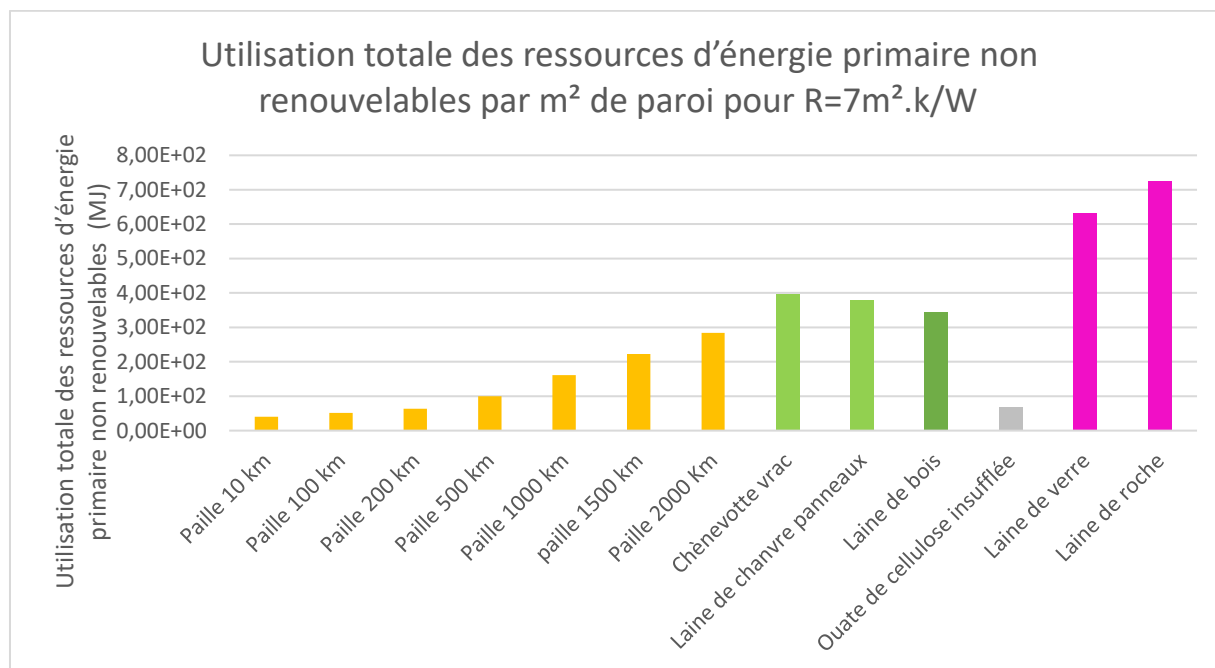
Fig. 22 :



Source : Calculs réalisés à partir de la FDES du RFCP, juin 2015

En revanche, l'utilisation totale des ressources d'énergie primaire augmente fortement avec le nombre de kilomètres parcourus (cf. figure 23). Après 200 kilomètres parcourus, la paille est moins performante sur ce critère que la ouate de cellulose.

Fig. 23 :



Source : Calculs réalisés à partir de la FDES du RFCP, juin 2015

Bien qu'il soit préférable de favoriser un approvisionnement local, le transport de la paille sur une distance de quelques centaines de kilomètres s'avère être une solution envisageable pour pallier provisoirement les difficultés d'approvisionnement bretonnes.



## 5. Problématiques à prendre en compte et actions réalisées ou à venir pour structurer la filière

La botte de paille est un produit agricole qui devient, dès la récolte, un matériau de construction. Aussi, doit-elle répondre aux Règles Professionnelles de la Construction Paille 2012. Afin d'y parvenir, plusieurs problématiques sont à prendre en compte et de nombreuses actions de structuration restent à réaliser.

### 51. Mécanisation

Dans la chaîne de production d'une botte de paille, plusieurs matériels sont utilisés : moissonneuse-batteuse, presse moyenne densité et éventuellement un groupeur. Chacun de ces matériels doit être choisi dans le but de la production d'une botte de paille de qualité.

Le choix de cette mécanisation est essentiel pour la réalisation de bottes conformes au cahier des charges. Il est donc nécessaire d'accompagner le choix de mécanisation des agriculteurs et de favoriser l'acquisition de matériel dont les caractéristiques sont favorables à la fabrication de bottes de construction.

Le choix de la mécanisation du ramassage répond à la problématique de la manipulation des bottes à toutes les étapes de leur utilisation.

#### 511. Moisson

Il existe deux grands types de moissonneuses-batteuses.

- Les moissonneuses-batteuses classiques sont pourvues d'un batteur transversal et de secoueurs (cf. figure 24). La paille passe sur un tapis et conserve sa longueur.

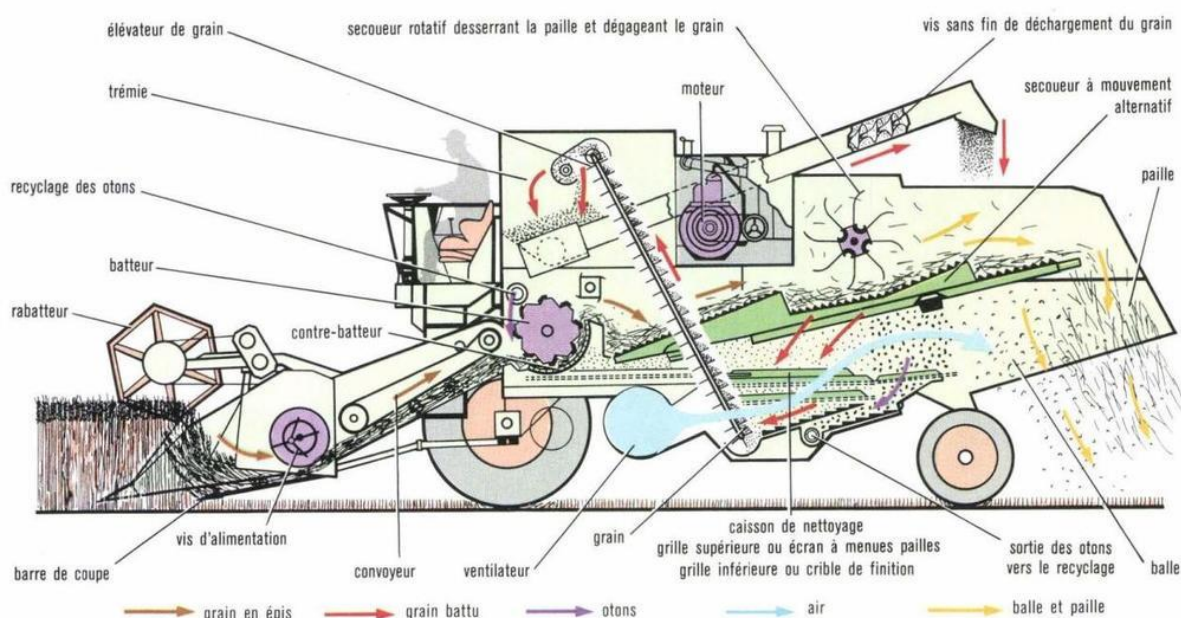


Fig.24 : Schéma de fonctionnement d'une moissonneuse-batteuse

Source des deux images de moissonneuses : CECAMA <https://docplayer.fr/52586645-Fiche-technique-la-moissonneuse-batteuse-principe-de-fonctionnement-et-innovations-technologiques.html>

- Les moissonneuses récentes sont le plus souvent à séparation rotative dites à rotor (cf. figure 25).

Dans ce cas, la paille s'enroule par une sorte de vis sans fin et le grain est séparé par l'action de la force centrifuge. Ces machines sont plus rapides mais ont l'inconvénient de casser la paille.

Les brins de paille qui sortent de ces moissonneuses à rotor sont donc beaucoup plus courts qu'avec une moissonneuse à secoueur.

Le matériau « botte de paille » est utilisé dans deux domaines d'application : isolant et support d'enduit. Dans le cas où la paille n'est utilisée que comme isolant (en caissons par exemple), la taille des brins importe peu. Cependant, lorsqu'elle doit servir de support d'enduit, il faut préférer des brins longs afin d'obtenir une bonne accroche et ainsi, favoriser la résistance au cisaillement (un essai de conformité aux RPCP2012 doit être réalisé dans tous les cas). Il convient alors de s'assurer que la moissonneuse-batteuse utilisée fonctionne à secoueur et non à rotor.

### 512. Pressage

La presse moyenne densité est le matériel indispensable pour réaliser les bottes. Toutes les presses récentes conviennent généralement à la production de bottes de construction. Il est simplement nécessaire de pouvoir régler la densité. Néanmoins, si les bottes sont groupées (cf. partie 513), il est impératif que les noueurs acceptent la ficelle en polypropylène type 350, ce qui demande parfois de les remplacer.



Fig. 26 : Schéma de fonctionnement d'une presse

Les andains<sup>5</sup> de paille sont ramassés à terre et s'accumulent dans la chambre de compression. A intervalles réguliers, la paille est pressée par le piston pour former des « galettes ». Chaque galette a une épaisseur de 5 à 8 cm selon la vitesse d'avancement de la presse. C'est pour cette raison que le réglage de la longueur est difficile. Il s'opère à plus ou moins une galette. On ne peut donc pas calibrer précisément la longueur de la botte.

<sup>5</sup> Andain : Rangée de paille laissée au sol par la moissonneuse.

Des bottes courtes de 55 à 57 cm seraient pourtant intéressantes pour les entreprises car elles entrent dans des entraxes d'ossature bois de 60 cm.

Mais suivant les presses, souhaiter une dimension précise est illusoire. De plus, plus la botte est petite, plus il est difficile d'obtenir de la densité. Il est donc important de réaliser des essais afin de garantir une botte de qualité.

La presse Massey Ferguson 1840 à canal central semble être la presse idéale pour réaliser des petites bottes de construction. Les bottes sont régulières, bien formées et denses. En avançant lentement dans l'andain, les galettes peuvent être diminuées à 3 ou 4 cm.

Vidéo de fonctionnement : <http://www.masseyferguson.fr/mf1840.aspx>

Pour répondre à la problématique des entraxes d'ossature bois de 60 cm, une autre piste serait de fabriquer ou modifier une presse pour que la largeur des bottes ne soit plus de 47 cm comme les bottes standard (cf. figure 22) mais de 57 cm afin de les positionner verticalement dans la paroi. La longueur de la botte ne constituerait donc plus une contrainte puisque ce serait sa largeur qui s'adapterait à l'ossature.

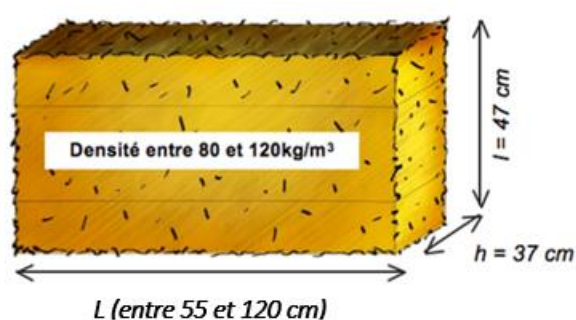


Fig. 27 :  
Dimension standard des bottes

### 513. Ramassage, manipulation des bottes

Le ramassage des bottes est la problématique la plus soulevée par les agriculteurs.

En effet, ramasser manuellement demande beaucoup de temps et de main d'œuvre mais lorsque les bottes sont denses et dépassent le plus souvent les 15 kg, cela implique une pénibilité trop importante.

De plus, le ramassage n'est qu'une des étapes de manipulation des bottes puisqu'elles sont en général manipulées 4 fois :

- 1) Ramassage au champ pour charger un plateau
- 2) Déchargement du plateau pour le stockage
- 3) Chargement d'une semi-remorque (ou autre) pour l'acheminement sur le chantier
- 4) Déchargement sur le chantier

La manipulation des bottes est donc une problématique forte pour l'agriculteur mais aussi pour le transporteur qui doit attendre le chargement de sa semi-remorque ainsi que pour l'entreprise qui reçoit la paille et doit mobiliser une partie de ses salariés au déchargement rapide du camion.

En Bretagne et Pays de la Loire, différentes stratégies sont utilisées par les agriculteurs.

- Ramassage manuel : La grande majorité des agriculteurs continuent un ramassage manuel mais ils ne produisent que des bottes courtes pour qu'elles ne soient pas trop lourdes. Ces bottes sont généralement vendues à des auto-constructeurs très localement. Il faut une main d'œuvre conséquente pour ce ramassage (entre 7 et 10 personnes) et les maîtres d'ouvrages sont souvent mis à contribution.

Ils se font livrer les bottes directement par l'agriculteur ou viennent les chercher par leurs propres moyens.

- Groupage manuel : Deux agriculteurs ont conçu des sortes de « groupeurs manuels ».

Par exemple, chez cet agriculteur de Vendée, qui a fabriqué un outil hydraulique à atteler à l'arrière de son tracteur. Il pose deux à trois ficelles (selon la longueur des bottes) sur cette sorte de « benne/presse ». Les bottes sont déposées manuellement sur chant en deux étages de 7. Le vérin hydraulique est actionné pour compresser le paquet de 14 bottes dans sa longueur puis l'agriculteur noue les ficelles manuellement. Le paquet est déposé dans le champ et peut être mis dans un plateau au moyen du chargeur frontal du tracteur pour être stocké dans un hangar. Les bottes ne sont donc manipulées manuellement qu'une seule fois.



Fig.28 : « Groupeur manuel »

- Auto-chargeuse : Un des agriculteurs s'aide d'une auto-chargeuse. Les bottes sont montées manuellement sur une sorte de tapis puis les bottes sont rangées dans la remorque par un système mécanique.

La pénibilité est donc diminuée pour le ramassage au champ et le nombre de personnes mobilisées moindre. Il faut néanmoins reprendre les bottes à la main pour le stockage, déstockage et réception.



Fig.29 : Auto-chargeuse

- Groupeur : Seul l'un des agriculteurs visités possède un groupeur (en Bretagne). Il existe deux types de groupeurs. Les premiers sont positionnés juste derrière la presse (cf. figure 25) ; les seconds, de marque Arcusin (cf. figure 26) collectent les bottes à terre avant de les grouper. Ils permettent d'éviter la manipulation manuelle et font gagner beaucoup de temps dans toutes les chaînes de manipulation des bottes. Pour les agriculteurs, les paquets sont chargés au tracteur (cf. figure 28) et une seule personne est mobilisée. Les entreprises sont également mécanisées pour le déchargement des camions.

Tous les agriculteurs rencontrés souhaiteraient acquérir un groupeur afin de diminuer la pénibilité de leur travail. Cependant, c'est un matériel onéreux (environ 75 000 euros pour le groupeur Arcusin) qui n'entre pas dans les possibilités d'investissement de la plupart des agriculteurs.



Fig. 30 : Groupeur collectant les bottes à l'arrière de la presse



Fig.31 : Groupeur Arcusin collectant les bottes directement au sol

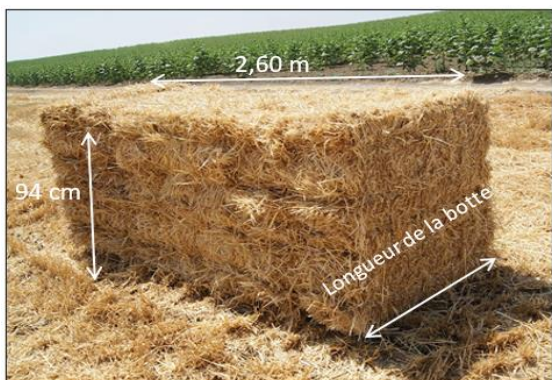


Fig. 32 : Dimension du paquet de 14 bottes



Fig. 33 : Reprise du paquet de 14 bottes au chargeur frontal

Le groupage avec un groupeur Arcusin impose que les bottes aient des ficelles solides type 250. Toutes les presses n'acceptent pas ces ficelles. Les renseignements pris auprès d'agriculteurs à travers la France qui utilisent ce genre de groupeur montrent que tous ont aussi investi dans une presse Massey Ferguson 1840.

La problématique du matériel est la plus importante à prendre en compte pour la réalisation de bottes de paille de qualité, qui répondent aux Règles Professionnelles de la Construction Paille.

L'achat d'une presse moyenne densité performante et d'un groupeur s'élève à plus de 100 000 €.

Le matériel nécessaire à la production de bottes de paille est donc très onéreux par rapport au marché actuel, même s'il peut être mutualisé entre plusieurs agriculteurs voisins.

Afin de promouvoir une filière en circuit court, il serait souhaitable que les acteurs de la filière paille participent à l'achat du matériel (acquisition de parts, recherche de subvention...).

## 52. Structuration d'une filière agricole en Morbihan en collaboration avec la Chambre d'Agriculture

Le département du Morbihan ne compte pas de producteurs de paille réguliers. Des agriculteurs de ce département ont parfois produit de la paille pour un projet ponctuel sans renouveler l'expérience sur le long terme.

Pourtant, comme indiqué précédemment, des entreprises y construisent en paille en s'approvisionnant hors Bretagne. Leur volonté serait de s'approvisionner localement en bottes de qualité qui répondent aux exigences des Règles Professionnelles de la Construction Paille.

Ce débouché assuré a permis d'envisager une action locale dont la finalité est de faire bénéficier les agriculteurs de la valeur ajoutée de la paille de construction par la création d'une filière de vente directe.

Une collaboration avec la Chambre d'Agriculture a été initiée afin de collaborer à ce travail de recherche d'agriculteurs et de formation. Le but n'est pas en effet de produire n'importe quelle botte de paille agricole mais un matériau de construction qui réponde à un cahier des charges. La Chambre d'Agriculture a des compétences de réseau agricole et de pratiques culturelles ; le CPA apporte les connaissances nécessaires en termes de contraintes de construction et de cahier des charges.

Dans un premier temps, un article est paru dans le journal agricole « Terra » afin de mobiliser des agriculteurs (Annexe 6).

Un petit groupe motivé s'est constitué. Il est composé d'un technicien et d'un responsable de filières de la Chambre d'Agriculture, de 5 agriculteurs bio, de 2 agriculteurs conventionnels, d'un représentant d'une entreprise de construction en paille et de moi-même pour le Collectif Paille Armoricaïn.

Plusieurs réunions ont été organisées et la principale problématique soulevée n'est pas la disponibilité en paille comme on aurait pu s'y attendre mais celle du ramassage des bottes, problématique déjà soulevée par les fournisseurs de paille de construction déjà en place.

Les agriculteurs étudient donc la possibilité d'utiliser un groupeur qui permettrait de réaliser des paquets de 14 bottes. La manipulation de ces paquets pourrait ainsi se réaliser au moyen d'un chargeur frontal.

Ce matériel étant onéreux, la possibilité de le louer cette année est étudiée, éventuellement par l'intermédiaire d'une entreprise de travaux agricoles. Si l'essai est concluant, il sera envisagé un achat.

Si cette action avec la Chambre d'Agriculture du Morbihan se concrétise, la méthode pourra être reproduite dans d'autres départements.

Cependant, ce genre d'action ne doit être conduite que si un besoin (et donc un débouché certain) est identifié. Une contractualisation avec les entreprises est nécessaire pour que les agriculteurs n'aient pas investi du temps et de l'argent sans en recevoir des bénéfices. Ce serait une mauvaise stratégie pour la filière paille que de se couper du monde agricole.

Il convient donc d'être prudent et de s'assurer qu'un agriculteur qui investira pour presser et grouper des bottes puisse amortir son matériel et être garanti d'un nombre de bottes à vendre.



### 53. Formation/sensibilisation des agriculteurs déjà producteurs de bottes de paille de construction

L'une des problématiques fortes soulevées par les entreprises étant la qualité des bottes, dix agriculteurs (sur 12) de Bretagne et Pays de la Loire ont été rencontrés afin de vérifier leurs bottes et de les sensibiliser à la qualité.

Le but était également de leur apporter une « culture générale » de la construction paille pour qu'ils comprennent les enjeux et contraintes de l'utilisation de la botte de paille.

Afin de leur laisser une trace écrite des échanges un document a été réalisé à leur intention.

Le groupe d'agriculteurs du Morbihan a reçu la même sensibilisation ainsi que le document d'information lors d'une réunion à la Chambre d'Agriculture.

Ce document est accessible avec ce lien :

[https://drive.google.com/file/d/1UZ9meS6COFSafXHRyERqoR\\_k6nvgzziz/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1UZ9meS6COFSafXHRyERqoR_k6nvgzziz/view?usp=sharing)

Bilan de ces rencontres :

- La densité de la botte est effectivement trop faible dans la plupart des exploitations (moins de 80 kg/m<sup>3</sup> au lieu de 80 à 120 kg/m<sup>3</sup>). Certains devraient changer leur presse pour arriver à cette densité.
- Le taux d'humidité est toujours inférieur à 20 %. Beaucoup d'acteurs de la paille avaient alerté sur le taux l'humidité, qu'ils estimaient être une problématique importante. Crainte qui ne se vérifie pas en pratique.
- La problématique du ramassage a toujours été un sujet de discussion majeur.
- Aucun des agriculteurs ne fait signer de contrat aux acheteurs lors de la commande. Dans plusieurs cas, la paille a été stockée chez l'agriculteur pendant plusieurs mois et l'acheteur s'est désisté ou est venu contrôler la densité des bottes tardivement et a annulé la vente.
- Les prix de vente sont très hétérogènes : de 110 à 400 € par tonne.
- Quelques agriculteurs se sont mobilisés pour produire de la paille de construction mais n'ont pas trouvé d'acheteurs pour la totalité de leur production pourtant relativement modeste.

La sensibilisation auprès des agriculteurs devra se poursuivre dans les années à venir. C'est un élément très important pour la crédibilité de la filière que d'avoir des bottes de qualité. Il serait bon de rencontrer les agriculteurs une fois par an pour vérifier leurs bottes et les accompagner sur les différentes problématiques soulevées.



## 54. Travail sur le prix de la botte

Le retour d'expériences des agriculteurs producteurs de paille de construction ainsi que la collaboration avec la Chambre d'Agriculture du Morbihan permet une évaluation du prix de revient avec une décomposition par poste. Ces coûts sont des moyennes indicatives, variables suivant les situations individuelles. Le coût du stockage n'est pas inclus dans cette évaluation. Il convient de rajouter 5 € par tonne et par mois de stockage.

### Prix de revient de la botte de paille de construction (HT)

pour 1 ha, soit 3 tonnes, soit 187 bottes de 16 kg

*Avec stockage, ramassage manuel*

	Bottes	€/botte	€
<b>Pressage</b>	187	1	<b>187</b>
<b>Récolte</b>			
Main d'œuvre	h	€/h	€
Ramassage	3,5	25	87,5
Stockage	2	25	50
Déstockage	2	25	50
Total main d'œuvre	7,5	25	187,5
	h	€/h	€
Tracteur - remorque	1,5	15	22,5
<b>Total Récolte</b>			<b>210</b>
	T	€/T	€
<b>Matière 1ère</b>	3	70	<b>210</b>
	Tonne	€/tonne	€
<b>Rémunération producteur</b>	3	20	<b>60</b>
<b>Coût total / ha</b>			
			<b>667</b>
<b>Prix / botte</b>			<b>3,57</b>
<b>Prix / tonne</b>			<b>222,33</b>
<b>Prix au m<sup>2</sup></b>	<b>une botte =</b>	<b>0,38</b>	<b>9,39</b>

Une estimation avec utilisation d'un groupeur élèverait le prix de vente à 240 €/t (différentes hypothèses en Annexe 7).

Ces prix minimums pour rémunérer le travail et l'investissement des agriculteurs sont plus élevés que les prix souvent annoncés dans le milieu de la construction paille (2 à 2,50 € la botte).

Si la différence avec la vente de rounds est conséquente (150 €/t environ), un agriculteur n'a généralement pas plus de 10 hectares de paille à consacrer à la construction. En comptant 3 t/ha (ce qui n'est pas toujours le cas), la différence atteindrait donc environ 4500 € par an, sur lesquels il a plus de charges de matériel et de main d'œuvre.

La vente de paille de construction ne représente donc pour les agriculteurs qu'une petite activité annexe.

Si le souhait est d'obtenir des bottes de qualité dans nos régions plutôt déficitaires en paille, il est donc indispensable de les payer à leur juste prix. Il semble que c'est aussi dans l'état d'esprit de la majorité des acteurs de la paille que de favoriser un commerce équitable de proximité.



C'est également la philosophie du CPA : « L'association met en œuvre tous les moyens possibles pour atteindre cet objectif, dans le respect de l'homme, de l'écologie et des principes de l'économie sociale et solidaire » (Extrait des statuts).

Si dans le domaine du bâtiment, les prix sont évalués au m<sup>2</sup>, en agriculture, ils sont estimés à la tonne.

Comparaison du prix de différents isolants  
pour R = 7 m<sup>2</sup>K/W

Matériau	Epaisseur en cm	Prix HT/m <sup>2</sup>	Prix HT/tonne
Ouate de cellulose	30	15,00 €	
Laine de bois	26	26,00 €	
Laine de verre	25	13,00 €	
Botte de paille* à 2,50 €	37	6,65 €	156€
Botte de paille* à 3 €	37	7,98 €	188€
Botte de paille* à 3,50 €	37	9,31 €	219€
Botte de paille* à 4 €	37	10,64 €	250€
Botte de paille* à 4,50 €	37	11,97 €	281€
Botte de paille* à 5 €	37	13,30 €	312 €

\*Botte 37 x 47 sur chant, 16 kg, 80 cm, 0,376 m<sup>2</sup>

Même payée au prix fort, la paille reste un matériau peu onéreux.

En construction paille, c'est avant tout le travail humain, de personnes formées et compétentes, qui est rémunéré.

La paille permet donc un modèle social qui valorise le travail local (en agriculture et en construction) plutôt que la fabrication de matériaux dans des usines délocalisables.

Produire une paille à un prix équitable pour tous est donc l'objectif à atteindre.

## 55. Contractualisation

Bien que motivés par la production de paille de construction, les agriculteurs rencontrés souhaiteraient avoir un débouché sûr afin d'envisager un investissement en matériel et en temps. Un travail à effectuer serait d'engager les entreprises financièrement sur l'achat d'un nombre de bottes minimum par an.

Lorsqu'ils ont une commande qu'il faut stocker pendant plusieurs mois, les agriculteurs souhaiteraient également avoir une garantie que la paille sera bien achetée. Seul un d'entre eux demande un acompte avant le stockage. De plus, le temps de stockage, parfois de plusieurs mois, n'est que très rarement valorisé financièrement. Un travail serait à effectuer pour les accompagner sur ces deux points.

## 56. Stockage

Les agriculteurs possèdent généralement des hangars qui font très bien l'affaire pour stocker la paille dans de bonnes conditions. Au regard des quantités de paille nécessaires actuellement et pour le futur proche, le stockage ne me semble pas constituer une problématique.

## 57. Communication

Comme évoqué précédemment, plusieurs agriculteurs ont produit de la paille qui n'a pas trouvé acheteurs alors que les entreprises indiquent que la ressource en paille de construction est déficitaire.

Une carte interactive des producteurs a été réalisée afin de permettre à tous les adhérents du Collectif Paille Armoricaïn de connaître des producteurs locaux.

Accès à la carte interactive :

<https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1CN6rgot124wEnfUDOV2Ls6O9cRfjHASB&usp=sharing>

Les annuaires des sites du RFCP et Armorique Construction Paille pourraient aussi remplir cette mission mais ils sont réservés aux agriculteurs adhérents au RFCP.

## 58. Création d'une plateforme numérique de gestion des stocks disponibles

Afin de gérer au plus près l'évolution de la filière et les disponibilités locales, il serait utile de créer une plate-forme numérique des stocks disponibles.

Il serait intéressant qu'elle soit gérée directement par le CPA afin d'avoir une approche très concrète des réalités du marché.



## Conclusion

Le contexte agricole de la production de céréales en Bretagne et Pays de la Loire étant hétérogène, les possibilités de fourniture en paille de construction sont réparties irrégulièrement sur le territoire. Nous constatons globalement des quantités mobilisables supérieures en Pays de la Loire qu'en Bretagne, région d'élevage où la paille est prisée pour l'utilisation en litières des animaux. Peu d'agriculteurs proposent de la paille de construction dans cette région et la paille utilisée par les entreprises est par conséquent importée de plusieurs centaines de kilomètres.

Les Pays de la Loire comptent davantage d'agriculteurs fournisseurs de paille ainsi que deux entreprises spécialisées dans la production de paille de construction et un reconditionneur de foin. La capacité de production de ces unités est importante puisqu'elles ne dépendent pas d'un lieu de production ou de la saisonnalité. Ces entreprises achètent de la paille en ronds ballers ou en big ballers, hors région si besoin.

Si se fournir auprès d'elles implique un moins bon impact environnemental qu'en s'approvisionnant localement chez un agriculteur, elles garantissent à la filière de pouvoir mobiliser rapidement des tonnages importants. De plus, l'empreinte carbone due au transport est assez minime au regard du stockage de carbone par la plante (-14 kg eq. CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>). Le transport d'une région à l'autre constitue donc une solution temporaire acceptable. Malgré le fait de faire parfois quelques centaines de km, le transport de la paille influence relativement peu son bilan carbone, ce qui garantit la possibilité de construire des bâtiments bas carbone à l'échelle régionale et inter régionale.

De plus, si tous les fournisseurs utilisent leur pleine capacité de production, la quantité de paille de construction mobilisable rapidement dépasse les besoins actuels. Il est difficile d'anticiper l'évolution du marché qui est rapide mais, à l'échelle des deux régions, il semble que les quantités nécessaires pour le court et moyen terme soient suffisantes.

Il est néanmoins utile de préparer l'avenir et plus cohérent de favoriser un approvisionnement local par la création de filières agricoles de proximité.

Une collaboration avec la Chambre d'Agriculture du Morbihan ainsi que des visites aux agriculteurs fournisseurs des deux régions a permis d'identifier les problématiques qui devront faire l'objet d'un travail plus approfondi. La problématique du matériel est la plus importante puisque les bottes doivent répondre aux RPCP2012 et, à ce titre, présenter une masse volumique comprise entre 80 et 120 kg/m<sup>3</sup>. Cela représente des bottes lourdes (plus de 15 kg) qu'il est difficile de manipuler manuellement. Résoudre cette problématique du ramassage serait la levée de frein la plus importante pour le développement de la production de petites bottes de paille.

Afin de structurer la filière, un accompagnement technique des agriculteurs serait indispensable tant sur le plan technique qu'organisationnel. Une plate-forme numérique qui permettrait de gérer les besoins et disponibilités paraît un outil indispensable.

Du travail est donc encore nécessaire pour la mise en place et la dynamisation des filières locales de production de bottes de paille de construction mais, si ce travail est réalisé, l'approvisionnement sera assuré pour l'avenir.

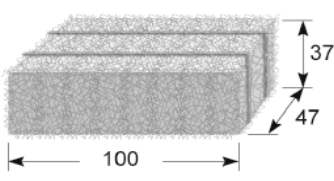
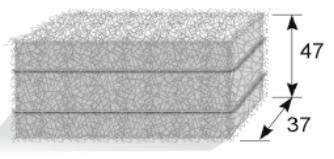
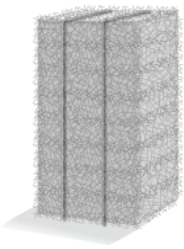
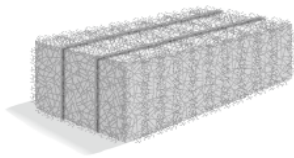
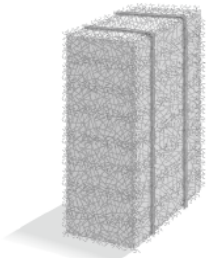


## Bibliographie

- Règles Professionnelles de la Construction Paille - Editions Le Moniteur
- La construction en paille, la performance au naturel - Livret vert du RFCP
- Statistiques agricoles Agreste
- Statistiques de construction SDES
- La Paille matière première – Recherche APROPAILLE
- La construction paille - Luc Floissac - Collection Technique de PRO, ed. Terre vivante
- Remplissage isolant en bottes de paille - juin 2015  
<https://drive.google.com/file/d/1zOblo30fxxIMfCtRpTSpy8B7V9iy76Mv/view?usp=sharing>

# Annexes

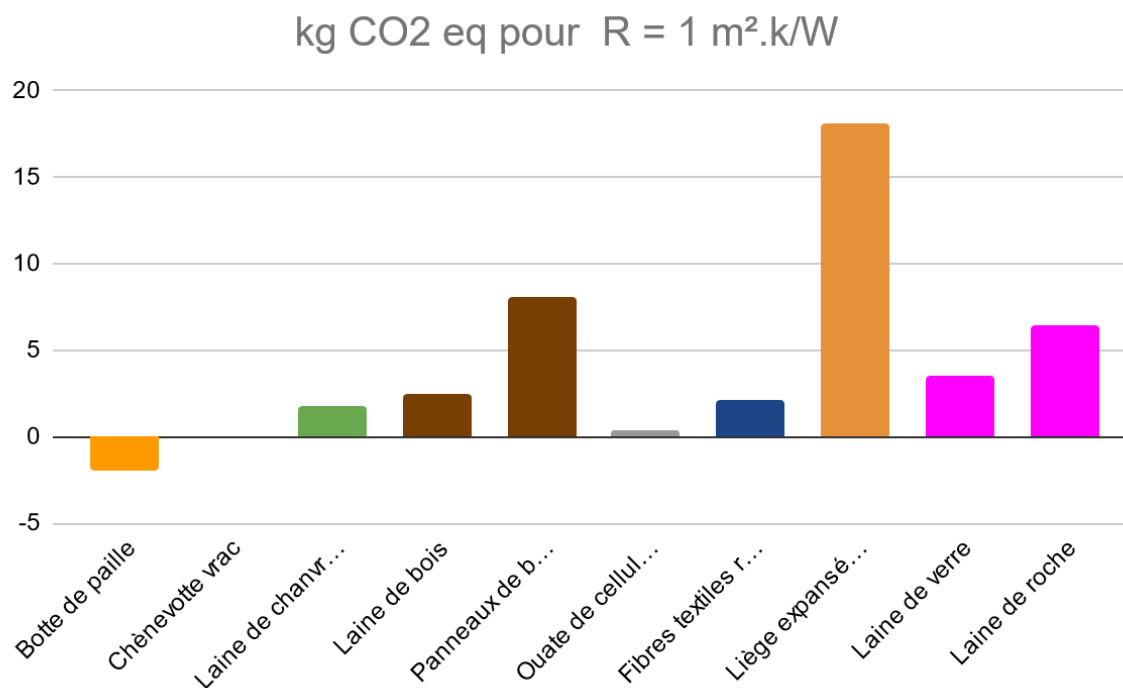
## Annexe 1 : Avantage et inconvénient du sens de pose de la botte de paille

Partie de la botte de paille visible au premier plan	Avantages	Inconvénients
<p>À plat, chant visible</p> 	<p>Facilite :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'empilement des bottes</li> <li>- la réalisation des parois courbes</li> <li>- l'obtention de la planéité</li> <li>- la mise en compression des parois</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Épaisseur de la paroi</li> <li>- Nombre non optimal de bottes utilisées par m<sup>2</sup> de paroi</li> </ul>
<p>Sur chant, face visible</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moindre épaisseur de la paroi</li> <li>- Nombre optimal de bottes par m<sup>2</sup> de paroi</li> </ul>	<p>Empilement plus difficile qu'à plat</p>
<p>Debout, face visible</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Régularité de l'entraxe de l'ossature</li> <li>- Rapidité de mise en oeuvre</li> <li>- Facilitation de la réalisation des angles</li> <li>- Calepinage serré</li> <li>- Préfabrication facilitée</li> </ul>	<p>Fixation des bottes plus délicate dans le cas d'une ossature non traversante</p>
<p>À plat, bout visible</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maîtrise de l'épaisseur de la paroi (après découpe des bottes)</li> <li>- Contrôle aisé de la longueur des bottes en découpant et reficelant celles-ci</li> <li>- Maîtrise complète des dimensions des bottes</li> </ul>	<p>Découpage quasi systématique des bottes</p>
<p>Debout, chant visible</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôle aisé de la longueur des bottes en découpant et reficelant celles-ci</li> <li>- Maîtrise complète des dimensions des bottes</li> </ul>	<p>Découpage quasi systématique des bottes</p>

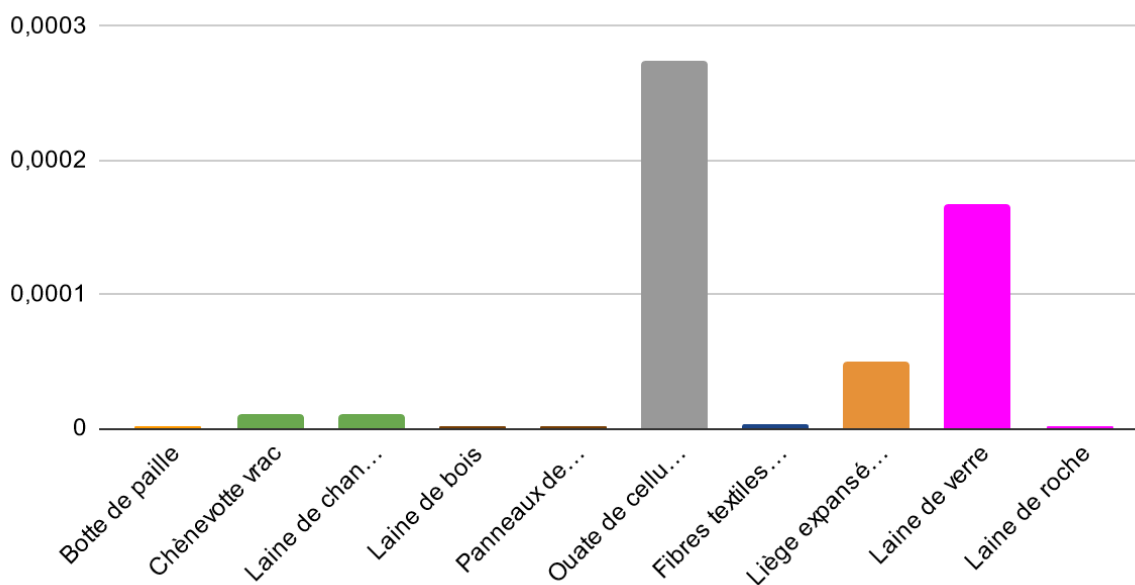
Source : Règles professionnelles de la construction paille 2012

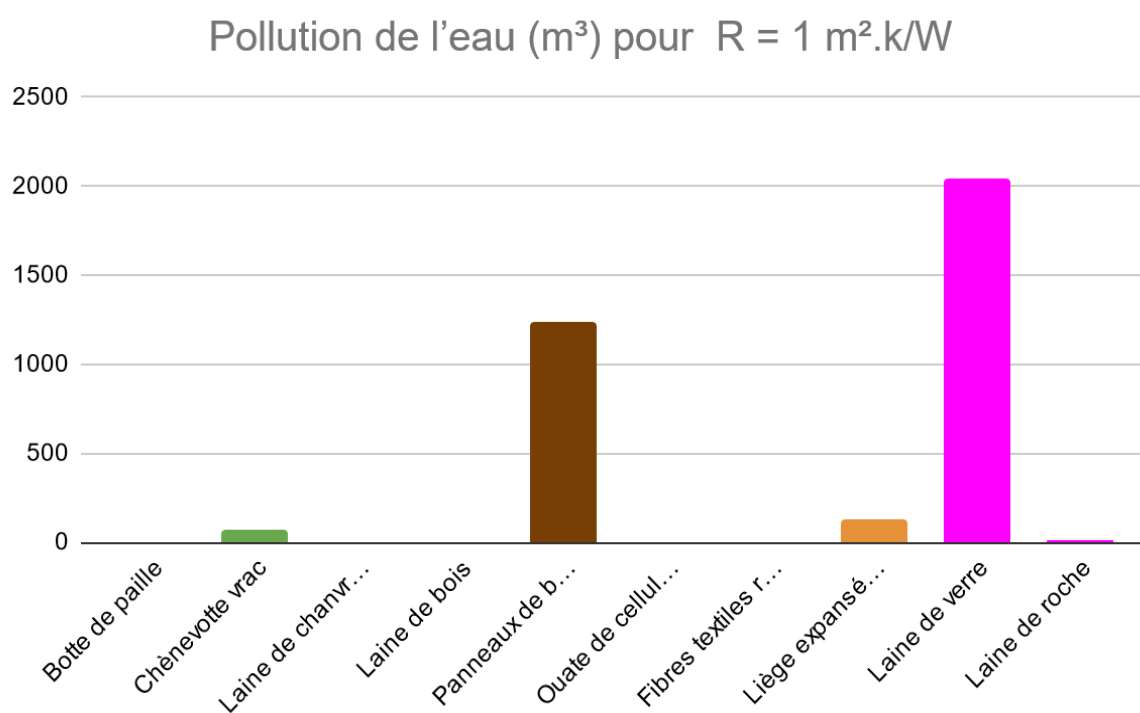
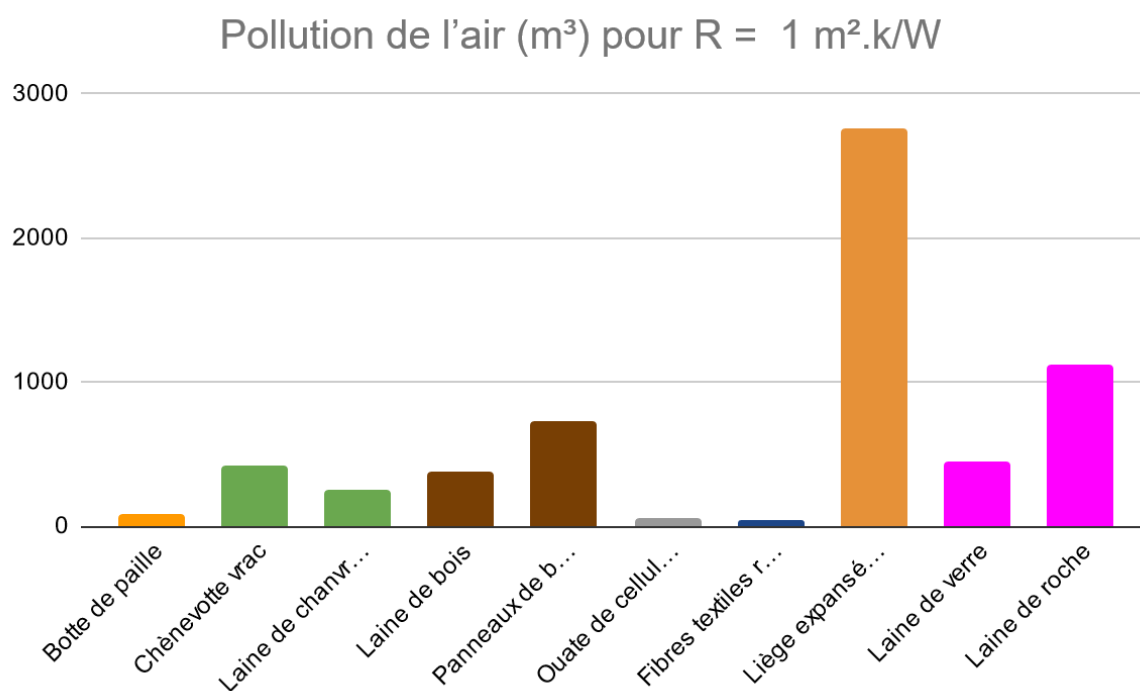
## Annexe 2 : Impacts environnementaux comparés d'isolants

Source : Calculs effectués à partir des FDES du RFCP 2015



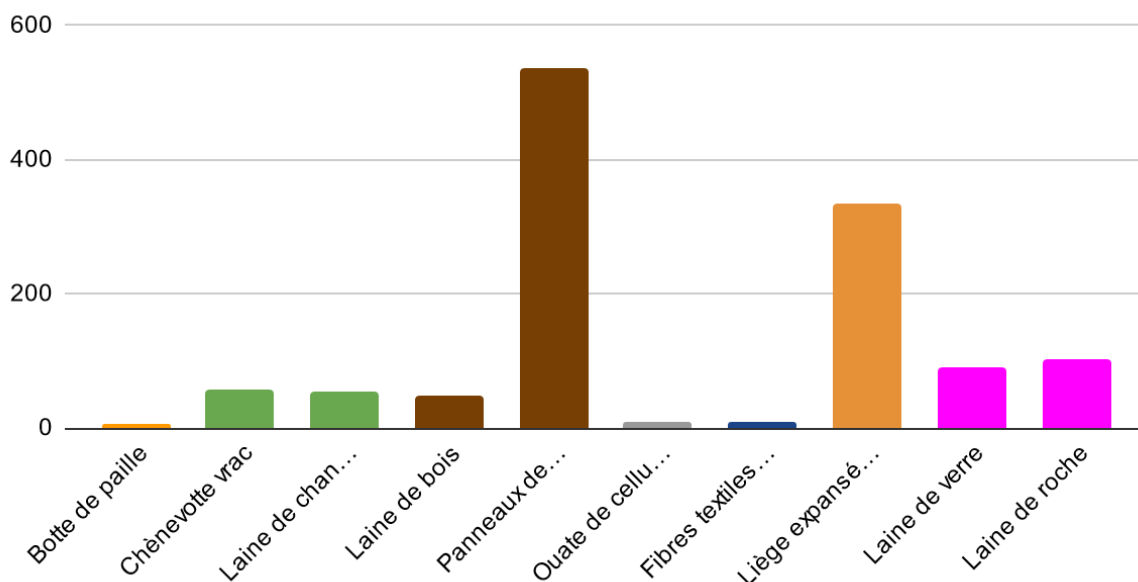
Epuisement des ressources abiotiques – éléments (kg Sb eq.) pour R = 1 m<sup>2</sup>.k/W



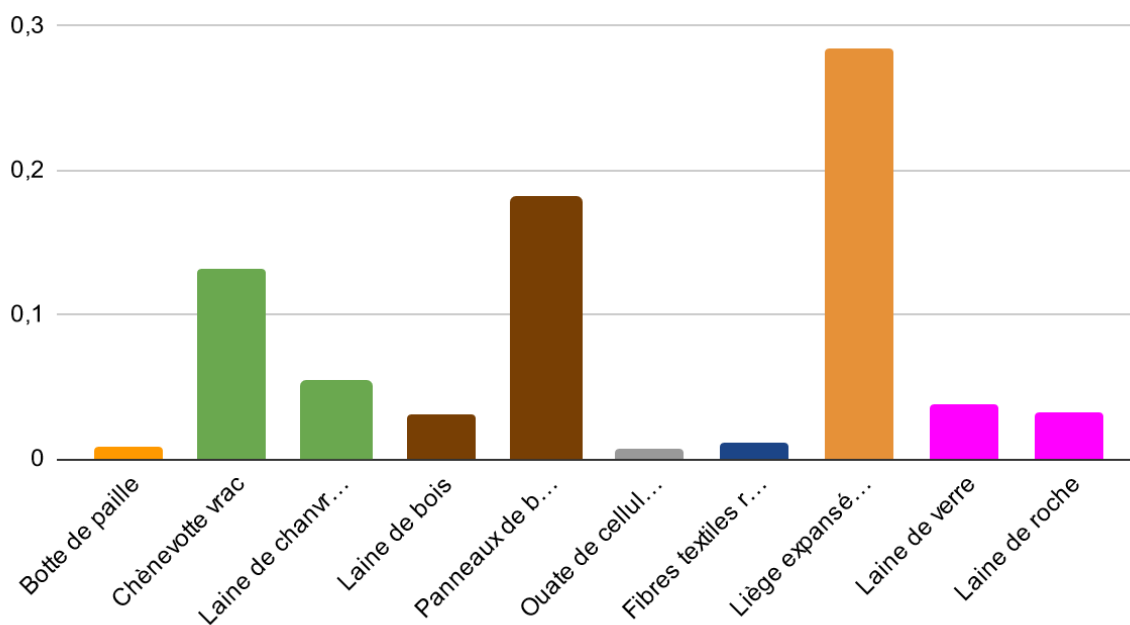




### Utilisation totale des ressources d'énergie primaire non renouvelables ... (MJ) pour $R = 1 \text{ m}^2.k/W$



### Utilisation nette d'eau douce (m³) pour $R = 1 \text{ m}^2.k/W$



## Annexes 3 : Statistiques logements

Source : Calculs effectués à partir des statistiques SDES, cumul sur 12 mois au 30/11/20

*Nombre de logements neufs autorisés en Bretagne et Pays de la Loire*

	Département	Nombre de logements individuels purs autorisés	Nombre de logements individuels groupés autorisés	Nombre de logements collectifs ou en résidence autorisés	Nombre total de logements autorisés
<b>Bretagne</b>	22	2000	500	1100	3600
	29	3100	400	2100	5600
	35	3200	600	5700	9500
	56	3400	600	2600	6600
	<b>Total</b>	<b>11700</b>	<b>2100</b>	<b>11500</b>	<b>25300</b>
<b>Pays de la Loire</b>	44	4800	100	4800	9700
	49	1700	700	3500	5900
	53	700	200	700	1600
	72	900	200	400	1500
	85	4200	700	1100	6000
	<b>Total</b>	<b>12300</b>	<b>1900</b>	<b>10500</b>	<b>24700</b>

*Surface en m<sup>2</sup> de logements neufs autorisés en Bretagne et Pays de la Loire*

	Département	Surface de plancher des logements individuels purs autorisés	Surface de plancher des logements individuels groupés autorisés	Surface de plancher des logements collectifs ou en résidence autorisés	Surface de plancher totale des logements autorisés
<b>Bretagne</b>	22	233300	45800	64300	343400
	29	357800	39500	127400	524700
	35	395200	61700	368400	825300
	56	395200	56300	157400	608900
	<b>Total</b>	<b>1381500</b>	<b>203300</b>	<b>717500</b>	<b>2302300</b>
<b>Pays de la Loire</b>	44	540200	87400	288300	915900
	49	197200	62600	207900	467700
	53	78500	12000	38000	128500
	72	109100	16400	29700	155200
	85	445500	57200	63200	565900
	<b>Total</b>	<b>925000</b>	<b>178400</b>	<b>563900</b>	<b>2233200</b>

## Annexe 4 : Statistiques céréales

## Production de paille, Bretagne et Pays de la Loire

	Département	Blé (ha)	Triticale (ha)	Total (ha)	Estimation de la quantité de paille (tonnes)*	Dont Bio (tonnes)
<b>Bretagne</b>	22	90250	5800	<b>96050</b>	288150	
	29	49800	3600	<b>53400</b>	160200	
	35	94800	5938	<b>100738</b>	302214	
	56	62300	10700	<b>73000</b>	219000	
	Total	297150	26038	<b>323188</b>	969564	7970
<b>Pays de la Loire</b>	44	56245	6948	<b>63193</b>	189579	
	49	82826	6795	<b>89621</b>	268863	
	53	80198	5548	<b>85746</b>	257238	
	72	88982	6288	<b>95270</b>	285810	
	85	105852	6809	<b>112661</b>	337983	
	Total	414103	32388	<b>446491</b>	1339473	

\* Rendement moyen 3 t/ha

Sources : Calculs effectués à partir des statistiques agricoles Agreste, Draaf Bretagne, 2018

## Annexe 5 : Hypothèses de quantités disponibles pour la construction/ an

Evaluation de prélèvement de paille sur la base de production de céréales 2018

Sources : Calculs effectués à partir des statistiques agricoles Agreste, Draaf Bretagne, 2018 et SDES

		Prélèvement 1 %				
	Département	Estimation de la quantité de paille (tonnes)	Tonnes	Nombre de bottes	Nombre de constructions permises	Pourcentage des constructions neuves
Bretagne	22	288150	2882	180094	383	10,64
	29	160200	1602	100125	213	3,80
	35	302214	3022	188884	402	4,23
	56	219000	2190	136875	291	4,41
	Total	969564	9696	605978	1289	5,10
Pays de la Loire	44	189579	1896	118487	252	2,60
	49	268863	2689	168039	358	6,06
	53	257238	2572	160774	342	21,38
	72	285810	2858	178631	380	25,34
	85	337983	3380	211239	449	7,49
	Total	1339473	13395	837171	1781	7,21

Pour une botte de 37x47x80 cm, 15 % d'humidité, 98 kg/m<sup>3</sup> de densité, 16 kg

Ratio utilisé : 15 000 tonnes pour 2000 logements soit 470 bottes 80 cm (16 kg) /logement (7,5 tonnes)

		Prélèvement 5 %				
	Département	Estimation de la quantité de paille (tonnes)	Tonnes	Nombre de bottes	Nombre de constructions permises	Pourcentage des constructions neuves
Bretagne	22	288150	14408	900469	1916	53,22
	29	160200	8010	500625	1065	19,02
	35	302214	15111	944419	2009	21,15
	56	219000	10950	684375	1456	22,06
	Total	969564	48478	3029888	6447	25,48
Pays de la Loire	44	189579	9479	592434	1260	12,99
	49	268863	13443	840197	1788	30,30
	53	257238	12862	803869	1710	106,90
	72	285810	14291	893156	1900	126,69
	85	337983	16899	1056197	2247	37,45
	Total	1339473	66974	4185853	8906	36,06

## La botte de paille : un matériau de construction

**Longtemps tombée dans l'oubli, la construction paille se développe. Locale, stockant le carbone, excellent isolant, la paille suscite un regain d'intérêt notamment de la part du secteur du bâtiment dans l'obligation de s'adapter face à l'enjeu climatique et environnemental. Gros plan sur une filière en pleine construction qui cherche des producteurs !**

Longtemps tombée dans l'oubli, la construction paille refait son apparition dans les années 80 et ne cesse de se développer. Maisons individuelles ou bâtiments publics, elle s'ajuste à toute sorte de projets.

### Le contexte environnemental

Le secteur du bâtiment français représente 43 % de l'énergie consommée et 25 % de gaz à effets de serre produits. La réglementation environnementale du bâtiment (RE2021) prendra en compte ces données et contraindra les constructeurs à diminuer leurs impacts.

Avec un bilan environnemental irréprochable, la construction en bottes de paille répond à cet enjeu de taille. En effet, c'est un matériau local, non transformé, qui stocke du carbone lors de sa croissance.

De plus, la paille est un très bon isolant qui permet la construction de bâtiments passifs. Et contrairement aux idées reçues, elle résiste très bien au feu et les rongeurs ne s'y intéressent pas. Tous ces éléments expliquent l'intérêt croissant porté à la construction paille, en particulier pour des bâtiments publics tels que l'école de Quistinic, la crèche de Saint-Nolff, le collège de Perros-Guirec et le conservatoire botanique de Brest.

### Concurrence avec les autres usages agricoles ?

La construction d'une maison de taille moyenne demande environ 500 bottes, soit

### Le saviez-vous ?

La construction en paille est née à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle aux États-Unis, à la suite de l'apparition des botteleuses agricoles. En France, la première maison isolée en paille a été construite en 1920 à Montargis (45). Cette maison centenaire existe toujours. Elle est le siège du Centre National de la Construction Paille.



> L'école du Quistinic construite en paille. Un très bon isolant qui permet la construction de bâtiments passifs. Et contrairement aux idées reçues, elle résiste très bien au feu et les rongeurs ne s'y intéressent pas.

7 tonnes de paille. En 2020, dans le Morbihan, il en a été utilisé environ 70 tonnes (soit la production de 25 ha). Donc, même si le besoin est en forte croissance, l'utilisation de la paille dans le bâtiment ne privera pas les entreprises agricoles de leurs ressources.

### Une filière de construction bien organisée

Les règles professionnelles de la construction paille, éditées en 2011 par le RFCP (Réseau Français de la Construction Paille), encadrent les techniques afin d'en permettre l'assurabilité.



Ces règles ont été mises en place pour de la paille de blé pure (pas de mélanges céréalières). Cependant, dans l'usage, il est accepté des pailles très proches : triticale, seigle et épeautre. La paille d'orge est exclue.

### Un groupe de travail agriculteurs - constructeurs

La filière est bien organisée au niveau de la construction mais pas encore au niveau de la production de bottes de paille en Morbihan. En effet, la majorité de la paille utilisée pour les bâtiments morbihannais vient de Vendée. La filière souhaite s'organiser avec les producteurs locaux, qui pourraient bénéficier de la plus-value. Le collectif paille Armoricaïn a donc sollicité la chambre d'agriculture. Un groupe de travail sur la production de bottes de construction s'est alors constitué, en partenariat, avec des agriculteurs intéressés.

Compte tenu de la demande en forte expansion, nous voulons étoffer ce groupe pour assurer la production des bottes de pailles nécessaires à la construction. Nous recherchons des surfaces en céréales (blé, triticale, seigle ou épeautre... pas de mélanges céréalières ni orge) dès la moisson 2021. Nous privilégions des agriculteurs bio ou en conversion (voire dans une démarche de réduction des intrants).

Si vous êtes intéressés, n'hésitez pas à nous contacter, même si vous n'avez pas le matériel adapté.

	<b>Céline Bohers,</b> collectif paille Armoricaïn
	<b>Clarisse Boisselier</b> chambre d'agriculture

### CONTACTS

- Céline Bohers, animatrice de la filière Construction Paille en Bretagne et Pays-de-la-Loire [collectifpaillearmoricaïn@gmail.com](mailto:collectifpaillearmoricaïn@gmail.com)  
09 64 40 84 41
- Clarisse Boisselier, conseiller cultures bio est 56 [clarisse.boisselier@bretagne.chambagri.fr](mailto:clarisse.boisselier@bretagne.chambagri.fr)  
ou 06 30 98 19 24
- Caroline Cocoual, conseiller cultures bio ouest 56, [caroline.cocoual@bretagne.chambagri.fr](mailto:caroline.cocoual@bretagne.chambagri.fr) ou 06 32 42 62 15

## Annexe 7 : Travail sur le prix de la botte de paille

## Prix de revient de la botte de paille de construction (HT)

pour 1 ha, soit 3 tonnes, soit 187 bottes de 16 kg

*Sans stockage, ramassage manuel*

	Bottes	€/botte	€
<b>Pressage</b>	187	1	<b>187</b>
<b>Récolte</b>			
Main d'œuvre	h	€/h	€
Ramassage	3,5	25	87,5
	h	€/h	€
Tracteur - remorque	1,5	15	22,5
<b>Total Récolte</b>			<b>110</b>
	T	€/T	€
<b>Matière 1ère</b>	3	70	<b>210</b>
	Tonne	€/tonne	€
<b>Rémunération producteur</b>	3	20	<b>60</b>
<b>Coût total / ha</b>			<b>567</b>
<b>Prix / botte</b>			<b>3,03</b>
<b>Prix / tonne</b>			<b>189,00</b>
<b>Prix au m<sup>2</sup></b>	<b>une botte = 0,38</b>		<b>7,98</b>

*Avec stockage, ramassage mécanisé*

	Bottes	€/botte	€
<b>Pressage</b>	187	1	<b>187</b>
<b>Récolte</b>			
	Bottes	€/botte	€
Groupeur par entreprise	187	1	187
Main d'œuvre	h	€/h	€
Ramassage	1,5	25	37,5
Stockage	0,75	25	18,75
Destockage	0,75	25	18,75
	h	€/h	€
Tracteur - remorque	3	15	45
<b>Total Récolte</b>			<b>262</b>
	T	€/T	€
<b>Matière 1ère</b>	3	70	<b>210</b>
	Tonne	€/tonne	€
<b>Rémunération producteur</b>	3	20	<b>60</b>
<b>Coût total / ha</b>			<b>719</b>
<b>Prix / botte</b>			<b>3,84</b>
<b>Prix / tonne</b>			<b>239,67</b>
<b>Prix au m<sup>2</sup></b>	<b>une botte = 0,38</b>		<b>10,12</b>

Sans stockage, ramassage mécanisé

	Bottes	€/botte	€
<b>Pressage</b>	187	1	<b>187</b>
<b>Récolte</b>			
	Bottes	€/botte	€
Groupeur par entreprise	187	1	187
Main d'œuvre	h	€/h	€
Ramassage	1,5	25	37,5
	h	€/h	€
Tracteur - remorque	1,5	15	22,5
<b>Total Récolte</b>			<b>247</b>
	T	€/T	€
<b>Matière 1ère</b>	3	70	<b>210</b>
	Tonne	€/tonne	€
<b>Rémunération producteur</b>	3	20	<b>60</b>

<b>Coût total / ha</b>	<b>704</b>
<b>Prix / botte</b>	<b>3,76</b>
<b>Prix / tonne</b>	<b>234,67</b>
<b>Prix au m<sup>2</sup></b>	<b>une botte = 0,38</b>