SCALE UP
community-driven
bioeconomy development

Projet européen SCALE-UP

Etude sur la disponibilité en biomasse pour la construction biosourcée sur l'Arc Atlantique

Février 2024

Sylvie GUILLO et Jean-Luc LAFARGUE

Ce projet est financé par le programme de recherche et d'innovation Horizon Europe de l'Union européenne, dans le cadre de la convention de subvention N°101060264.

Table des matières

Disponibilité en biomasse sur l'Arc Atlantique français 3
1. Introduction 3
1.1 Le territoire 3
1.2 Périmètre de l'étude 5
1.3 Démarche et méthode de l'étude 5
1.4 Contexte du secteur des matériaux biosourcés 5
2. La disponibilité en biomasse 7
2.1 Disponibilité de la paille 7
2.2 Disponibilité du chanvre 11
2.3 Disponibilité du miscanthus 15
2.4 Disponibilité du lin 20
3. Besoins en nutriments des biomasses 24
3.1 Besoins en nutriments pour la paille 24
3.2 Besoin en nutriments pour le chanvre 26
3.3 Besoins en nutriments pour le miscanthus 27
3.4 Besoin en nutriments pour le lin 28
4. Les atouts des matériaux biosourcés 29
4.1 Les atouts de la paille pour la construction 29
4.2 Les atouts du chanvre dans la construction 31
4.3 Les propriétés du miscanthus dans la construction 32
4.4 L'usage du lin dans la construction 33
5. Usages et perspectives des matériaux biosourcés pour la construction 34
6. Conclusions et recommandations 43
6.1 Conclusions 43
6.2 Préconisations 45

Synthèse 48

Références 49

Bibliographie 49

Disponibilité en biomasse sur l'Arc Atlantique français

1. Introduction

1.1 Le territoire

Le territoire d'étude du projet SCALE-UP est situé à l'ouest de la France. Il est constitué de quatre régions françaises : Bretagne, Normandie, Pays de la Loire, et Nouvelle Aquitaine.

Ce territoire est le champ des nombreuses actions de l'Association des chambres d'agriculture de l'arc atlantique (AC3A) suite à la démarche des 27 chambres d'agriculture qui en 1993 se sont mobilisées pour constituer cette association.

Les chambres d'agriculture avaient la volonté de travailler sur les problématiques agricoles communes sur cet espace géographique, au niveau européen.

Désormais ce sont quatre chambres régionales d'agriculture – une par région administrative - qui sont impliquées dans le projet SCALE-UP.

L'agriculture sur la façade atlantique (Bretagne, Normandie, Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire) s'étend sur une surface de 89 656 km². Elle a de nombreuses caractéristiques communes : l'influence du climat océanique et la proximité de la mer ont façonné la typologie d'exploitations plutôt liées à l'élevage bovin notamment du fait de la présence importante de zones de bocage et de marais.

Ce sont aussi des régions confrontées à une pression démographique forte liée à la proximité avec le littoral atlantique et la Manche.

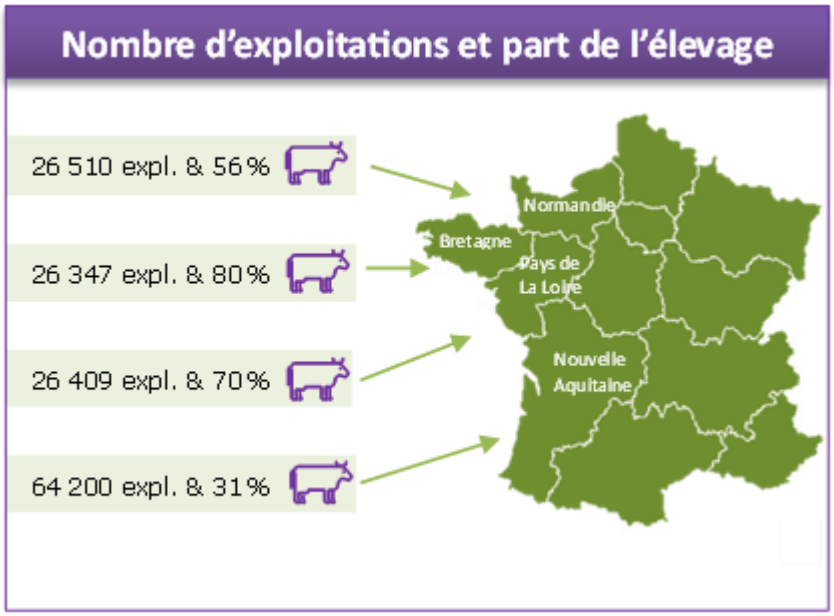
Les enjeux environnementaux sont aussi essentiels. Ces régions sont pleinement touchées par les impacts du changement climatique avec un réchauffement des températures et la diminution de la ressource en eau qui jusque-là épargnaient ces régions plutôt à forte pluviométrie.

L'agriculture présentée en quelques chiffres clés (RGA 2020)[1] :

- 144 000 exploitations et 187 000 exploitants agricoles.
- Dominante élevage : plus de 2/3 des exploitations sont à dominante d'élevage.
- Les Grandes cultures représentent entre 32 et 39 % de la Surface Agricole. Mais ces surfaces sont en croissance continue.

Nombre exploitations, part de l'élevage et surfaces sur l'Arc Atlantique *- source RGA 2020 & RPG 2022*

REGION	Nombre d'exploitations	% d'exploitations en élevage bovins	SAU 2022
Bretagne	26 347	80%	1 616 796 ha
Nouvelle Aquitaine	64 200	31%	3 927 673 ha
Normandie	26 510	56%	1 940 908 ha
Pays de la Loire	26 409	70%	2 072 124 ha



Source : RGA 2020

L'orientation agricole de ces régions change et évolue vers une diminution progressive de l'élevage : les raisons principales du désengagement des exploitants vis-à-vis de l'élevage sont des contraintes en temps de travail et la forte pénibilité de travail, combinées à des prix de vente de la viande non rémunérateurs. À cela s'ajoute la baisse de la consommation de viande préconisée par le GIEC pour faire face au changement climatique, qui va inciter les éleveurs à abandonner leur production animale pour se consacrer aux productions végétales.

Ce contexte est favorable au développement des plantes à fibres sur ces régions. D'autant plus que ces cultures présentent des avantages importants d'adaptation aux changements climatiques à venir. Cette question sera abordée dans les prochains chapitres.

[1] Source RGA 2020

1.2 Périmètre de l'étude

Nous avons choisi de nous focaliser sur le développement de quatre plantes à fibre en lien avec les ressources disponibles sur les territoires ruraux dans l'Arc Atlantique :

- la paille
- le chanvre
- le miscanthus
- le lin

Ces plantes ont des usages premiers comme l'élevage, l'alimentation humaine ou l'alimentation animale, mais les utilisations se diversifient notamment pour des vocations industrielles (chimie, textile, construction). Suite aux échanges avec les acteurs des filières plantes à fibre, nous avons choisi de travailler sur l'usage de ces plantes comme matériaux de construction biosourcés, qui est un enjeu majeur de la décarbonisation du secteur de la construction.

1.3 Démarche et méthode de l'étude

Le travail réalisé dans le cadre de cette étude de la biomasse disponible, est issu d'une part d'une bibliographie[2] foisonnante sur le sujet : rapports mais aussi articles qui témoignent de l'intérêt grandissant porté par le marché sur les matériaux biosourcés. D'autre part, nous avons également rencontré et échangé avec plusieurs parties prenantes : France AgriMer - le service de statistiques et le département bioéconomie. Nous avons d'ailleurs présenté notre travail au groupe national des produits biosourcés, qui nous a également fourni des références.

Nous avons également travaillé avec les responsables des services Economie & prospective des quatre chambres d'agriculture de l'Arc Atlantique et nous avons sollicité nos collègues agronomes et référents bioécomomie à la Chambre d'agriculture de Normandie et de Chambres d'agriculture France.

Nous avons également rencontré des acteurs de la filière biosourcée : Collectif Paille Armoricain, FB² (Fédération bretonne des filières biosourcées), ODEYS, ARPE (Association Régionale de Promotion de l'Ecoconstruction en Normandie), Cerema, Collectif Biosourcé Pays de la Loire et le Syndicat des artisans du bâtiment (CAPEB), USH (Union sociale pour l'habitat), France Miscanthus, et des entreprises : Agrochanvre, CAVAC, ISOL'EN PAILLE, COPANO.

Toutes ces personnes nous ont fourni des chiffres, des références mais aussi leurs réflexions et perceptions de ce marché à venir. Nous tenons tous les remercier de leur disponibilité.

1.4 Contexte du secteur des matériaux biosourcés

Les matériaux biosourcés sont issus entièrement ou partiellement de la matière organique renouvelable (biomasse)[3]. La nature de ces matériaux biosourcés est multiple : bois, ouate de cellulose, textiles recyclés, balles de céréales, liège, chaume, herbe de prairie, etc.

Ces fibres peuvent être utilisées comme matière première dans les matériaux de construction biosourcés en part plus ou moins importante. La norme définissant les biosourcés n'indique pas de teneur minimale en matière première issue de la biomasse dans le matériau final.

[2] Voir bibliographie et personnes rencontrées en fin de rapport

[3] Norme de terminologie NF-EN 16575 d'octobre 2014 : « *Les matériaux biosourcés sont les matériaux issus entièrement ou partiellement du vivant de la biomasse tel que le bois, le chanvre, le colza, le miscanthus, la paille, les anas de lin, entre autres* ».

En 2018 avec la loi ELAN[4], l'Etat français favorise les matériaux biosourcés en préconisant clairement le recours aux matériaux renouvelables et en inscrivant la performance environnementale comme l'une des problématiques principales pour les bâtiments.

En effet, le secteur du bâtiment représente 30% de émissions de CO_2 de la France (environ 25% en consommation d'énergie et 5 % pour les produits de construction/rénovation), en prenant en compte la fabrication des matériaux, la construction et l'habitation[5].

De cette loi ELAN, a découlé une réglementation environnementale des bâtiments neufs appelée « RE2020 ». La RE2020 a 3 objectifs : la sobriété énergétique, mais aussi une diminution de l'impact carbone et le confort d'été.

Elle rend obligatoire le calcul de l'impact carbone de tout bâtiment neuf depuis le 1er janvier 2022 et aux constructions et extensions de petites surfaces depuis le 1er janvier 2023. L'analyse du cycle de vie sur 50 ans, comme indicateur de stockage carbone, devient un élément central dans la construction neuve, mais aussi la rénovation. Cet indicateur ne doit pas dépasser une valeur seuil donnée, différente pour l'habitat individuel et pour l'habitat collectif, qui va baisser progressivement au cours des prochaines années pour être de plus en plus restrictif.

Actuellement, l'analyse du cycle de vie des bâtiments issus de l'expérimentation E+/C-[6], montrent que 70%[7] des gaz à effet de serre proviennent des matériaux de construction et de ses équipements. Pour réduire l'empreinte carbone du secteur, il faut donc absolument limiter les émissions liées à ces matériaux.

Ainsi, pour la première fois, la réglementation fixe un seuil maximal d'impact sur le changement climatique pour les consommations d'énergie et pour la construction (composants du bâtiment et chantier de construction).

Les matériaux biosourcés sont conçus à partir de matières premières renouvelables et issues de biomasse végétale ou animale (bois, lin, chanvre, paille, laine de mouton…). Ils permettent de capter le carbone à la construction, mais aussi durant toute la durée de vie du bâtiment. C'est pourquoi, ils vont devenir des incontournables pour le secteur de la construction et mais aussi de la rénovation - secteurs qui doivent s'adapter à ces nouvelles règles.

Par ailleurs, le secteur du bâtiment travaille aussi sur le réemploi qui devient obligatoire dans le cadre de la REP (Responsabilité Elargie du Producteur) bâtiment, entrée en vigueur en 2023 (loi n°2020-105 du 10/02/20 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire). Les déchets du bâtiment représentent 46 millions de tonnes chaque année en France selon la fédération française du bâtiment.

[4] Loi ELAN : Evolution du Logement, de l'Aménagement et du Numérique

[5] Source : Hélène Lenormand, « *Faire pousser des isolants thermiques : un panorama des matériaux disponibles en France* », 2022.

[6] L'expérimentation E+/C- est un outil qui a été utilisé pour calculer le bilan énergétique d'un bâtiment et d'évaluer ses émissions de gaz à effet de serre tout au long de son cycle de vie. Cette expérimentation qui a été lancée en 2017, a servi de réflexion à la RE2020. https://www.cerema.fr/fr/actualites/batiment-cerema-experimentation-e-c-energie-carbone. Cette expérimentation est devenue un label E+/C-.

[7] Source Cerema : https://publications.cerema.fr/webdcdc/pti-essentiel/impact-carbone-batiment/

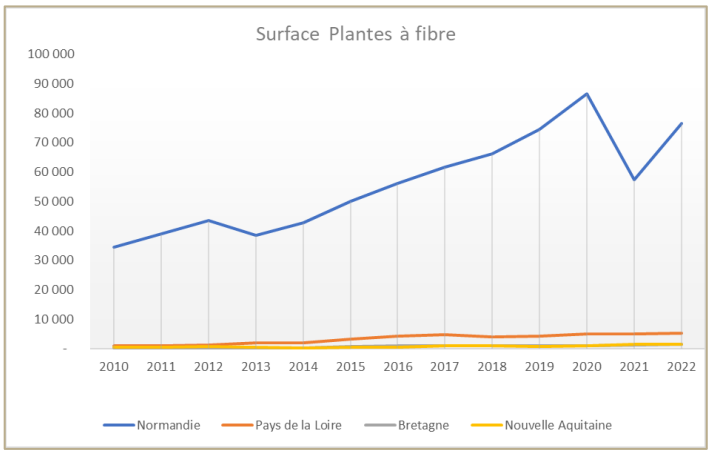
2. La disponibilité en biomasse

Les dernières données disponibles des surfaces implantées en plantes à fibres (lin, chanvre, miscanthus) montrent des implantations variables d'une région à l'autre de l'Ouest. Ces données issues des déclarations PAC montrent une tendance globale favorable sur les 12 dernières années.

Surfaces implantées en plantes à fibres en ha				
Région	**2010**	**2020**	**2022**	**Tendance sur 12 ans**
Pays de la Loire	1019 ha	5 003 ha	5159 ha	↗
Nouvelle Aquitaine	535 ha	1052 ha	1 558 ha	↗
Normandie	34 367 ha	86 499 ha	76 483 ha	↗
Bretagne	191 ha	882 ha	1 500 ha	↗
Total	**36 111 ha**	**93 435 ha**	**84 700 ha**	↗

L'accroissement des surfaces est important de **+ 57 %** en 12 ans notamment grâce à la région Normandie et à la progression de la demande en lin textile.

Les derniers chiffres du RPG 2022 montrent que cet accroissement se poursuit sur l'ensemble de l'Arc Atlantique de manière constante sous l'influence des acteurs du territoire. La Nouvelle Aquitaine, malgré sa taille (12 départements - la plus grande région de France) est plus en retrait sur ces cultures.



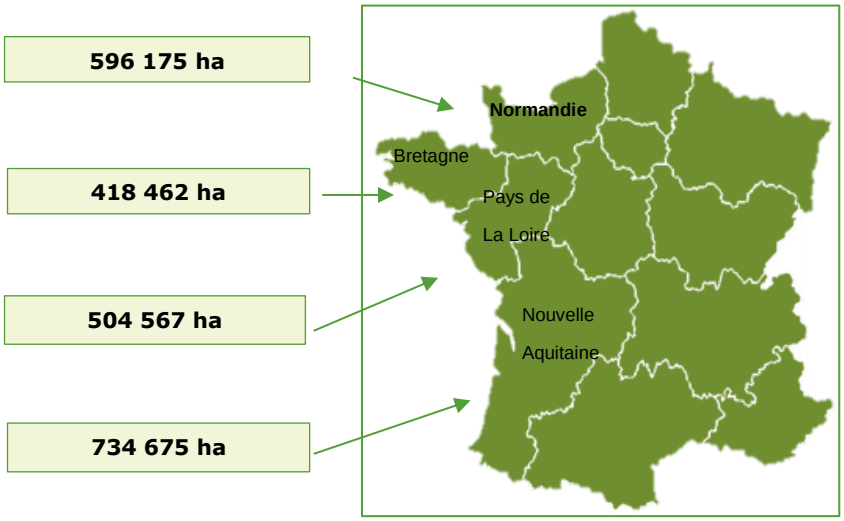
2.1 Disponibilité de la paille

La paille est un résidu issu de la récolte de céréales dont la vocation est l'alimentation animale ou l'alimentation humaine (pain, pâte...). Il existe plusieurs types de céréales mais le blé est la culture la plus répandue sur le territoire du Grand Ouest et pour l'instant elle est la seule décrite dans les règles professionnelles de la construction en paille.

Pour évaluer la biomasse disponible, nous sommes partis sur les surfaces implantées en céréales déclarées à la PAC. Nous avons fait le choix de travailler sur une moyenne sur quatre années (2018/ 2019/ 2020/ 2021) pour éviter les variations de récolte dues aux conditions météorologiques qui influent sur les récoltes, mais aussi beaucoup sur les surfaces emblavées au départ.

La Nouvelle Aquitaine est sans surprise la région la plus productrice de céréales du fait de sa taille.

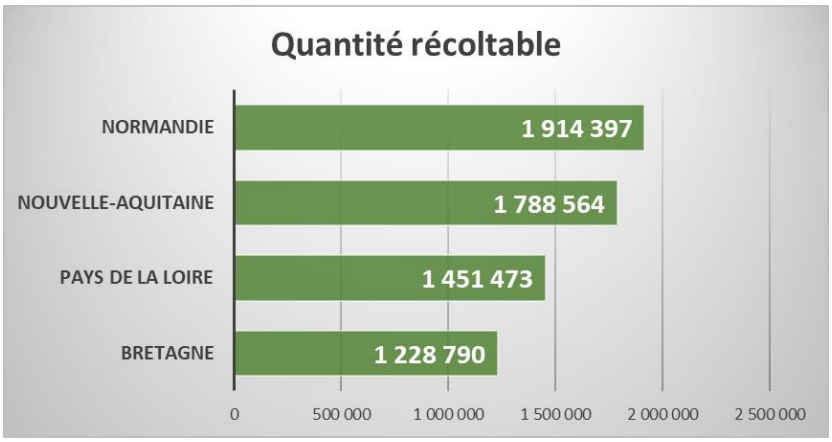
Carte des surfaces en céréales en moyenne sur 4 ans



A partir des surfaces, il s'agit d'évaluer les quantités de pailles produites et ensuite leurs usages. En utilisant les données de FranceAgriMer, il est possible d'établir les quantités de paille récoltée[8] sur la région Grand Ouest.

La Normandie est la région la plus productrice de paille (rendement théorique moyen sur 4 ans). Les rendements en paille y sont meilleurs.

[8] Quantités exportées du champ. Sont exclues dans ce tableau, les quantités de paille non récoltées restant au sol. Ce retour au sol est utilisé comme engrais pour améliorer la qualité agronomique des sols.

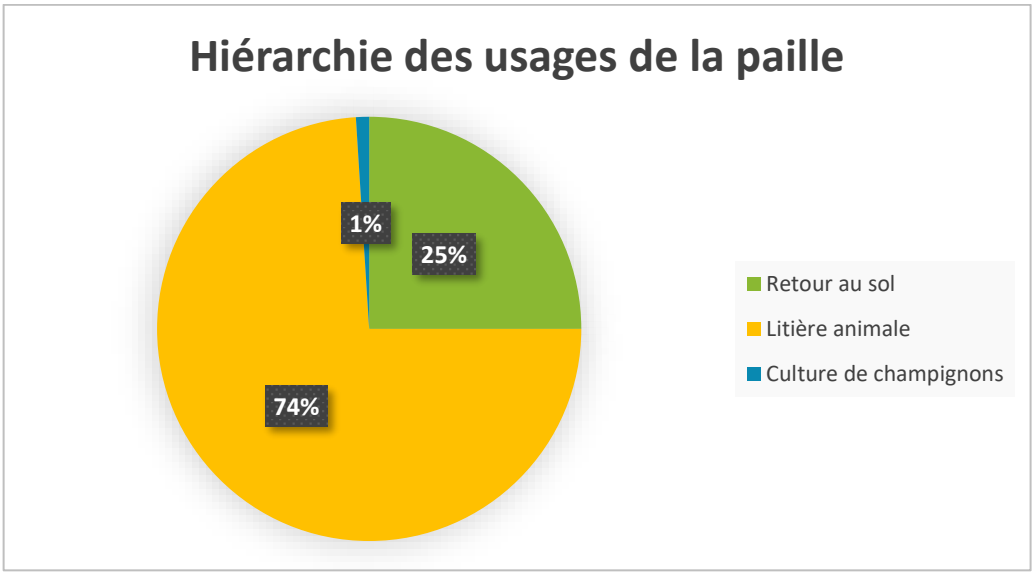


Source : FranceAgriMer – quantité moyenne sur 4 ans (2018/2021)

Près de ***6.383 millions de tonnes*** paille sont récoltées sur la région de l'Arc Atlantique. Le premier usage de ce *co-produit* est l'élevage comme litière animale. Certains exploitants laissent la paille sur place après la récolte du blé. Cette pratique n'est pas quantifiée réellement et est très variable selon les régions : terre d'élevage ou de grandes cultures – certains exploitants considérant même cette pratique comme du "gaspillage".

Cette estimation théorique permet néanmoins à France AgriMer d'approcher et de quantifier l'usage de la paille comme apport agronomique des sols.

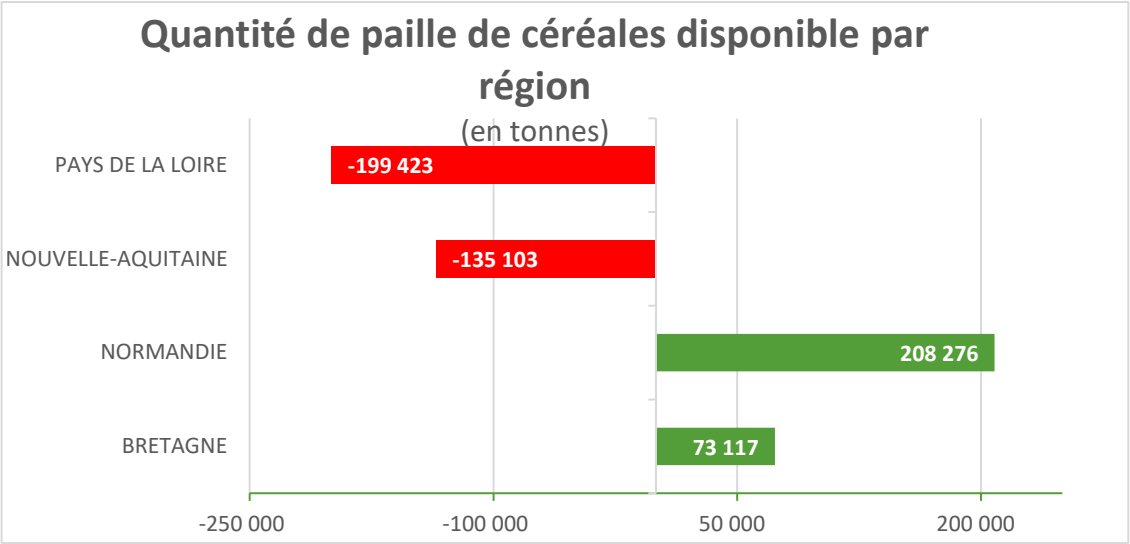
Dans certaines régions, la paille est utilisée pour la production de champignons, notamment en Pays de la Loire, une des régions où se situe la plus grosse production de champignons de couche.



Source : France AgriMer – moyenne sur 4 ans – Usages sur l'Arc Atlantique

Après les usages habituels de la paille, on constate que la disponibilité de la paille est variable d'une région à l'autre. Cela dépend des volumes de production et de l'utilisation locale qui en est faite. En Nouvelle Aquitaine ou Pays de la Loire par exemple, les céréales à paille dont le blé, sont utilisées pour l'élevage très présent dans ces territoires.

Les déficits en paille sont compensés par des flux de paille entre régions de France, voire par des importations de pays limitrophes. Ainsi, certains départements déficitaires de Nouvelle Aquitaine notamment, sont contraints d'importer de la paille d'Espagne. Ces flux import/export ne sont pas quantifiés en termes de volume.



Source : France Agri Mer – moyenne sur 4 ans

Les quantités disponibles de paille ne sont pas corrélées au nombre de bovins présents dans la région, comme le montre le tableau ci-dessous.

	NOUVELLE-AQUITAINE	PAYS DE LA LOIRE	BRETAGNE	NORMANDIE
Cheptel (en UGB)[9]	3 002 934	3 544 500	5 129 166	2 350 000

Source : RGA 2020

La Bretagne est la région qui compte le plus fort cheptel en équivalent UGB suivie par les Pays de la Loire. Cependant, la Bretagne est excédentaire en paille de même que la Normandie.

Plusieurs raisons expliquent cette situation. La Bretagne comme la Normandie ont un cheptel majoritairement constitué de bovins lait. Or, les élevages laitiers sont proportionnellement moins consommateurs de paille. Ils ont réalisé leur mise aux normes environnementales en optant pour des systèmes lisiers plutôt que des aires paillées.

A l'inverse les élevages de bovins viande – plus présents en Pays de la Loire et Nouvelle Aquitaine, restent davantage sur aires paillées. Par ailleurs, le recours au pâturage est pratiqué sur une durée plus longue en Normandie et en Bretagne du fait des conditions météorologiques plus favorables à la pousse de l'herbe notamment l'été.

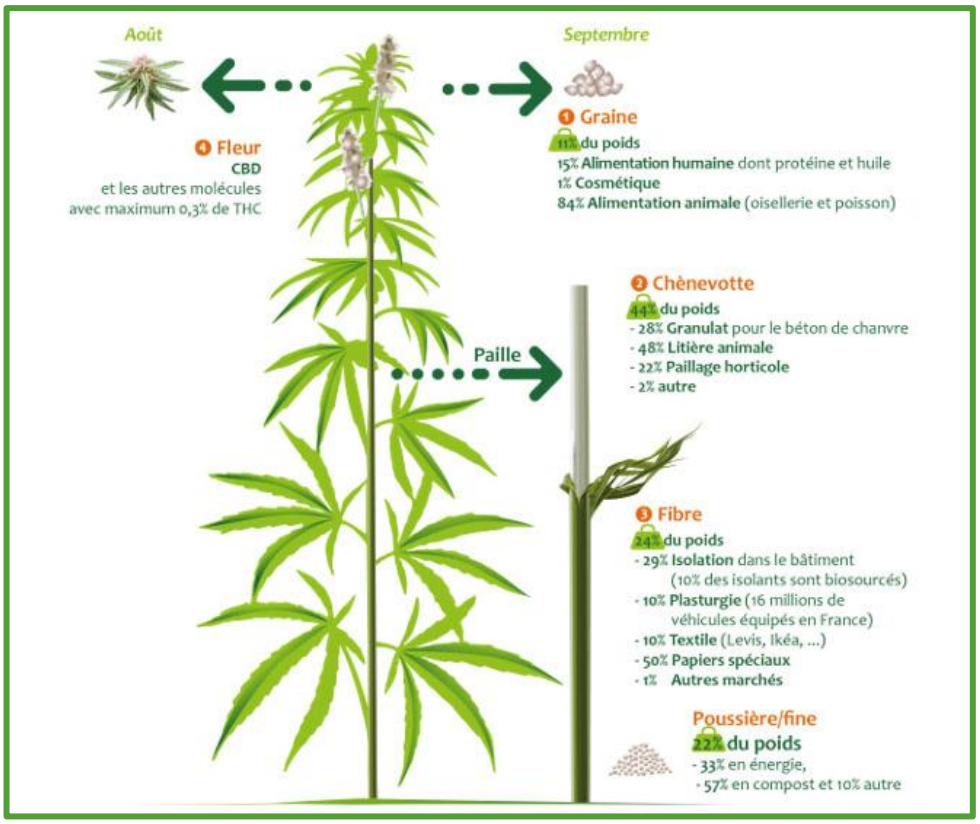
Les autres cheptels élevés en bâtiments (volaille, porcs) sont très présents en Bretagne - elle se place au premier rang des régions pour les cheptels porcins (56 % du cheptel français), et de volailles. Mais ces élevages sont soit sur caillebotis sans paille ou ils utilisent des volumes de paille plus faibles.

[9] Le cheptel comptabilise tous les animaux en équivalent UGB (Unité gros bovins) : bovins, porcs, volailles, caprins, ovins

2.2 Disponibilité du chanvre

Le chanvre agricole est une plante annuelle de la famille des cannabinacées. Seul le cannabis sativa sativa - de faible teneur en THC (< à 0.2 %) - est cultivé. Le chanvre est soumis à une réglementation stricte et seules les semences certifiées sont autorisées. L'utilisation de chanvre de ferme (issu de graines fermières) est strictement interdite au risque d'augmenter le taux de THC. Avant la récolte, des contrôles sur 30% des cultures sont réalisées pour vérifier le taux de THC.
Originaire d'Asie centrale, le chanvre est cultivé depuis 8 000 ans notamment pour sa fibre textile. Ses surfaces se sont considérablement réduites avec l'émergence de fibres concurrentes du coton et des fibres synthétiques au XXe siècle.
Cependant, depuis quelques années, avec le développement des usages du chanvre, la production repart.
En 2022, en France, les surfaces de chanvre ont été de 21 700 ha contre 12 000 ha en 2015.
Avec 50% des surfaces européenne, la France occupe une position de leader.

La rentabilité de la culture du chanvre est fortement liée à la capacité à valoriser l'ensemble des résidus de la plante même la poussière de chanvre. Il est donc nécessaire de bien en connaitre tous les usages pour appréhender la disponibilité de la matière.
Le chanvre a de multiples usages à la fois alimentaires et non-alimentaires comme en témoigne le schéma ci-dessous[10] : *source Interchanvre*



La graine de chanvre ou chènevis est utilisée pour l'alimentation animale en oisellerie et comme appât de pêche. Issue de la trituration du chènevis, l'huile de chanvre a une très grande qualité alimentaire (riche en oméga 3, en fibres et en protéines). L'huile est aussi utilisée dans les cosmétiques.
La tige du chanvre est composée de fibres qui "entourent" la chènevotte. Les fibres, obtenues par défibrage de la tige, sont utilisées dans de nombreux débouchés (papeterie haut de gamme, isolation, plastiques automobiles, profilés pour fenêtre, textile).

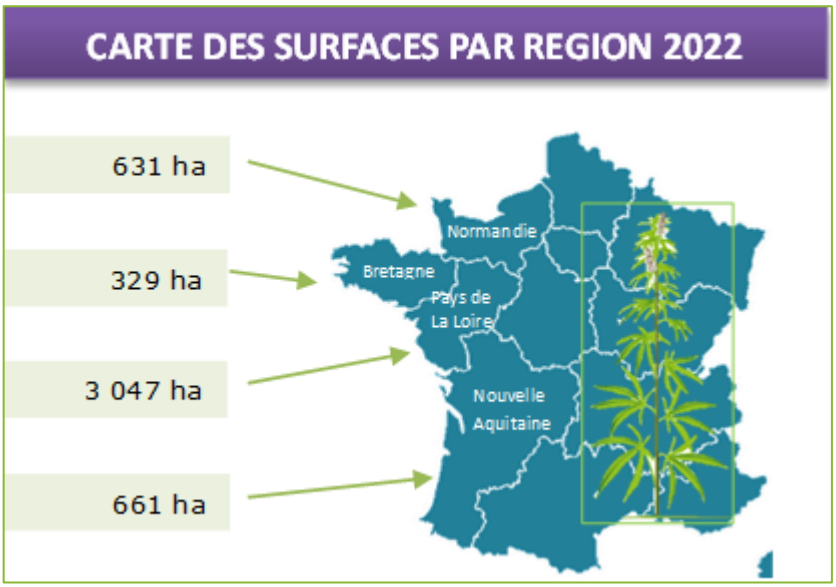
[10] Nous ne traiterons pas de la fleur de chanvre récoltée pour le CBD – cette filière étant très spécifique et hors de notre champ d'étude.

La chènevotte, qui correspond au bois de la plante, a des propriétés très absorbantes permettant de faire de la litière, du paillage. Elle est aussi utilisée dans la construction et fait un bon compost en fin de vie.

La poussière ou fine a un fort pouvoir absorbant et une richesse en carbone. Elle est utilisée comme amendement organique ou litière pour les bovins. Après compression, elle sert de combustible dans les chaudières industrielles.

La production de surface en chanvre sur l'Arc Atlantique a été de **4 668 ha** en 2022.

Carte des surfaces implantées en Chanvre et déclarées à la PAC 2022 sur l'Arc Atlantique – *Source RPG 2022 – Chambre d'agriculture de Nouvelle Aquitaine*



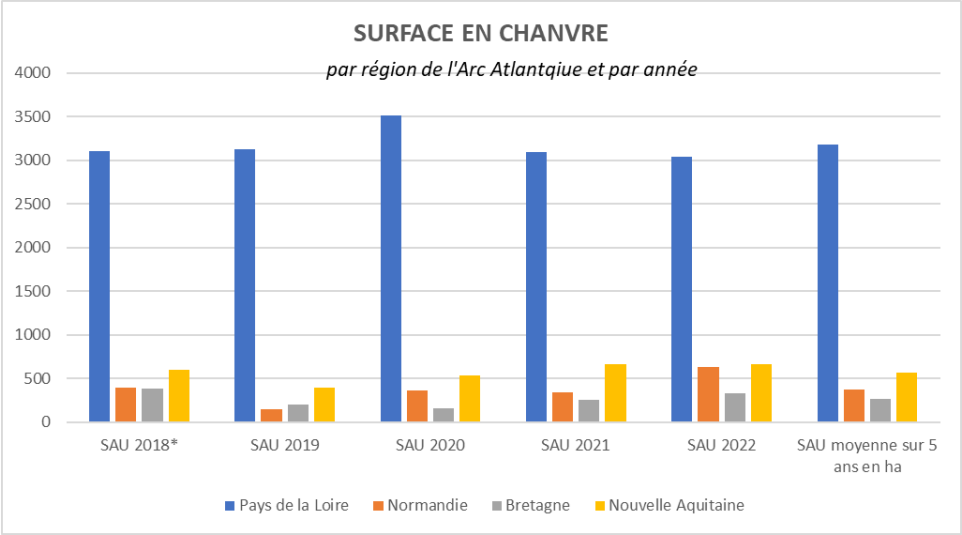
La région Pays de la Loire concentre le plus grand nombre d'hectares sur l'ouest de la France (65 % des surface du territoire étudié). Cette situation provient surtout du dynamisme des acteurs ligériens et notamment de la CAVAC, située en Vendée et impliquée depuis plus de 15 ans dans la production de chanvre et la fabrication de matériaux isolants biosourcés.

La coopérative HEMP IT de production de semences de chanvre implantée en Maine-et-Loire y contribue aussi, même si le chiffre des surfaces comptabilisées ne concerne ici que le chanvre fibre et non semence.
L'autre acteur du chanvre à dimension plus industrielle du territoire est Agrochanvre à Barenton, qui travaille avec les producteurs normands principalement.

Les autres acteurs, des associations de producteurs travaillent le chanvre en circuits courts.

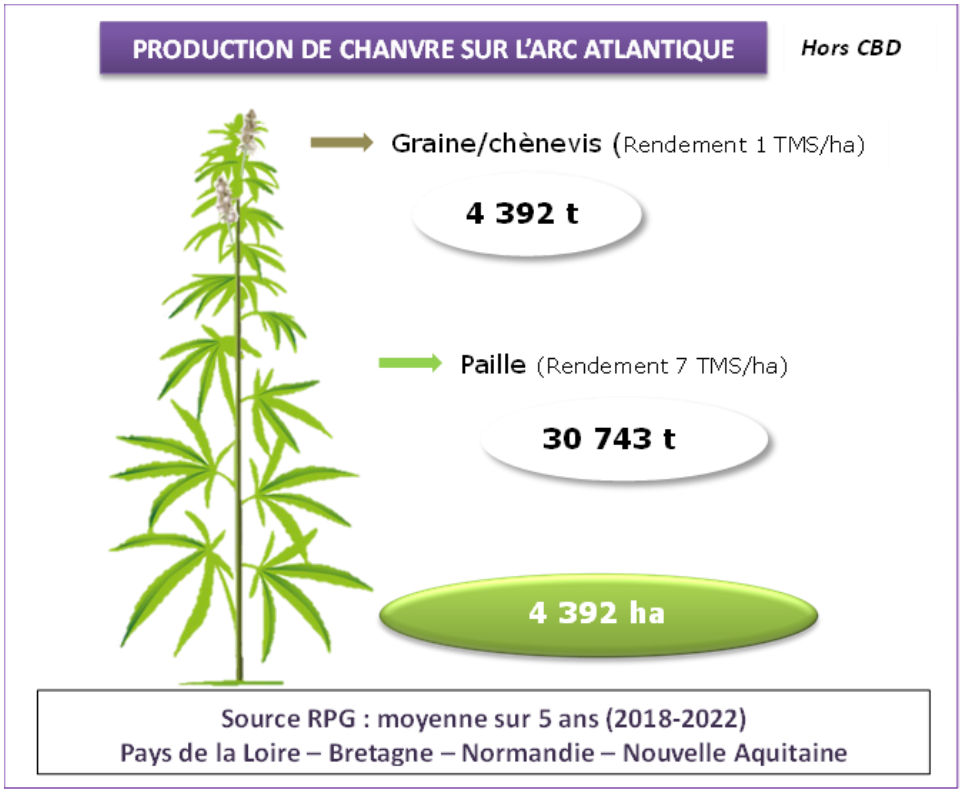
Source : Interchanvre

Répartition des surfaces implantées par région sur les 5 dernières années



Dans l'Arc Atlantique, nous avons évalué la production de chanvre en fonction des hectares de chanvres fibres déclarées à la PAC, à partir des rendements moyens : 1 TMS pour la graine et 7 TMS pour la paille. Pour éviter une variation des implantations, nous avons fait une moyenne sur les 5 dernières années - même si comme le montre le graphe ci-dessus, il n'y a pas eu de fortes variations d'implantation de surfaces sur cette période.

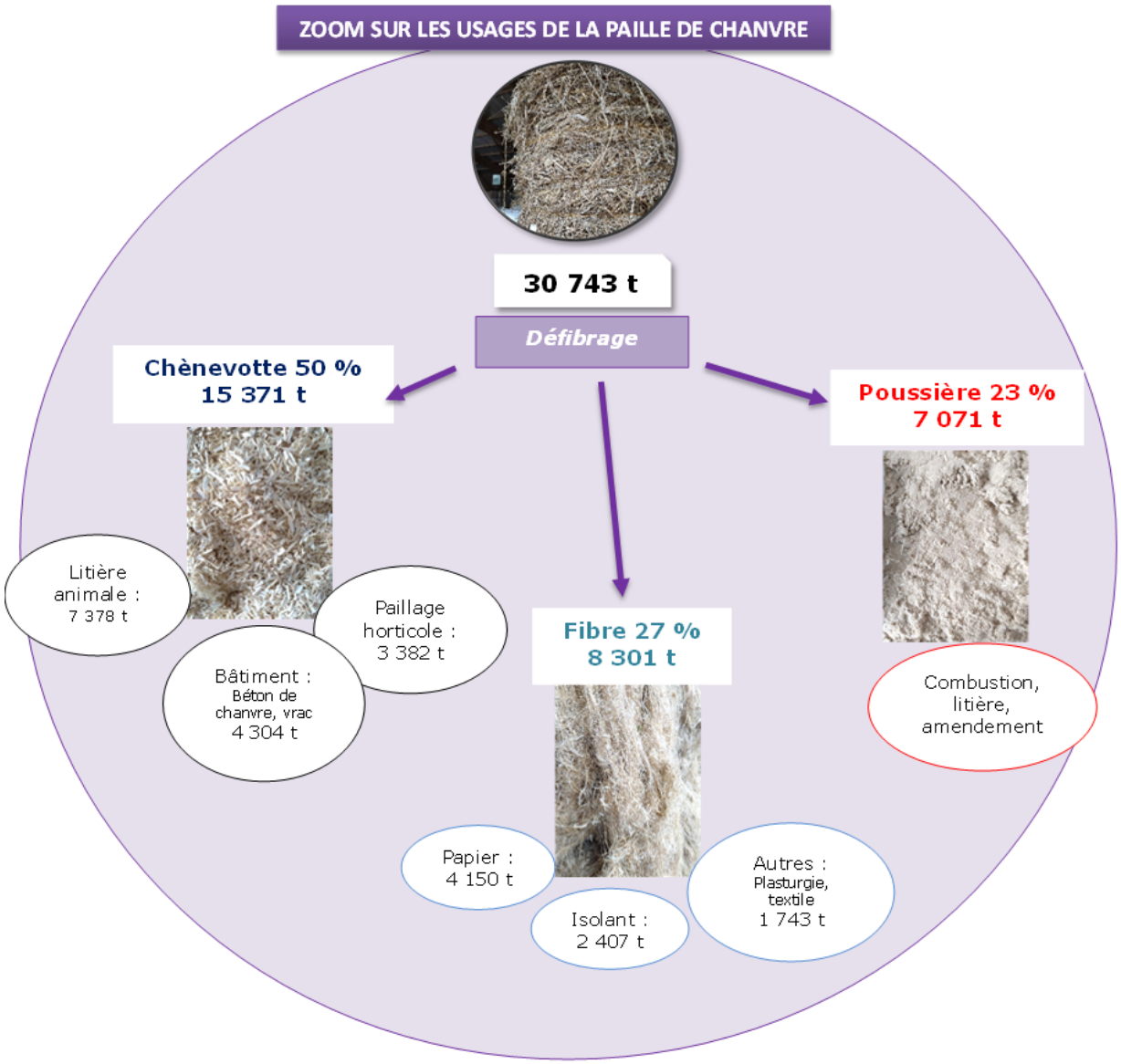
Schéma de la production théorique de Chanvre sur l'Arc Atlantique



Tirée par la demande en matériaux biosourcés notamment et le dynamisme des acteurs, la production de chanvre devrait s'accroitre dans les 3 prochaines années.

Les matériaux pour la construction à base de chanvre proviennent de la paille de chanvre. En se basant sur les données de FranceAgriMer, il a été possible d'estimer les volumes de production en 2022 et leurs différents débouchés pour l'Arc Atlantique.

Ainsi, on peut estimer que ***6 711 T de chanvre***, produites sur l'Arc Atlantique, ont été transformées pour le secteur de la construction, en béton de chanvre ou en isolant pour ***4 392 ha implantées***.



2.3 Disponibilité du miscanthus

Le miscanthus est une graminée rhizomateuse pérenne de type C4[11] contribuant à sa bonne productivité. Le *Miscanthus x giganteus*, seule espèce cultivée en France, est triploïde donc stérile, et son rhizome est non traçant. Ces deux caractéristiques assurent la non-invasivité de la plante.

Crédit photo : Chambre d'agriculture de Nouvelle Aquitaine

A partir de la 2ème année de culture, aucun entretien (désherbage, intrant) n'est nécessaire : ni désherbage, ni apport d'azote, ni traitement phytosanitaire.

Crédit photo : Chambre d'agriculture 28

Le miscanthus est une plante pérenne mise en place pour une durée d'au moins 20 ans.

Les chiffres de production du miscanthus[12] :

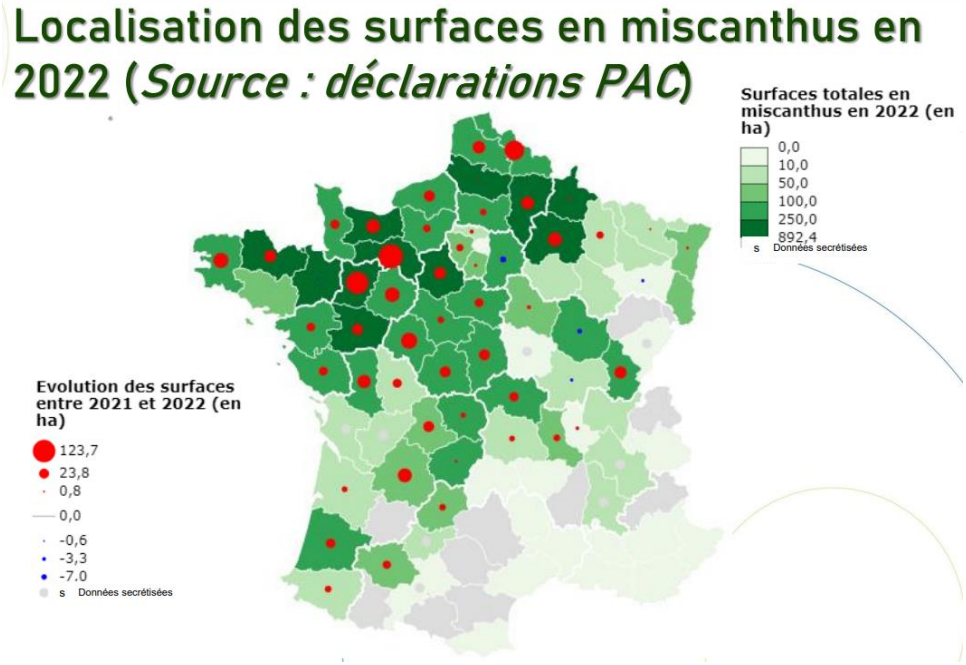
La production de miscanthus est émergeante en France. En 2022, 9 577 ha au total sont implantés dans le territoire national avec une hausse de 18% par an au cours des cinq dernières années.

L'évaluation de la biomasse disponible s'est faite grâce à plusieurs sources de données : France AgriMer, Déclarations PAC, Etude de l'association France Miscanthus[13].

[11] Elle dispose d'un métabolisme photosynthétique de type C4. Les plantes en C4 utilisent la voie de fixation du carbone en C4 pour augmenter leur efficacité photosynthétique en réduisant ou en supprimant la photorespiration

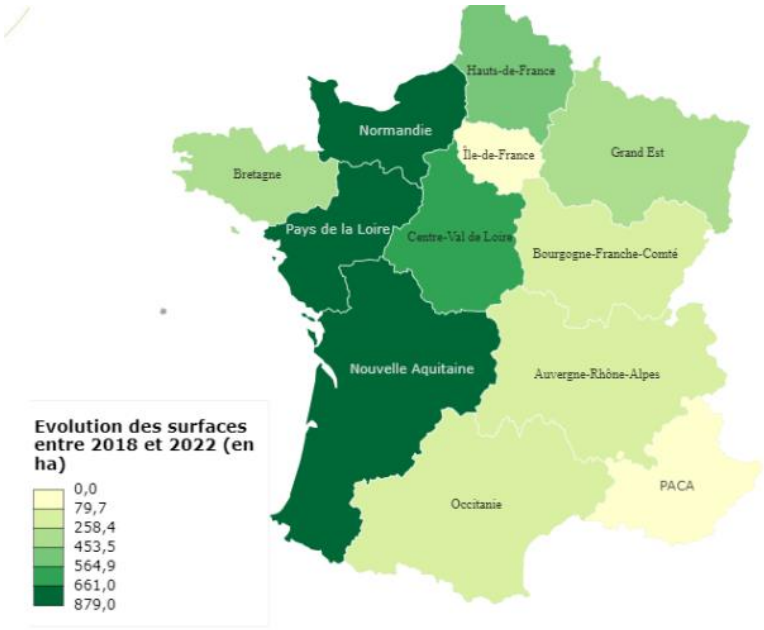
[12] La filière du miscanthus en France – France Miscanthus - Février 2023

[13] https://france-miscanthus.org/le-miscanthus-en-chiffres/



Source : France Miscanthus

Le nord-ouest de la France concentre la majorité des surfaces plantées selon les sources de 2022.



Source : France Miscanthus

La région atlantique est le territoire dans lequel les surfaces en miscanthus ont le plus augmenté entre 2018 et 2022 en particulier en Pays de la Loire, Normandie et Nouvelle Aquitaine.

Cette production est en forte croissance ces dernières années.

Compte tenu de la superficie de 6 440 hectares en 2019 et des rendements moyens de 12,73 tonnes de matière sèche par hectare en phase de croisière à partir de la 4ème année d'âge (moindre les années précédentes), on estime la production française à 57 440 tonnes en 2019.

Des projections ont également été faites sur les années 2020 à 2023, sur la base des surfaces historiques et nouvellement implantées, et dans l'hypothèse d'un maintien du rendement ''croisière'' moyen à 12,7 tonnes/ha. La situation sanitaire et le ralentissement de l'activité lié au coronavirus au printemps 2020 ont freiné le développement en 2020.

La production devrait donc progresser, mais un peu moins vite que prévu, pour s'établir à 79 000 tonnes en 2022, voire 88 000 tonnes en 2023.

La région de l'Arc Atlantique a en surface déclarée à la PAC en 2022 ***4 868 ha*** soit 50 % de la surface nationale. Elle est en croissance sur ce territoire :

Evolution des surfaces en miscanthus entre 2018 et 2022 sur l'Arc Atlantique :

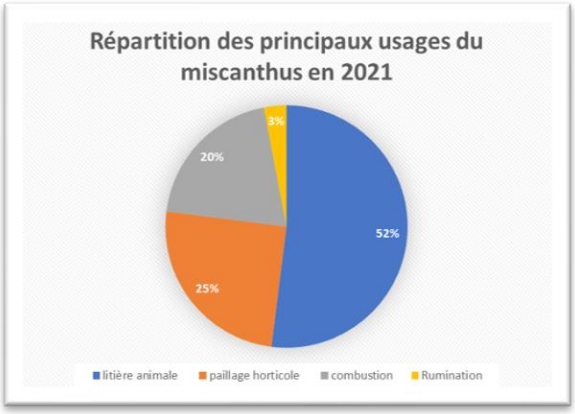
Régions	Surface en ha (2022)[14]	Progression
Nouvelle Aquitaine	882 ha	+ 666 ha
Pays de Loire	1 812 ha	+ 883 ha
Normandie	1 259 ha	+ 676 ha
Bretagne	914 ha	+ 334 ha

On estime à ***36 661 T*** de miscanthus produits en Arc Atlantique sur la base d'un rendement croisière (à partir de 4 ans d'implantation) de 12.7 T/ha en 2022.

Les usages du miscanthus[15] :

La filière du miscanthus est encore jeune et compte peu d'acteurs traitant des volumes importants. La plupart de ces acteurs sont regroupés au sein de l'association France Miscanthus.

Les utilisations du miscanthus sont nombreuses et diversifiées. Au-delà des usages « classiques » tel que le paillage, la litière, le chauffage ou la rumination bovine, on trouve des débouchés plus novateurs comme les bioplastiques ou l'écoconstruction, encore peu développés. Les débouchés ont évolué depuis 2014 selon l'étude de France AgriMer, conduite par AgrexConsulting. La litière animale est devenue le 1er usage du miscanthus (52%), suivi du paillage horticole (25%) et de la combustion (20 %). L'alimentation bovine émarge avec 3 % des débouchés.



[14] Source : RPG 2022

[15] Étude sur la formation des prix dans la filière française de production du miscanthus (franceagrimer.fr) – Agrex Consulting

Les débouchés du Miscanthus		
AGRICULTURE	**La litière animale**	Intéressant pour ses capacités absorbantes, le miscanthus est également utilisé sous forme de litière sur trois filières : avicole, bovine, équine. La litière de miscanthus peut être disponible sous plusieurs formes : broyée, en granulés, en granulés réémiettés ou sous forme de farine.
	Le paillage horticole	Les principaux utilisateurs de paillage de miscanthus sont les collectivités, les particuliers et les agriculteurs - horticulteurs et viticulteurs - qui l'utilisent pour ses capacités absorbantes et isolantes qui permettent de conserver l'humidité du sol et d'agir comme un isolant thermique pour les plantes. Elle évite l'usage des traitements phyto.
	Rumination	L'utilisation du miscanthus pour favoriser la rumination des bovins est en développement, portée par l'exploitation Lamont-Colin, qui a largement développé ce marché de niche. Le miscanthus n'a pas de valeur nutritive, mais il favoriserait la rumination.
PRODUCTION D'ENERGIE	**Combustible**	L'utilisation en tant que combustible était historiquement le premier débouché du miscanthus en France. Ce n'est plus le cas en 2022. Le miscanthus est une alternative au charbon ou au bois dans les fours des usines de déshydratation de luzerne par exemple. C'est une source d'énergie renouvelable, qui a l'avantage de pouvoir être produite à proximité des usines. Il présente le même pouvoir calorifique que le bois. L'utilisation du miscanthus dans les chaudières est également possible.
	Biocarburant	Le projet de biocarburant de 2ème génération Futurol lancé en 2008, intègre plusieurs sources de biomasses potentielles, dont le miscanthus. S'il se développait, il pourrait devenir le premier débouché du miscanthus en termes de volumes. Début 2020, le projet a été racheté par une compagnie croate INA. Le développement de ce projet en France semble envisageable qu'à long terme compte tenu des investissement
CONSTRUCTION	**Écoconstruction**	Le projet de bloc de béton initié par le cimentier Alkern/Calcia est resté au stade d'essai malgré de bonnes propriétés mécaniques, la part de miscanthus introduite étant de 30%, cependant la part de ciment a dû être augmentée par rapport à un bloc classique pour consolider les propriétés mécaniques. La concrétisation éventuelle du projet ne se fera qu'à moyen voire long terme.
AUTRES EXPÉRI-MENTATIONS	**Bioplastique**	Le miscanthus fait depuis plusieurs années l'objet d'études et projets pour son utilisation en tant que composé polymère. Les premiers débouchés concernent le secteur automobile, mais les projets restent au stade expérimental, malgré des débouchés qui peuvent être intéressants pour l'industrie automobile par exemple. En effet, une tonne de miscanthus micronisé est commercialisée autour de 600 à 700 € / tonne.

Les principaux acteurs du miscanthus :

Il existe deux associations impliquées dans la filière Miscanthus : France Miscanthus et Biomis G3. La 1ère association, créée en 2009 est plutôt tournée vers l'amont agricole avec comme objectif le développement de la culture.

Biomis G3 créé en 2013, regroupe à la fois des producteurs, des industriels (ciment Calcia, PSA, Addiplast etc.) et des territoires. Elle a une vocation plus aval de développement des usages du miscanthus pour l'industrie. Elle est impliquée dans des projets de recherche et s'intéresse notamment à la question de l'écoconstruction et des bioplastiques.

L'entreprise *Novabiom* (28), est le premier implanteur de miscanthus, *Lamont Colin énergies* (80) constitue le plus gros producteur français de miscanthus. *Biomasse Environnement Systemes*, Ferme de Mazagran (77), a lancé des recherches sur l'usage en tant que polymère.

Le seul opérateur dans l'Arc Atlantique, est une coopérative située à Domagné en Ile et Vilaine *Déshyouest*, qui ne travaille pas que du miscanthus – l'activité première étant, la conservation et la valorisation des fourrages grâce aux techniques de déshydratation. Elle utilise depuis 2009 le miscanthus comme combustible pour ses propres fours. Une plus petite part est transformée en litière pour vaches laitières.

Luzeal (08) est également une usine de déshydratation, qui l'utilise comme combustible principalement.

Les autres acteurs traitent moins de 2000 T par an[16].

[16] Source : Étude sur la formation des prix dans la filière française de production du miscanthus (franceagrimer.fr) – Agrex Consulting

2.4 Disponibilité du lin

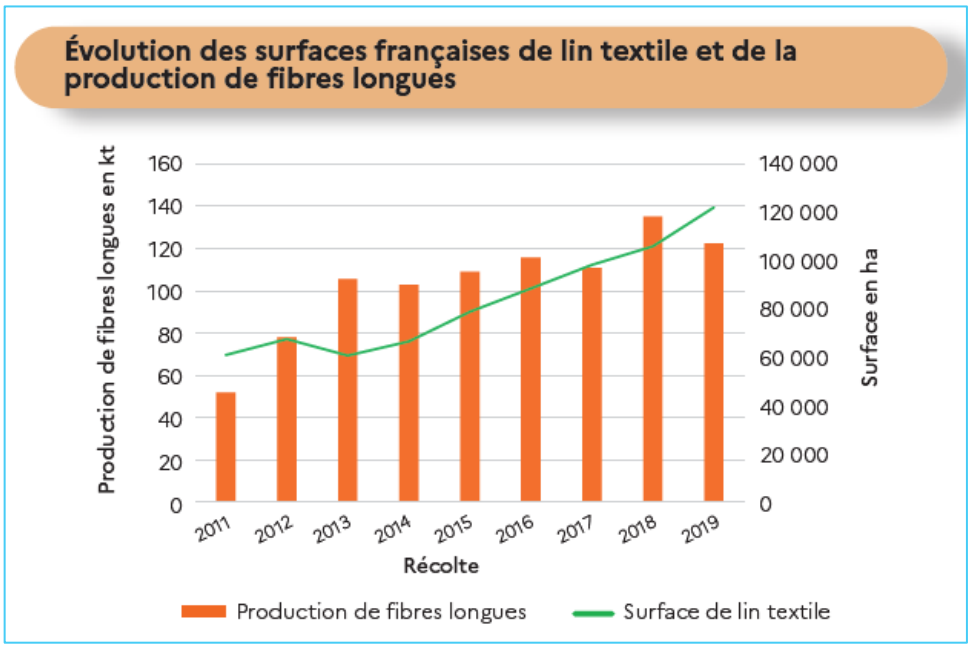
La France est le premier producteur de lin au monde, elle couvre 75 % de la production mondiale.

La production est concentrée dans le nord-ouest le lin pousse très majoritairement sur la côte, entre la France et les Pays-Bas, essentiellement en Normandie (60 % des surfaces cultivées en 2020) et dans les Hauts-de-France (35 %). La culture concerne 8 200 producteurs.

Crédit photo : Chambre d'agriculture de Normandie

Les surfaces en France ont augmenté d'un quart depuis 2021.

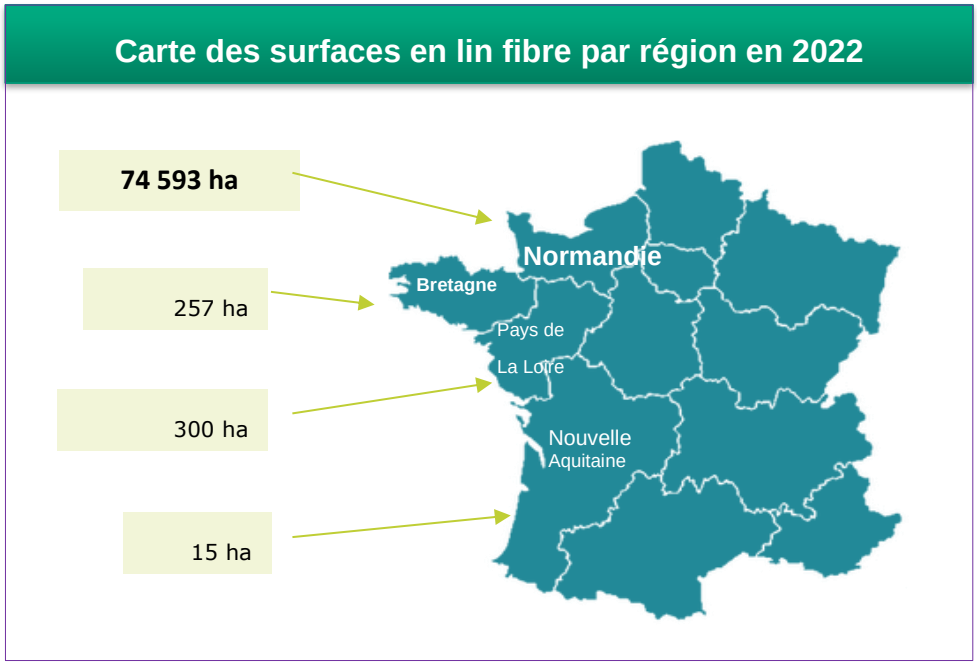
La production de lin textile est peu valorisée localement puisque plus de 90% est exporté en Chine ou en Inde pour être réimportée une fois transformée (filée). *Source : "Evaluation des ressources mobilisables pour la construction en Normandie Chambre d'agriculture de Normandie – Mai 2022"*



Source France AgriMer - Fiche Filière janvier 2021

Le Lin oléagineux : à ne pas confondre avec le lin textile, cette production utilise des variétés différentes et est cultivés pour son huile et ses graines. Les débouchés sont l'industrie (peinture, savons, lubrifiants) et l'alimentation animale notamment avec la filière Bleu, Blanc, Cœur, qui met en avant sa teneur en Oméga 3. Les anas de lin oléagineux peuvent être valorisés mais cela nécessite des outils et des acteurs de transformation à proximité qui puissent le récolter et le transformer. La majorité est enfouie.

La Normandie représente près des 2/3 de la production française de lin textile. La région a implanté 85 256 ha en 2020, soit environ 656 000 T de paille de lin (527 900 tonnes sur 73 315 ha en 2019 – 63% de la production française).



Source : RPG 2022

La production normande se concentre en Seine-Maritime, dans l'Eure et dans le Calvados.

Les acteurs sont principalement situés en Normandie :

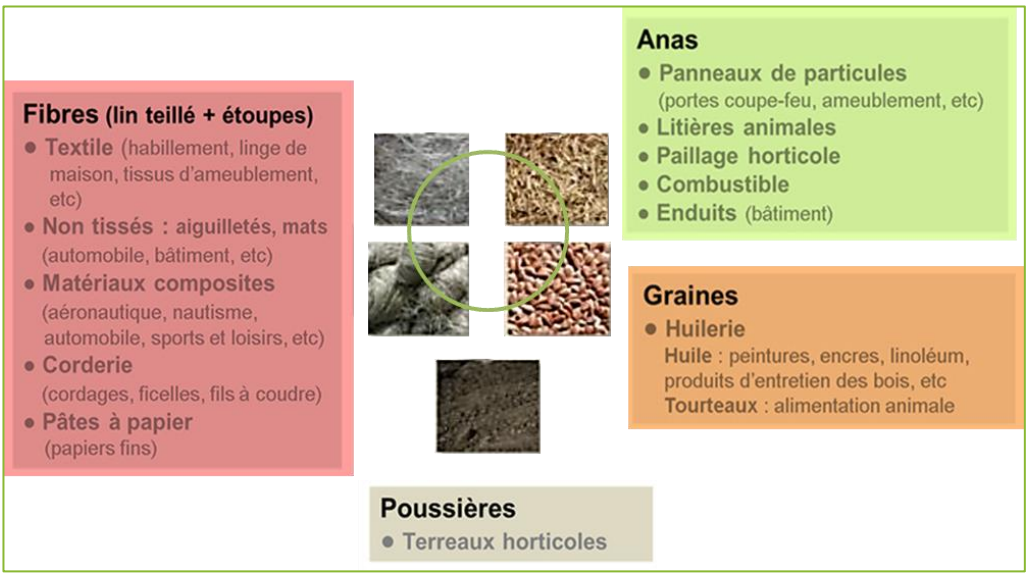
Les surfaces en lin augmentent régulièrement et elles ont doublé entre 2000 et 2020 en Normandie. Les investissements ces deux dernières années confirment cette tendance pour les années à venir sous l'impulsion de nouveaux acteurs normands : nouveaux teillages du groupe DEPESTELE dans le Vexin et de la Coopérative de teillage du Nord de Caen, nouvelles lignes de la coopérative de teillage du Neubourg et du Teillage Lamerant).

Semé en mars, le lin est arraché en juillet et pressé en août-septembre. Il est stocké dans les exploitations agricoles et transformé dans les teillages tout au long de l'année. Il est ainsi disponible tout au long de l'année (sauf période de congé, généralement en août)

Les différents usages du lin :

Le lin est une plante cultivée généralement pour ses fibres, mais il offre une palette de produits (fibres longues, étoupes, anas, graines, poussières) qui se prêtent à une large gamme de valorisations à l'instar du chanvre.

Le schéma ci-dessous présente les différents débouchés du lin textile, dans une majorité de cas, la biomasse issue de la culture doit passer par deux processus de transformation avant d'être consommée.



Source : Chambre d'Agriculture de Normandie – décembre 2019

Les co-produits comme les étoupes et les anas de lin, sont très intéressants pour la fabrication de matériaux techniques y compris à destination de la construction. Les graines servent aussi de semence pour l'année suivante.

Avec 100 kg de paille de lin, on obtient :

• 50 kg d'anas,

• 16 à 20 kg de lin teillé,

• 10 à 12 kg de fibres courtes

• 5 à 10 kg de graines,

• le reste se compose de poussières et d'impuretés.

Les usages suivants se répartissent en général de la manière suivante :

Les principaux marchés du lin	
TEXTILE	Même si les fibres de lin ne représentent que 0,3 % des fibres textiles produites dans le monde, ce secteur reste de loin leur principal débouché : il absorbe 95 % des fibres longues et 70 % des étoupes
NON-TISSES	Ils représentent un débouché d'environ 15 % en volume pour les étoupes de lin.
MATERIAUX COMPOSITES	L'émergence de ces nouvelles valorisations résulte pour l'essentiel d'une dynamique d'innovation de PME. Elles présentent en outre un fort potentiel pour des secteurs industriels particulièrement exigeants sur les propriétés des matériaux tels le nautisme, l'aéronautique et le secteur ferroviaire.
PAPIERS FINS	Les papiers fabriqués à base de fibres de lin sont légers, résistants et haut-de-gamme. Leurs usages sont variés (papiers d'édition, papiers à usage graphique).
LITIERE & PAILLAGE HORTICOLE	Grâce à leur structure alvéolaire, les anas de lin présente une grande capacité à absorber l'eau et à la retenir durablement.
ÉNERGIE	Certains anas sont utilisés à des fins énergétiques. Leur pouvoir calorifique est comparable à celui du bois (4 kWh/kg) — pour un coût d'accès inférieur — et leur taux d'humidité est faible (10 à 12 %). En clair 2,5 kg d'anas équivalent à 1 litre de fioul. Ce débouché est en expansion notamment dans les Haut de France.
HUILE	Connue pour sa siccativité et ses capacités de polymérisation, l'huile de lin est employée seule ou mélangée à d'autres huiles, résines et solvants. Les feuilles de lin peuvent aussi être utilisées pour fabriquer des produits cosmétiques et pharmaceutiques
ECOCONSTRUCTION	De Sutter en Normandie récupère la quasi-totalité des anas en Seine Maritime et dans l'Eure pour produire des panneaux à particule.
CHIMIE	Développement du secteur chimie avec Prevcarb. Développement d'une biorafinerie intégrée en Normandie. L'idée est de déconstruire les anas pour produire Lignine, cellulose et hemicellulose. Chacune de ces matières aura son marché.

3. Besoins en nutriments des biomasses

Pour évaluer la disponibilité des nutriments pour les quatre flux de biomasse étudiés et développer leur utilisation durable dans l'industrie du bâtiment, il est important de prendre en compte leurs avantages environnementaux et la hiérarchie de leurs utilisations :

- la paille est un **coproduit** de céréales et est utilisée principalement pour le bétail. L'augmentation de l'utilisation de la paille dans le secteur de la construction n'entraînera pas la culture de plantes dédiées à cet usage et, par conséquent, n'augmentera pas les besoins en nutriments.

- Le chanvre ne nécessite ni engrais ni produits phytosanitaires, et son système racinaire profond améliore la structure du sol, ce qui permet d'obtenir des rendements plus élevés pour la culture suivante. La culture du chanvre fait partie d'un système de rotation des parcelles (une période de 5 ans doit s'écouler entre deux cultures de chanvre), elle n'entre donc pas en concurrence avec la production alimentaire.

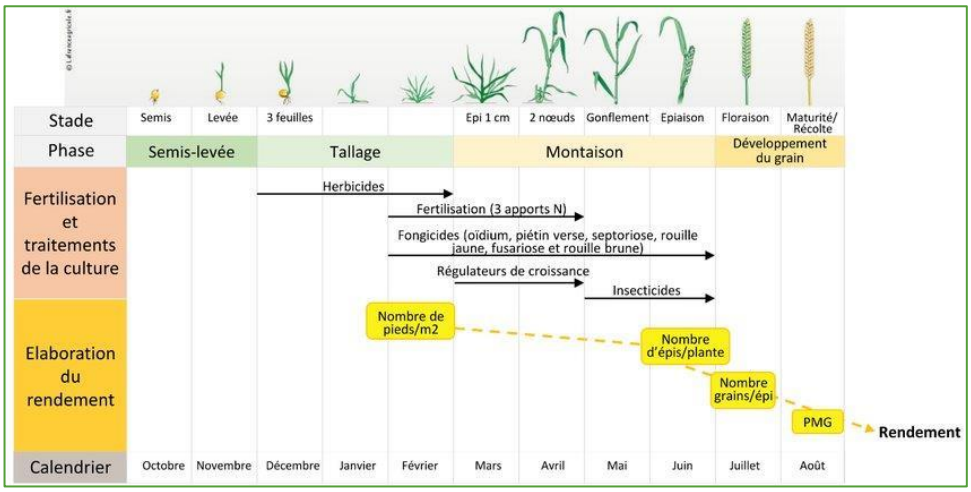
- Le miscanthus ne nécessite pas d'engrais ni de produits phytosanitaires et convient à la culture sur des sols difficiles.

- le lin ne nécessite pas beaucoup d'engrais et une partie de la biomasse de lin utilisable dans le secteur de la construction est constituée d'anas de lin, coproduit de la production de lin pour l'industrie textile. Il est donc possible de développer son utilisation dans le secteur de la construction sans utiliser de cultures spécifiques, et donc sans augmenter les besoins en nutriments.

Les besoins en nutriments et leur disponibilité, ainsi que les avantages pour l'environnement, sont présentés ci-après.

3.1 Besoins en nutriments pour la paille

La paille est un co-produit de la culture de blé. Les nutriments utilisés sont avant tout pour favoriser les rendements en blé et non en paille. C'est une des cultures dont on a le plus la maitrise d'un point de vue itinéraires techniques, tant le blé est cultivé dans presque toutes les régions françaises et depuis longtemps. Les interventions varient selon le stade de développement du blé :



Les besoins nutritionnels varient selon la variété de blé cultivé et selon les rendements attendus.

Besoin en nutriments										
Bio-masse	Rende-ment	N kg/ha	P_2O_5 kg/ha	P kg/ha	K_2O kg/ha	K kg/ha	SO_3 kg/ha	S kg/ha	MgO kg/ha	Mg kg/ha
Grain	80 q/ha	144	52	23	40	33	27	11	10	6
Paille	4 t/ha	26	7	3	50	41	5	2	3	2

Cette culture nécessite l'utilisation d'intrants et de traitements avec utilisation de produits phytosanitaires. Les essais sur l'utilisation de paille issue de céréales conduites en agriculture biologique pour la construction, n'ont pas été concluants en termes de qualité. En effet, cette paille contient plus d'adventices qui sont des contraintes pour cet usage. Ces adventices présentent un double risque en tant que source potentielle d'humidité et de nourriture possible pour les nuisibles ou moisissures.

La paille étant un co-produit de la production de céréales, elle n'entre pas directement en concurrence avec l'alimentation humaine ou animale. Cependant, elle est utilisée parfois comme apport des sols.

La paille contient essentiellement du potassium, puis en moindre proportion du phosphore, du magnésium, du calcium. La paille apporte à peu près par tonne :

Azote (N) : 7-7.5 unités

Phosphore (P) : 1-2 unités

Potassium (K) : 12-14 unités

Magnésium (Mg) : 1 unité

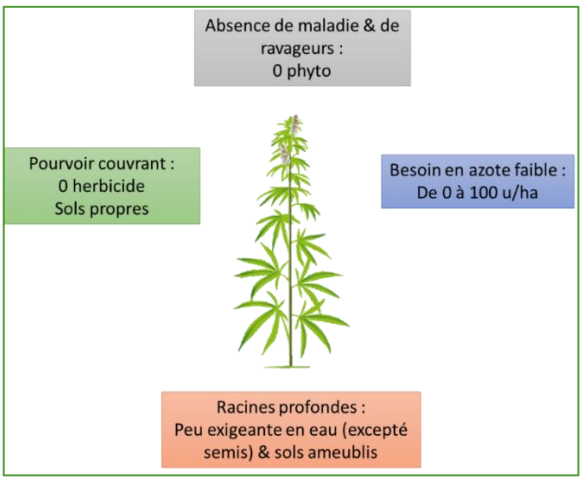
Oxyde de calcium (CaO) : 4-5 unités

L'azote mesuré dans la paille n'est pas disponible pour les cultures, car la paille mobilise même les reliquats d'azote du sol pour sa dégradation. Le coefficient de disponibilité de l'azote est donc nul. L'enfouissement de la paille peut être recommandé selon la nature du sol et notamment pour sa teneur en potasse. La paille est aussi recherchée pour le carbone (C/N environ 100-120) qu'elle peut ramener au sol.

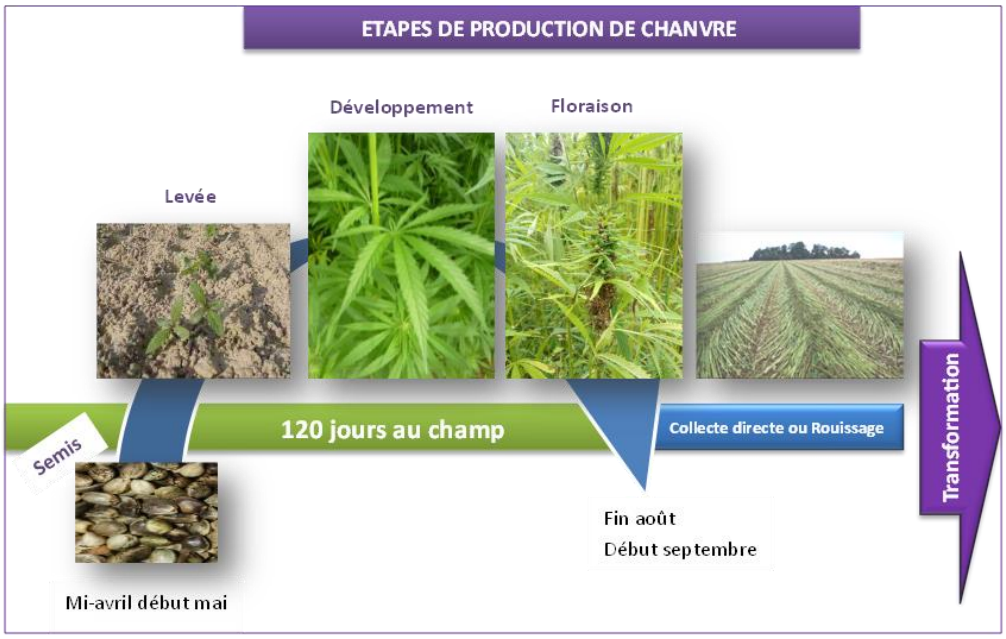
L'importance de la paille en tant qu'amendement pour nourrir les sols dépend des systèmes de cultures du territoire. Les céréaliers purs en ont besoin pour nourrir leur sol, c'est pourquoi, ils pratiquent le retour au sol de la paille. Mais les autres couverts restitués au sol peuvent aussi compenser. La rotation globale pratiquée sur l'exploitation peut aussi faire varier cette pratique d'une année sur l'autre.

3.2 Besoin en nutriments pour le chanvre

La conduite de la culture du chanvre est simplifiée par l'absence de maladie et ravageur. En effet, le chanvre possède une forte diversité génotypique. Il ne nécessite aucun produit phytosanitaire grâce aussi à son pouvoir couvrant. C'est une culture « 0 phyto ». Le chanvre a l'avantage d'avoir une faible exigence en azote car la plante peut aller chercher les fertilisants seule, notamment grâce à ses racines profondes, qui lui donnent aussi l'avantage d'être peu exigeant en eau – ce qui fait que la plante a une bonne résistance à la sécheresse.



Néanmoins il est nécessaire de soigner l'étape du semis, qui a lieu de la mi-avril à début-mai pour donner toutes ces chances au chanvre d'un bon développement. Le chanvre est une culture de printemps, dont le cycle végétatif est relativement court (entre 120 et 150 jours). Il s'intègre bien dans une rotation diversifiée des assolements à base de cultures d'automne (chanvre, blé, orge de printemps / colza, blé, maïs, chanvre) et permet de libérer rapidement les sols. Il peut s'implanter derrière une interculture et diversifie les sols en les laissant propres et ameublis pour les cultures suivante grâce à sa racine pivot. La pratique a montré que les rendements de céréales après le chanvre étaient améliorés[17].



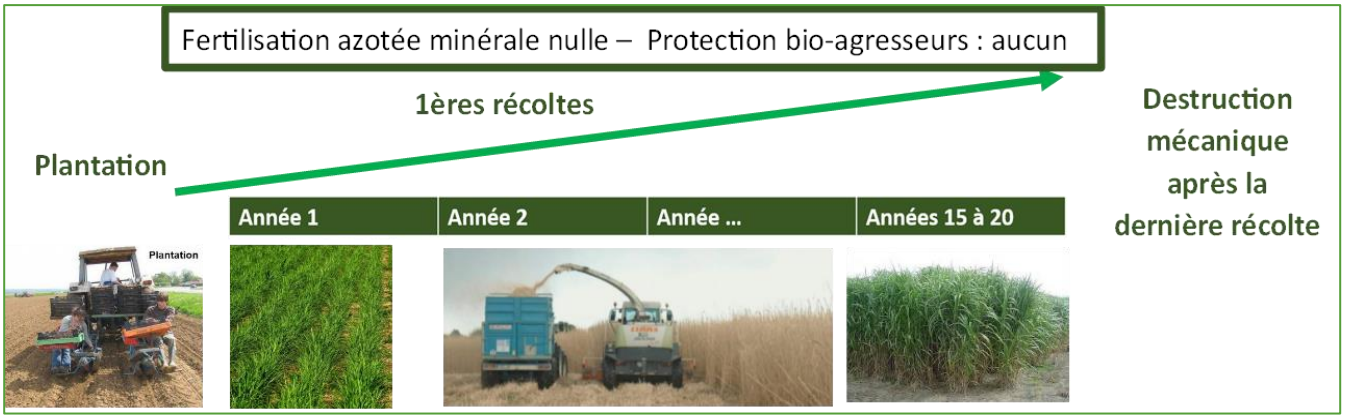
La culture du chanvre absorbe 15 t de CO_2 soit l'équivalent d'un ha de forêt.

[17] Guide de culture du Chanvre – Terres Inovia - 2020 – www.terresinovia.fr

3.3 Besoins en nutriments pour le miscanthus

La plantation de miscanthus a besoin d'un désherbage la première année mais ne nécessite plus d'entretien à partir de la 2ème année et peut être cultivée pendant 20 ans. Elle est plantée au mois de mai. Elle peut être enlevée à tout moment. La récolte s'effectue au mois de mars-avril et un stockage en vrac est possible.

Dans l'état actuel de la production française, aucune maladie ni aucun ravageur ne lui sont préjudiciables et elle nécessite peu ou pas de fertilisation[18].



Les services écosystémiques du miscanthus sont nombreux :

La culture du miscanthus offre des capacités de captage en zone polluée et crée un couvert faunistique attrayant notamment pour le petit gibier. Il peut donc être implanté en zone de captage ou sur des territoires de chasse.

La culture du miscanthus peut également être valorisée en tant que service écosystémique. D'une part, la culture ne nécessite pas d'apport d'engrais, et est particulièrement adaptée à l'implantation en zone de captage des eaux.

D'autre part, son système racinaire dense permet d'améliorer la structure du sol et favorise l'infiltration, et permet de lutter contre le ruissellement et contre l'érosion. Il joue aussi un rôle de filtre à nitrate et absorbe les métaux lourds.

Le couvert permanent offert par le miscanthus permet ainsi de réduire la formation de ravines.

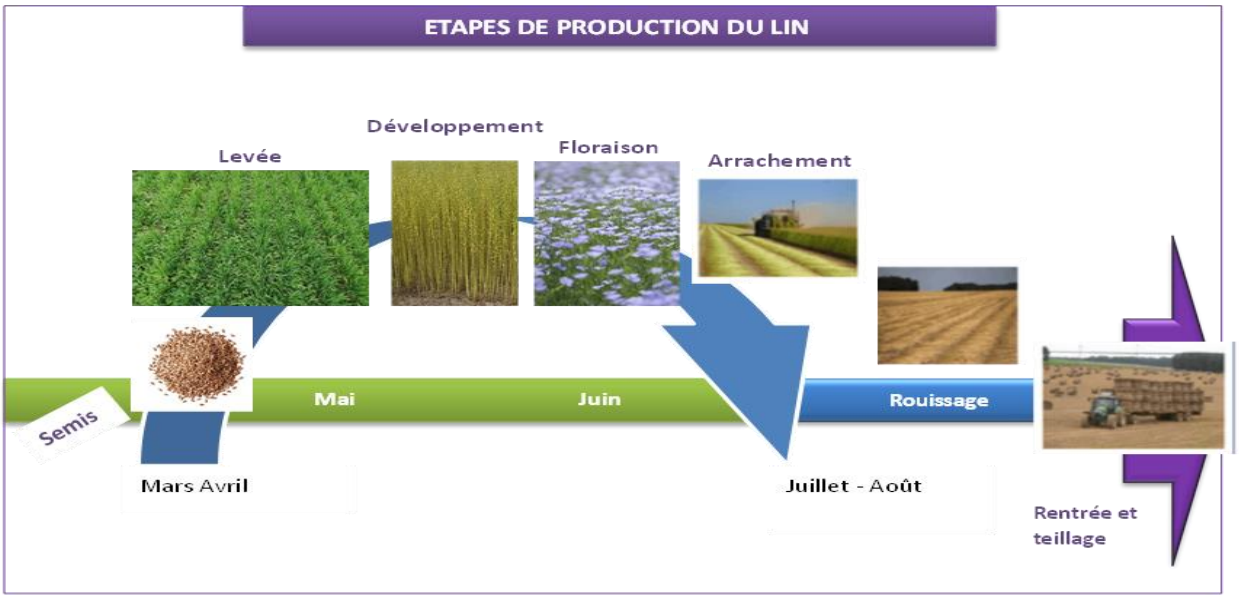
Enfin, la haute taille des miscanthus offre une barrière efficace à l'érosion éolienne tout en limitant la contamination des produits phytosanitaires par voie aérienne. Plus la densité de plantation du miscanthus est élevée, plus les effets positifs de barrière sont efficaces. La mise en place de bandes de miscanthus entre les parcelles agricoles permet ainsi de réduire ces effets d'érosion et de dégradation des sols, notamment dans les zones de grandes cultures. La culture du miscanthus est donc évoquée pour la « zone de non-traitement » nécessaire entre les parcelles et les habitations et qui doit servir de zone tampon pour éviter que des produits phytosanitaires n'arrivent par voie aérienne jusqu'à la population.

Les diverses utilisations du miscanthus peuvent être couplées. Des projets de double usage du miscanthus ont déjà été mis en place en Alsace dans certaines communes où le miscanthus est implanté sur des zones de captage très polluées et joue un rôle dans la régulation de cette pollution. Et, dans le même temps, le miscanthus récolté chaque année sert à alimenter une chaufferie locale qui fournit de l'énergie pour la collectivité.

[18] Fiche technique culture du Miscanthus – Chambre d'agriculture des Landes

3.4 Besoin en nutriments pour le lin

La culture du lin se fait sur plusieurs mois et suit plusieurs étapes :



Source : Arvalis

Dans un premier temps, on sème les graines de lin généralement entre mars et avril et c'est 100 jours plus tard que la plante arrive à maturité. En juin, la plante fleurit. Et viennent ensuite les étapes de la récolte :

- L'arrachage : en juillet, lorsque toutes les fleurs ont disparu, la tige étant dure, elle peut être récoltée et laissée au sol, pour le séchage.
- La récolte : les graines présentes sur les pailles, sont récoltées avec une écapsuleuse.
- Le rouissage : cette étape consiste à la séparation de la fibre textile et la partie ligneuse de la tige de lin. Les liniculteurs vont venir retourner les tiges pour homogénéiser l'ensemble.
- Le teillage : il consiste à séparer la fibre de lin du bois présent dans la tige. On obtient d'un côté des fibres longues appelées filasses et des fibres courtes (les étoupes).
- Le peignage : La fibre sera ensuite peignée pour obtenir rubans de fibres qui seront envoyés en filature.

Conduite de culture :

Le lin est une culture non irriguée qui respecte un cycle long de rotation des cultures (6-7 ans), ce qui augmente la biodiversité culturale des exploitations et évite l'installation des maladies. Elle constitue un puits à carbone qui retient 3.7 tonnes de CO_2 par hectare (source : Terre de Lin). La croissance du lin est rapide, il peut être cultivé dans des sols pauvres. Il est également respectueux de l'environnement, car il nécessite peu d'apport en azote. Les derniers travaux de l'institut Arvalis font part un besoin de 12 kg d'azote/ha pour la production d'une tonne de lin roui non battu. L'apport se fait au moment du semis.

La lutte contre les adventices se fait dès le début du cycle du lin. La rotation culturale et le travail du sol permettent de traiter le moins possible. Le lin est en ce sens une culture agronomiquement intéressante.

Enfin la lutte contre les ravageurs se pratique de plus en plus au travers de produits qui utilisent des mécanismes naturels pour lutter contre les ennemis des cultures. Plusieurs produits de biocontrôle sont en cours de tests et d'homologation sur la culture du Lin par l'institut Arvalis.

4. Les atouts des matériaux biosourcés

4.1 Les atouts de la paille pour la construction

Trois phases sont importantes pour évaluer l'utilisation durable de la paille comme matériel de construction.

- **La production de paille**

Le prélèvement de la paille utilisée comme matériau de construction n'est donc pas une problématique agronomique s'il est compensé par d'autres apports. Bien intégré dans un système d'exploitation avec rotation des cultures, la ressource en paille est disponible sans avoir recours à l'azote minéral pour compenser.

Par ailleurs, la production de paille est souvent régionale voire locale et donc n'induit pas de transport - et donc d'émission de carbone - important. Selon Luc Floissac[19], 50 % des approvisionnements en paille proviennent d'une source située à moins de 10 km - 40 % entre 10 et 50 km et 10 % à plus de 50 km.

Cette donnée est toutefois à relativiser car l'auto-construction en paille est encore très présente. Cependant avec le développement de la construction en paille par des entreprises et artisans, les distances d'approvisionnement devraient être plus importantes, mais les approvisionnements resteront majoritairement régionaux, le coût de transport étant aussi un élément important de la rentabilité de telles constructions.

- **La construction durable en paille**

La filière paille comme matériau biosourcé pour la construction s'est organisée depuis plusieurs années pour assurer son développement. Depuis plus de 10 ans, les professionnels ont édité des règles de construction en paille. Ce socle réglementaire a permis à la paille d'être reconnu auprès du secteur du bâtiment et aussi des assureurs. La garantie décennale des constructions est donc assurée pour toute construction en paille.

La paille est reconnue comme matériau « puits de carbone » : la paille en cas de retour au sol, rejette 85% du carbone dans l'atmosphère sous forme de CO_2. En cas d'utilisation pour la construction, le dioxyde de carbone capté au cours de l'itinéraire agricole va être stocké dans le bâtiment pendant toute sa durée de vie – la paille a une durée de vie de référence (DRV) de 50 ans, même si des bâtiments en paille plus anciens existent et ne présentent aucune dégradation.

Cette durée de stockage temporaire de CO_2 peut être quantifiée au niveau de l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) de la paille comme étant bénéfique pour le climat[20] du fait que ce CO_2 ne se retrouve pas dans l'atmosphère. L'utilisation de la paille est donc un des leviers possibles de réduction du CO_2 et elle ne participe donc pas à l'effet de serre.

Le calcul proposé pour évaluer la réduction des émissions de CO_2, se fait au prorata de la quantité de carbone biomasse contenue dans le produit et de sa durée de vie. Pour une durée de vie moyenne de 50 ans, la réduction[21] de -14 kg équivalent CO_2/m^2 (F.D.E.S.)[22]. Une FDES (Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire) est un document normalisé qui présente les résultats de l'ACV d'un produit ainsi que des informations sanitaires dans la perspective du calcul de la performance environnementale et sanitaire du bâtiment pour son éco-conception. Elle est valable 5 ans.

---

[19] Luc Floissac, La construction en paille, collection *Techniques de PRO*, terre vivante, 2012.

[20] G. DEROUBAIX et al., *Cycles de vie des produits à base de bois et séquestration du carbone*, FCBA, 2012.

[21] Source RFCP (Réseau Français de la Construction Paille) - 2019 : https://rfcp.fr/wp-content/uploads/2019/10/Livret-vert.pdf

[22] Source RFCP - FDES collective - juillet 2022 - vérifiée par INIES. INIES est la base de données nationale de référence sur les données environnementales et sanitaires des produits et équipements de la construction. INIES met à disposition des Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire : https://www.inies.fr/

Cet impact carbone moindre est à mettre en parallèle du fait que ce matériau remplace des isolants classiques, du type laine de verre ou de roche à fort impact carbone. Par ailleurs, son pouvoir isolant performant permet aussi une économie d'énergie et donc moins d'émission de CO_2.

Matériau peu ou pas transformé : la paille utilisée pour la construction nécessite une faible transformation avant utilisation. La seule contrainte pour la construction est la dimension de la botte de paille. Sinon, elle peut être utilisée telle quelle. La paille est l'isolant nécessitant le moins d'énergie grise[23].

Autres qualités de la paille :

Ces propriétés environnementales viennent s'ajouter à ses qualités d'isolant thermique et phonique tout en favorisant une qualité d'air intérieur saine.

- **La fin de vie du matériau d'isolation en paille**

Lors de la déconstruction, la paille peut être facilement démontée et séparée des autres éléments. Ensuite, deux fins de vie sont possibles :

- **Le compostage** : matériau naturel, la paille peut être très facilement compostée dans un centre adéquat.
- **Le recyclage** : la paille peut être également recyclée en tant qu'amendement agricole par les exploitants agricoles.

[23] L'énergie grise ou énergie intrinsèque, est la quantité d'énergie consommée lors du cycle de vie d'un matériau ou d'un produit : la production, l'extraction, la transformation, la fabrication, le transport, la mise en œuvre, l'entretien et enfin le recyclage, à l'exception notable de l'utilisation.

4.2 Les atouts du chanvre dans la construction

Le chanvre peut être utilisé sous plusieurs formes dans la construction :

- Le béton de chanvre ou le mortier de chanvre24 à partir de la chènevotte et associé à un liant minéral (chaux) et de l'eau.

- La laine de chanvre est utilisée pour isoler les combles, les cloisons et les planchers à partir des fibres.

- Le feutre de chanvre est constitué de fibres de chanvre imprégnées de carbonate de sodium. Il sert à isoler les planchers, les cloisons et les structures en bois.

Le chanvre peut aussi être utilisé en complémentarité avec d'autres matériaux comme le bois. Le béton de chanvre allié à une ossature bois, permet de la protéger grâce à son effet coupe-feu.

Les biomatériaux à base de chanvre offrent de nombreux avantages :

En tant que matériau de construction, le chanvre offre une excellente isolation thermique à la fois pour l'hiver et surtout pour l'été.

En termes d'isolation phonique, il joue un rôle d'absorbeur de son qui permet d'atténuer les bruits ambiants.

Il offre également une bonne résistance au feu. Les tests ont démontré qu'après 3h30 soumis à une température supérieure à 1100°C, la face non exposée ne dépasse pas 90°C[25].

De plus, sa culture nécessite moins d'eau et de pesticides que d'autres matériaux de construction traditionnels, ce qui en fait une option attrayante du point de vue environnemental. Et la plante étant cultivée sans pesticide, elle n'émet pas de COV (composés organiques volatils).

Alliée à la perspirance des murs, la ventilation naturelle permise par le chanvre régule l'humidité en maintenant un taux d'hygrométrie optimal dans la maison. En effet, il absorbe le trop-plein d'humidité dans l'air et le restitue lorsque ce dernier est trop sec.

Economiquement, les matériaux à base de chanvre sont plus chers sur le marché pour l'instant. Mais la massification de la production de matériaux à base de chanvre peut permettre des économies d'échelle. Par ailleurs, l'usage et la valorisation de tous les constituants de la plante peut influer le prix des produits.

Ces coûts sont à mettre en perspective des économies d'énergie réelles et mesurées à l'usage : une étude du Cérema de 2021 a montré que les bétons de chanvre permettent de réduire le besoin en chauffage de 70% grâce à ses performances thermiques[26].

Les produits de construction ou d'isolation à base de chanvre sont donc sains, durables et souvent issus d'une économie locale.

[24] La différence vient principalement de l'usage : les bétons de chanvre concernent toutes les applications (toit, mur et sol), tandis que les mortiers font références aux enduits.
[25] Source INTERCHANVRE - https://www.interchanvre.org/les_debouches
[26] Etude du Cerema menée en lien avec Construire en Chanvre Île-de-France, Gatichanvre et BioBuild Concept

4.3 Les propriétés du miscanthus dans la construction

Une étude récente menée par la société Nobatek en Nouvelle-Aquitaine, consistait à explorer le potentiel du miscanthus comme matériau de construction en terre allégée en remplissage, et de le comparer avec les matières usuelles : chènevotte et paille de blé.

Les matières premières testées sont les suivantes :
Pour le chanvre : chènevotte préparée pour le béton de chanvre.
Pour le miscanthus : miscanthus broyé pour le paillage agricole, non dépoussiéré.
Pour la paille : matière broyée pour litière rongeurs, fibres longues (5, 10 cm).
Les mélanges réalisés en proportion massique constante sont les suivants : fibres 21%, terre 35%, eau 44%.

	Chènevotte	Miscanthus	Paille
Photos			
Maniabilité	Excellente Bon enveloppement Matériau non élastique Longueur des fibres < 1cm Moulage aisé	Moyenne Enveloppement moyen Matériau non élastique Longueur des fibres 1-3 cm Moulage moyen	Faible Enveloppement difficile (silice) Matériau très élastique Longueur des fibres 3-10 cm Moulage difficile (taille des fibres, élasticité)
Densité des fibres	150 kg/m3	190 kg/m3	135 kg/m3
Tenue sèche	Excellente Matériau très propre	Moyenne La poussière semble nuire à la cohésion	Bonne L'adhérence qui semble défaillante à l'état humide se résout au séchage
Compression	Matériaux compressibles. Il n'y a pas de résistance à la rupture, le matériau se densifie en fonction de l'effort appliqué. La paille présente de plus une élasticité importante.		
Conductivité thermique[27] λ	= 0,090 W/m².K λ	= 0,067 W/m².K λ	= 0,061 W/m².K
Voies d'amélioration	Déjà optimisé	Dépoussiérage Broyage plus fin Tri / Défibrage	Découpe calibrée plus courte Séchage sous presse

Source: NOBATEK, Etude sur les plantes à fibre, M.LOUVARD, Mai 2023.

[27] La conductivité thermique est la capacité d'un matériaux à conduire la chaleur : à épaisseur d'isolant égale, plus λ est faible, plus sa résistance thermique est forte et plus il est performant.

Ces tests comparatifs montrent de bonnes opportunités pour utiliser le miscanthus dans les matériaux de construction biosourcés, néanmoins des progrès restent à faire dans le traitement de la matière première, en particulier dans le dépoussiérage, le broyage et le défibrage. De plus la question de l'assurabilité sur le miscanthus reste entière.

Cette expérimentation au niveau local permet de tester en temps réel l'émergence d'une filière territoriale au sud de la Nouvelle-Aquitaine.

4.4 L'usage du lin dans la construction

Les panneaux de particules - *Source : sanopan.com – société De sutter*

Les anas de lin sont utilisées dans la fabrication de panneaux de particules de bois agglomérées en raison de leur faible masse volumique liée à leur structure alvéolaire (120 kg/m3 non tassés),

Dans cette application, les anas apportent aux matériaux :

- un fort pouvoir ignifuge. Cette caractéristique unique permet au panneau de lin d'être utilisé comme un composant majeur des portes coupe-feu. Même s'il est plus léger que le panneau de particules de bois, il possède de meilleures qualités ignifuges.
- une bonne isolation phonique. Cette propriété est particulièrement intéressante pour la fabrication de portes et de cloisons.
- une flexibilité et une grande résistance des panneaux à la torsion : les fibres des anas de lin étant plus légères et plus longues (entre 10 et 20 mm de long, avec une section de l'ordre de 2 mm) que les fibres de bois, le panneau de lin est plus souple et résiste mieux à la torsion qu'un panneau de particules traditionnel.

Peu importent les conditions de la récolte, les résidus ligneux de la plante présentent une certaine stabilité, contrairement à la fibre. Le lin s'utilise de la même manière que les matériaux d'isolation traditionnels. Toutefois, il dispose d'une capacité de stockage de la chaleur bien plus grande. Il faut en effet quatre fois plus de temps à la chaleur pour traverser une isolation en lin comme les autres isolants biosourcés.

En Normandie, les acteurs cherchent à valoriser les sous-produits tels que les anas de lin mais aussi la chènevotte. Des travaux sont en cours sur l'assurabilité ces matériaux à base de lin.

5. Usages et perspectives des matériaux biosourcés pour la construction

Actuellement, le marché propose plusieurs types de matériaux biosourcés qui sont issus de deux procédés :
- procédés « low tech » avec peu de transformation. Ces produits demandent plus de temps et de compétences à la mise en œuvre, mais ont un prix plus attractif, car la matière agricole subit peu de transformation
- procédés semi-industriels, blocs ou panneaux qui sont des produits davantage transformés, onéreux, mais plus facile à acheminer et installer. Ils offrent l'avantage d'être accessibles au plus grand nombre car leur mise en œuvre diffère peu des matériaux classiques.

Le panorama des marchés « *fibres végétales techniques en matériaux* »[28] a évalué les volumes produits par origine de fibres végétales en France, en 2017 :

Type de biosourcés	Origine	Volume produit
Isolants souples	Paille de chanvre, lin et riz	7 200 t/an
Isolant de remplissage	Paille de céréales	4 600 t/an
Bétons végétaux	Paille de chanvre (majoritairement), paille de lin ou de colza	40 000 t/an

Ces volumes ont augmenté - l'étude des marchés estimait en 2017 que les isolants biosourcés connaitraient une croissance annuelle de 10% du marché d'ici 2025/2035, notamment grâce à la réglementation incitative mise en place par l'Etat français.

Nous allons tenter d'évaluer les volumes potentiellement produits en 2022 et les perspectives pour les 4 régions de l'Arc Atlantique, filière par filière puisque les dynamiques ne sont pas les mêmes d'une filière à l'autre.

[28] *Panorama des marchés* « *fibres végétales techniques matériaux* (hors bois) en France » - Memento 2020 – réalisé par FRD & IAR - financé par l'ADEME et France AgriMer.

5.1 Marché actuel de la construction en paille et perspectives

Crédit photo : Chambre d'agriculture 51

En nombre de constructions :

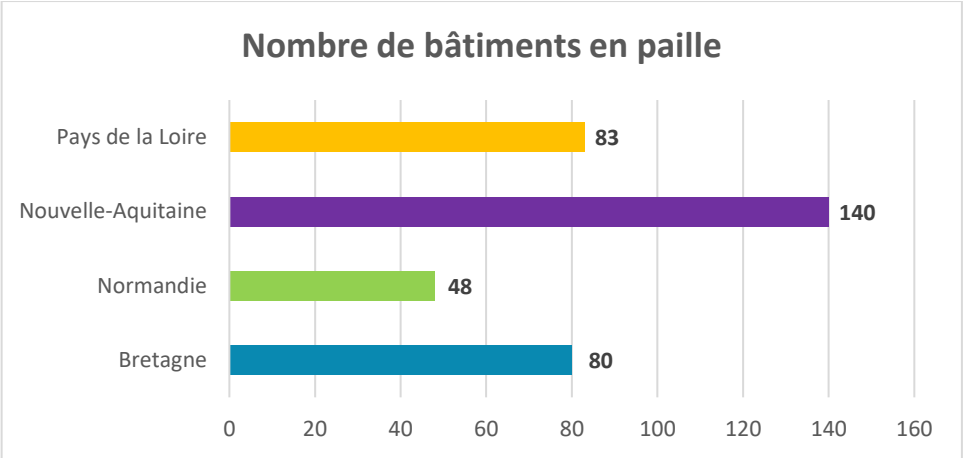
La construction en paille concerne tout type de bâtiments : de la maison individuelle à l'immeuble à plusieurs niveaux en passant par les bâtiments industriels ou commerciaux.

Environ 6 000 bâtiments sont construits en France en paille et on comptabilise 500 nouvelles constructions chaque année[29] soit une progression continue de 8% en nombre de bâtiments. La filière française est la plus dynamique en Europe.

Le développement de la construction en paille dépend beaucoup de la présence d'entreprises agricoles qui puissent fournir de la paille et d'artisans qui maitrisent les techniques de construction.

Les règles professionnelles de construction en paille mises en place par le RFCP [30]dès 2012 ont permis la reconnaissance de la filière paille dans le secteur de la construction. Elles servent de support pour transmettre le savoir-faire technique de construction en paille aux professionnels par le biais de formation pro-paille qui garantissent l'accès aux barèmes d'assurance standards.

Dans la région Arc Atlantique, 351 bâtiments sont construits en paille ce qui est faible par rapport aux bâtiments existants[31] selon le panorama de la construction paille.



[29] Livre vert RFCP - 2019
[30] https://www.rfcp.fr/les-regles-professionnelles/
[31] Source : http://www.constructionpaille.fr/panorama/

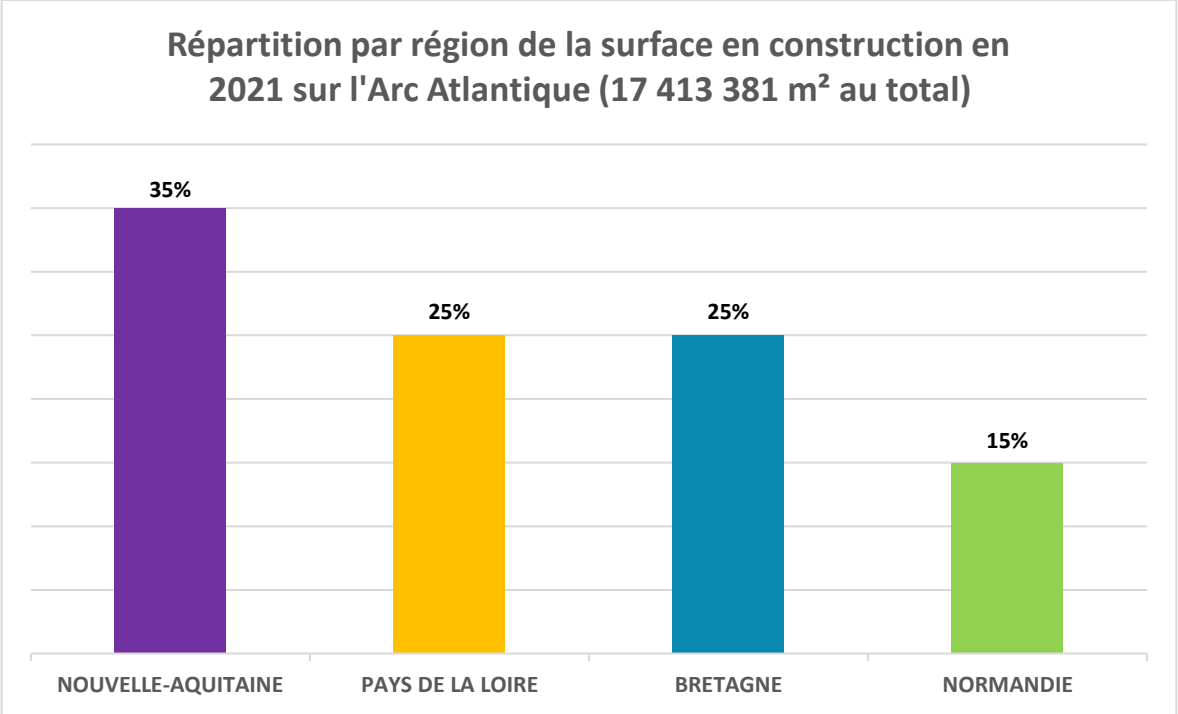
Sur ces 351 bâtiments en paille, 82 % sont des logements et majoritairement des logements individuels – les autres sont des bâtiments non résidentiels.

L'initiative de construire en paille reste aux yeux de beaucoup d'acteurs, une démarche militante et individuelle, même si des municipalités ou collectivités territoriales commencent à être sensibles à la question du développement durable dans les constructions de leurs bâtiments et font le choix politique de l'écoconstruction. Et à ce niveau ce sont surtout des établissements scolaires qui sont construits en paille. La commande publique est un vrai accélérateur au développement de la construction en matériaux biosourcés.

Lycée d'Aizenay en Vendée (Pays de la Loire) - Crédit photo : Conseil Régional des Pays de la Loire

D'autres secteurs affichent clairement une volonté de développer la construction en matériaux biosourcés. En Normandie, l'Union Sociale pour l'Habitat s'est fixée pour objectif de construire tous leurs nouveaux projets en matériaux biosourcés d'ici 2025/2026. L'USH des Pays de la Loire s'intéresse également au sujet. La paille fait partie des filières choisies pour atteindre cet objectif.

La disponibilité en paille sur l'Arc Atlantique est à mettre en comparaison avec les besoins potentiels pour la construction. Selon Sitadel[1], en 2021, 110 000 logements ont été mis en chantier. En y ajoutant les autres bâtiments, on arrive à 17 413 381 m² mis en chantier.



Le besoin moyen en paille pour l'isolation varie selon la construction : pour une maison de 100 m² il faut environ 6 à 9 tonnes de paille et pour les bâtiments non résidentiels, on tourne autour de 20 kg par m²[32].

Les logements représentent 55 % des surfaces mises en chantier et les autres bâtiments 45 % sur le territoire de l'Arc Atlantique.

A partir des données 2021, on peut comparer les surfaces mises en chantier avec les quantités de paille nécessaires pour une isolation en paille

Le tableau ci-dessous reprend les données selon les constructions et donc les besoins en paille théorique en 2021.

Type de constructions mises en chantier	Logements	Bâtiments non résidentiels
Quantité de paille nécessaire en T/m²	0,09	0,02
Surface mise en chantier en m² en 2021	9 812 600 t	7 600 781 t
Tonnage de paille nécessaire pour 100% de bâtiments construits en paille (TMS)[33]	883 134 t	152 016 t
Tonnage de paille nécessaire pour 10 % de bâtiments en paille (TMS)	88 313 t	15 202 t
Tonnage de paille nécessaire pour 1 % de bâtiments en paille (TMS)	8 831 t	1 520 t

Pour 1% des logements construit en paille, il faut 8 831 tonnes de paille. Cela correspond à 2 944 ha de blé nécessaires pour fournir ce tonnage. Ce chiffre est à mettre en parallèle des 2 millions 300 ha emblavés en 2021 soit 0,1 % des surfaces.

Actuellement, selon les données de RFCP, la progression annuelle du nombre de bâtiments en paille est de 8%, ce qui pour l'Arc Atlantique, représente **29 bâtiments en plus par an**, dont 23 logements.

Avec l'hypothèse de base d'une surface de maison de 100 m², environ **270 tonnes de paille** auraient été utilisées pour la construction de logements en 2021. Cela ne représente que 90 ha sur l'ensemble de l'Arc Atlantique.

Les tonnages de paille nécessaires apparaissent faibles au regard du tonnage de paille récoltée sur le territoire, et même si globalement, les quatre régions de l'Arc Atlantique sont déficitaires en paille en estimant un retour au sol à 25 % des volumes de pailles produites.

[32] Source : Cerema et Collectif Paille Armoricain
[33] TMS : tonne de matière sèche

Crédit photo : Chambre d'agriculture 05

D'autant que les usages de la paille, en tant que co-produit vont probablement se diversifier compte tenu des évolutions agricoles.

La forte baisse du cheptel bovin

La production nationale bovine a diminué de 7.3 % entre 2021 et 2022 et les prévisions sont encore à la baisse pour 2023.

Dans certaines régions de l'Arc Atlantique la baisse du cheptel est très forte et c'est une tendance de plus de 10 ans : en Nouvelle-Aquitaine, de 2010 à 2020, le cheptel – toutes catégories confondues - a baissé de 12%.

	NOUVELLE-AQUITAINE	PAYS DE LA LOIRE	BRETAGNE	NORMANDIE
Evolution du nombre d'UGB - 2010/2020	- 12,2 %	- 4,7 %	- 5,5 %	- 6 %

Cette baisse a deux conséquences : un besoin moindre de paille pour la litière et un accroissement des surfaces de cultures, susceptibles d'être emblavées en céréales et donc de fournir de la paille. Cet accroissement reste toutefois limité à 2 % de surfaces en céréales en plus sur la même période (2010/2020)[34]. A contrario, la baisse de l'élevage implique une baisse des amendements organiques des sols et donc un besoin plus important de retour au sol des pailles pour maintenir la valeur agronomique des sols.

[34] Source : RGA 2010 & 2020

5.2 Les perspectives d'évolution pour le miscanthus sur marché de la construction

Les perspectives de développement des matériaux végétaux dans le secteur du bâtiment offrent d'autres opportunités au miscanthus.
À l'heure actuelle, le miscanthus est peu mis en œuvre dans le bâtiment, et plutôt en tant que matériau de remplissage et non en tant qu'élément porteur même si des essais des parpaings à base de miscanthus et ciment ont été expérimentés.

Crédit photo : Rolland

Les perspectives de développement du miscanthus sont encore au stade d'expérimentation et sont donc difficilement quantifiables.

Dans cette étude, on fait le choix de tabler sur un marché de la construction égal à 10 % des débouchés pour le miscanthus.

5.3 Les perspectives d'évolution pour le chanvre sur le marché de la construction

Le chanvre présente un fort potentiel d'évolution sur le marché de la construction en raison de ses propriétés écologiques et de ses avantages en termes de durabilité. Mais, la demande en chanvre évolue aussi positivement poussée par les évolutions réglementaires auxquelles est soumis le secteur de la construction. En surtout, le dynamisme des acteurs de la filière accroit les perspectives de développement de manière importante.

Le développement de la filière textile pour le chanvre peut apporter sur le marché plusieurs milliers de tonnes de chènevotte grisé (anas de chanvre), qui est un déchet pour les linières. La vigilance est de mise pour que cela ne vienne pas déstabiliser les acteurs en place avec un produit vendu moins cher que celui issu des chanvrières.

Sur l'Arc Atlantique, le groupe coopératif Cavac en Vendée est l'acteur le plus important, à la fois collecteur et transformateur de chanvre. La coopérative collecte 14 000 tonnes de paille de chanvre auprès de ses adhérents, qui sont ensuite défibrées et transformées en panneaux isolants dans sa filiale Cavac biomatériaux. Celle-ci a entamé la construction d'une nouvelle usine en 2023 avec pour objectif de tripler les surfaces en chanvre d'ici 2025, passant de 2 000 ha à 6 000 ha pour faire face à la demande.

En Pays de la Loire, deux autres associations de producteurs existent : Chanvre Paysans, qui travaillent plutôt en circuits courts et l'association de producteurs de chanvre de la Sarthe, dont les producteurs fournissent désormais la Cavac.

En Normandie, de 2008 à 2019, en moyenne 40 producteurs normands produisent du chanvre chaque année sur 350 ha, essentiellement à destination d'Agrochanvre situé à Barenton (50). Agrochanvre collecte également le chanvre dans les régions voisines, pour un total de 600 ha et 2500 T de paille par an (source Chambre régionale d'agriculture de Normandie). Agrochanvre travaille aussi avec des producteurs des régions voisines Bretagne et Pays de la Loire. L'objectif à partir de 2022 est de travailler 800 ha par an.

En Bretagne, il n'y a pas de chanvrière. Mais il existe des associations de producteurs « Lin et Chanvre en Bretagne », Bretagne Chanvre Développement.

En Nouvelle Aquitaine, il n'y a pas de chanvrière non plus. Des associations de producteurs de chanvre, Lo Sanabao et Chanvre Mellois travaillent plutôt en circuits courts. Leurs débouchés sont essentiellement des auto-constructeurs et/ou un réseau d'artisans locaux et formés.

Les Chanvres de l'Atlantique située à Geours de Maremme (Landes), travaillent essentiellement la graine de chanvre.

Les perspectives de développement du chanvre pour la construction sont prometteuses.

En tenant compte des ambitions des acteurs existants, les surfaces en chanvre (hors chanvre textile) devraient passer d'ici 2025 de **4 668 ha à 8 800 ha** soit une production théorique disponible pour la construction de 13 500 T répartis en 8 700 T pour le béton de chanvre et 4 800 T pour l'isolation.

5.4 Les perspectives d'évolution pour le lin sur le marché de la construction

Actuellement, l'utilisation du lin dans les bâtiments se fait principalement à partir de fibres courtes, à hauteur de 11 000 tonnes en 2020, uniquement produites en Normandie. La production de briques à base d'anas de lin est un marché exploré par un certain nombre de fabricants français, dont la coopérative Depestele en Normandie.

Des recherches sont en cours sur le bloc de béton à base d'anas de lin. Le premier est un bloc porteur fabriqué à partir de ciment, de sable, de chaux, d'anas et d'eau. Il a la même fonction qu'un parpaing classique, tout en assurant une première isolation. Le second bloc isolant est fabriqué à partir d'anas, de chaux, d'eau et d'additifs pour réduire le temps de séchage.

Les deux briques sont aujourd'hui fabriquées au Codem (Centre de transfert dédié à l'écoconstruction et aux écomatériaux), basé à Amiens : l'établissement possède en effet les machines nécessaires à la transformation des anas.

Les qualités des anas de lin sont reconnues par les professionnels de la construction, cependant cette valorisation reste peu significative et constitue pour l'instant un marché de niche. En effet, il n'y a pas d'ACERMI/Atex, ni de règles professionnelles. Des démarches sont en cours.

Par ailleurs, les teillages français absorbent peu de volumes pour valoriser les anas en quantité suffisante et permettre une industrialisation significative.

Les perspectives de développement sont de ce fait plus difficiles à évaluer. Néanmoins, pour évaluer les prévisions de développement du lin pour la construction biosourcée, nous avons choisi de ne retenir que le tonnage de fibres courtes de lin utilisé en Normandie (11 000 tonnes) du fait de la prédominance de cette région.

5.5 Perspectives globales

Sur l'Arc Atlantique, les volumes théoriques de matériaux biosourcés produits en 2022 ont été calculés dans un premier temps en fonction des surfaces agricoles implantées et déclarées à la PAC et des rendements théoriques moyens par culture.
Ensuite à partir de ces tonnages de plantes à fibre disponibles, nous avons estimé la part potentiellement utilisée dans la construction à partir des pourcentages théoriques.

Usage théorique de la biomasse produite en 2022 Arc Atlantique	Paille	Chanvre	Miscanthus	Lin fibre
SAU implantées	2 290 791 ha	4 668 ha	4 867 ha	75 165 ha
TMS théoriquement récoltées	6 383 000 t	32 676 t	36 661 t	578 770 t
Usage pour la construction	270 t	6 711 t	3 666 t	11 000 t

Ces tonnages sont relativement faibles par rapport aux matériaux classiques utilisés pour la construction. Nous sommes encore sur un marché de niche.
Au niveau national, les matériaux biosourcés représentent 10 % du marché de la construction et sont surtout à base de bois.

5.6 Les hypothèses de croissance du marché de la construction biosourcées

Sous l'impulsion de la réglementation RE2020, le marché des biosourcés connait une croissance soutenue d'environ 10% par an. Les professionnels du secteur estiment que la demande va doubler d'ici 2025 sous l'impulsion de ses nouvelles règles, mais aussi de la massification de l'offre qui rend plus accessible ces matériaux.

Nous avons choisi de travailler sur trois hypothèses d'évolution entre 2023 et 2025 :

- Hypothèse 1 : progression actuelle : 10 %/an
- Hypothèse 2 : progression médium : 25 %/an
- Hypothèse 3 : forte progression : 50 %/an

Estimation du volume produit en France selon les 3 hypothèses :

Type de biosourcés France	Volume produit en 2017	Estimation du volume en 2023	Volume en 2025 Hypothèse 1 + 10 %/an 2023	Volume en 2025 Hypothèse 2 + 25 %/an 2023	Volume en 2025 Hypothèse 3 + 50 %/an 2023
Isolants souples (fibre de chanvre, lin et riz)	7 200 t/an	12 755 t/an	15 434 t/an	15 944 t/an	19 133 t/an
Isolant de remplissage (paille de céréales)	4 600 t/an	8 149 t/an	9 861 t/an	10 186 t/an	12 224 t/an
Bétons végétaux (granulat de chanvre (majoritairement), de lin ou de colza)	40 000 t/an	70 862 t/an	85 744 t/an	88 578 t/an	106 294 t/an

En appliquant ces hypothèses sur les données de l'ARC Atlantique, on obtient les données répertoriées dans le tableau ci-dessous, en fonction de la biomasse. Cette projection est appliquée de façon linéaire quel que soit la filière, même si la dynamique n'est pas la même pour le miscanthus et le lin.

Disponibilités de la biomasse pour la construction sur l'Arc Atlantique	Paille	Chanvre	Miscanthus	Lin fibre
Hypothèse de tonnage utilisé en 2022 pour la construction Surface implantée équivalente	270 t 90 ha	6 711 t 4 392 ha	3 666 t 477 ha	11 000 t 1 570 ha
Projection 2025 : +10 %/an Soit SAU nécessaire	359 t 120 ha	8 932 t 5 846 ha	4 879 t 635 ha	14 641 t 2 090 ha
Projection 2025 : +25 %/an Soit SAU nécessaire	527 t 176 ha	13 107 t 8 578 ha	7 160 t 932 ha	21 484 t 3 066 ha
Projection 2025 : +50 %/an Soit SAU nécessaire	911 t 304 ha	22 650 t 14 823 ha	12 373 t 1 610 ha	37 125 t 5 299 ha
Surface totale 2022 – Arc-Atlantique	2 290 791 ha	4 668 ha	4 868 ha	75 165 ha

Cette projection est appliquée de façon linéaire, mais elle ne s'appliquera pas de cette manière notamment selon l'organisation de la filière, le territoire – certains acteurs étant plus ambitieux - et si c'est un co-produit ou une plante dédiée.

6. Conclusions et recommandations

6.1 Conclusions

L'objectif de cette étude vise à une meilleure connaissance de la biomasse disponible sur le marché des matériaux biosourcés pour la construction. Il s'agit aussi de vérifier si ce marché représente une opportunité pour l'agriculture ou au contraire s'il entre en concurrence avec d'autres débouchés de la production agricole pour l'alimentation humaine notamment.

La filière construction en matériaux biosourcés est à l'évidence en progression continue, voire exponentielle.

Plusieurs facteurs l'expliquent et avant tout, le contexte réglementaire avec l'application effective de la RE 2020 dans le secteur du bâtiment. Plus incitative au départ elle vise à une émission de zéro carbone en 2050. Il n'y aura plus de choix que d'utiliser les matériaux biosourcés.

La mise en place de politiques ou pactes biosourcés dans certaines régions françaises va aussi contribuer au développement de l'utilisation de ces matériaux.

La présence sur le territoire d'acteurs engagés dans une dynamique filière - de la production à la mise en marché de produits finis - tant au niveau local que sur le marché régional voire national, est aussi un atout nécessaire à ce marché.

Par ailleurs, ces matériaux ont des propriétés physiques très intéressantes, notamment sur la chaleur thermique en garantissant un confort d'été et une résistance, reconnus.

Les atouts de ces matériaux se heurtent cependant à un encadrement normatif très contraint sur le plan assurantiel avec le principe "un matériau, un usage, une norme" – ce qui signifie une multiplication de normes pour une même ressource selon sa mise en œuvre. Même si certaines filières, et notamment la paille, ont développé des règles professionnelles désormais reconnues, le sujet constitue un des principaux freins au développement des matériaux biosourcés.

Les autres facteurs bloquants résident dans la méconnaissance des matériaux de la part des professionnels et du grand public. Les facteurs économiques (prix élevés), et les critères d'assurabilités et normalisation des matériaux – évoqués plus haut, ralentissent l'évolution des produits biosourcés et incitent peu à l'innovation. Mais, l'imaginaire collectif est encore très influencé par le conte de Charles Perrault, *les trois petits cochons* et l'idée qu'une maison en paille n'est pas solide, elle va attirer les rongeurs, bref elle n'est pas durable.

Disponibilité inégale entre les régions de l'Arc Atlantique :

Le 1er enseignement de cette étude de la biomasse est la grande disparité de disponibilité entre les régions de l'Arc atlantique. La Normandie est leader sur la production de lin fibre, notamment pour le textile tout en étant très présente sur le chanvre.

Les Pays de la Loire sont quant à eux la 1ère région de production chanvre sur l'Arc Atlantique.

A contrario, la Bretagne, pourtant historiquement une terre de lin et de chanvre, a peu de surfaces implantées en lin, chanvre et miscanthus en 2022. L'installation de deux nouveaux acteurs dans le Finistère (Teillage de Bretagne et Bretagne Lin) modifie ces données. Puisque 2000 ha de lin sont annoncés dès 2024.

La paille est plus harmonieusement répartie sur le territoire de l'Arc Atlantique, puisqu'il s'agit du coproduit de céréales.

Cette disparité territoriale est à mettre en lien avec la présence d'acteurs dotés d'outils de transformation et de mise en marché sur les régions concernées.

En Normandie, la présence forte d'entreprises de teillage du lin et de liniers dynamise la production. Le débouché du textile domine, mais la valorisation des co-produits du lin progresse fortement et a un impact direct sur les matériaux biosourcés pour la construction.

Agrochanvre présent aussi en Normandie est aussi un acteur qui favorise la production de chanvre sur la région et les départements limitrophes au travers de ses approvisionnements avec les producteurs fournisseurs. La région ne compte pas pour l'instant d'acteurs de la filière aval proposant de la paille, mais c'est un des objectifs de Scale-Up avec la création de l'atelier biosourcé.

En Pays de la Loire, la Cavac, coopérative vendéenne, a investi dans la transformation du chanvre et la production de matériaux biosourcés pour la construction il y a 15 ans. Cela explique la présence croissante de surfaces en chanvre dans la région. Il existe également deux associations de producteurs de chanvre qui sont plutôt orientés vers la vente en circuits courts.

Les acteurs de la paille sont aussi bien représentés en Pays de la Loire : Profibre (lié à la Cavac depuis 2022), Isol'en Paille, et bientôt COPANO, qui émerge avec une solution innovante de panneaux de paille.

En Nouvelle Aquitaine, il n'y a pas d'acteurs industriels en fabrications de matériaux biosourcées. Ce sont plutôt des organisations d'agriculteurs qui travaillent en circuits courts, comme le Chanvre Mellois. La région Nouvelle Aquitaine accompagne la structuration de filières très localisées à l'échelle de territoires ruraux, en privilégiant l'expérimentation, le lien amont-aval de la filière. Ainsi l'étude préalable de débouchés et le test en amont de produits permettent la mise en culture de chanvre par des collectifs d'agriculteurs.

En terme de paille, la SCIC IELO paille se fournit auprès d'une coopérative d'agriculteurs et souhaite valoriser l'économie locale. Implantée dans la Vienne, elle affiche une volonté de développer cette production de paille insufflée sur toute la France, tout en gardant des valeurs fortes en travaillant avec l'économie locale, elle promeut un modèle d'essaimage visant à rapprocher la production des lieux de construction des projets. L'objectif affiché est que « la paille hachée ne soit pas transportée sur plus de 250 km, du champ de production de blé à l'atelier du charpentier ou au chantier du bâtiment dans lequel elle sera mise en œuvre ».

Disponibilité inégale des ressources :

La paille en tant que matériau biosourcé pour la construction est globalement répartie sur tout le territoire de l'Arc Atlantique et donc peut être utilisée directement sans déployer une logistique importante.

Cette ressource a plusieurs qualités techniques et présente des atouts qui la rendent disponible pour remplir les objectifs de construction durable de la RE 2020.

Elle est immédiatement mobilisable : étant un sous-produit d'une production de céréales, elle ne nécessite pas de modification d'assolement ou l'acquisition d'un savoir-faire technique de production. Les exploitants agricoles cultivent déjà des céréales et maitrisent cette culture.

Cependant, demeure une véritable appréhension côté production que la filière construction en paille vienne concurrencer le besoin de paille pour la filière animale ou pour le retour au sol.

Pourtant les quantités de paille nécessaires à la construction sont faibles au regard de la production et ne semblent pas en mesure de déstabiliser le marché de l'élevage. Par ailleurs, la tendance structurelle de la baisse de l'élevage associée à un accroissement des surfaces de cultures de céréales, permet d'envisager une plus grande disponibilité de la ressource sans déstabiliser les autres productions agricoles.

Il faut toutefois rester vigilant, car les conditions météorologiques peuvent la rendre rare sur certaine campagne - à l'instar de ce qui se profile pour la récolte 2024, compte tenu des fortes pluies d'automne qui ont retardé, voire empêché les semis de céréales d'hiver.

Cette vigilance n'est pas le seul frein au développement de la paille. La présence des acteurs de la transformation est primordiale. De même qu'il doit exister un potentiel de marché et un engagement des professionnels de la construction et de la rénovation ; la prescription des marchés publics, la formation des professionnels sont autant de leviers qui permettront de développer le marché de la paille.

Concernant le miscanthus, l'étude récente de Marie Rondin « Sur les traces d'une nouvelle filière dans le secteur du Bâtiment : le miscanthus » montre les réelles opportunités du miscanthus pour la construction : il s'agit d'une culture pérenne dont la biomasse une fois traitée propose des performances intéressantes en matière d'isolation et de résistance. Production pérenne sur 20 ans, économe en consommation d'eau et ne nécessitant aucun traitement phytosanitaire[35], cette culture est en train de s'installer en France et plus particulièrement dans les régions de l'Arc Atlantique où son développement est croissant.

Cette source de biomasse peut facilement s'implanter dans des territoires à enjeux environnementaux et venir en diversification de productions classiques.

La construction et la fourniture de matériaux biosourcés est une piste de développement très intéressante dans le sens où contrairement à la paille, la ressource peut être implantée dans tout type de sols, ce qui permet un approvisionnement de proximité avec un faible bilan carbone.

Mais son application pour la construction reste à ce jour encore expérimentale.

Le chanvre est en pleine dynamique de développement sur l'Arc Atlantique, avec une progression assurée des surfaces mises en culture dès cette année. Cette plante facile à produire, a connu des difficultés notamment à cause de marchés instables associés à une récolte complexe. Cela rend plus frileux certains producteurs qui ont besoin d'une assurance en termes de débouchés. Cette production nécessite également de valoriser tous les coproduits – y compris la poussière pour être rentable.

Le lin : Le lin est majoritairement cultivé pour la filière textile, très demandeuse et rémunératrice pour la filière. Cette situation ne pousse pas à valoriser les anas de lin qui sont utilisés pour la construction. Des opérateurs très présents dans la région Normandie ainsi que dans les Hauts de France, se diversifient de plus en plus pour encore mieux valoriser tous les coproduits du lin (anas et étoupes) – Ceci aboutira à une massification rapide de la ressource disponible pour ce secteur – la ressource étant déjà présente.

6.2 Préconisations

L'accroissement de ces plantes à fibre présente un intérêt tant environnemental qu'agronomique avec des perspectives pour la diversité des assolements et de débouchés pour les exploitations agricoles de l'Arc Atlantique.

Ce développement dépendra de plusieurs facteurs sur lesquels il est intéressant de travailler

- Développer la demande notamment par la poursuite de la sensibilisation des acteurs et par le soutien des acteurs publics

En effet, l'étude démontre que c'est bien la demande qui développe l'offre de production agricole et non l'inverse. Les exploitants agricoles s'intéressent à ces productions dès lors qu'ils sont assurés du débouché.

Pour cela en complément d'un marché croissant, un cadre politique incitatif peut favoriser les filières agricoles à investir ces nouvelles ressources. Ces synergies peuvent permettre de mobiliser les acteurs économiques en place. Les actions des pouvoirs publics et notamment des 4 régions qui ont toutes adopté un schéma régional en faveur de la bioéconomie, sont importantes. Les collectivités territoriales peuvent aussi avoir un rôle majeur dans de le cadre de projet de territoire.

Il est cependant regrettable que dans le cadre d'aides nationales comme Ma Prim'Rénov, un complément d'aides ne soit pas accordé pour l'utilisation de matériaux biosourcés.

Le développement de la demande passe également par la levée d'un frein à la consommation de matériaux biosourcées à savoir le prix, qui reste encore plus élevé que les matériaux carbonés. C'est en massifiant la transformation avec une industrialisation de l'offre, que peuvent être réalisées des économies d'échelle pour arriver à des prix compétitifs sur le marché.

[35] Des traitements phytos peuvent être réalisés pour la mise en place selon les sols.

Pour assurer un véritable développement de l'utilisation par les professionnels du bâtiment, les actions de sensibilisation permettent d'approcher les artisans et les entreprises qui ne sont pas dans les réseaux du biosourcés.

De plus, les associations régionales de matériaux biosourcés (FB², ARPE, Collectif biosourcés Pays de la Loire et ODEYS) font un travail important de démystification et de pédagogie pour l'usage de tous les matériaux biosourcés avec de nombreuses conférences et d'outils : annuaires de professionnels, appel à manifestation d'intérêt pour accompagner les collectivités vers la construction biosourcée, etc..

Les associations nationales de filières (RFCP, Interchanvre, France Miscanthus..) sont aussi très investies et proposent également de nombreux d'outils en faveur de l'utilisation de matériaux biosourcés (formations destinées aux professionnels, guide d'achat de la commande publique).

Le projet Scale Up en complément de ces actions peut à petite échelle, étendre cette influence par l'accompagnement des deux entreprises lauréates du projet SCALE UP en lien avec les syndicats d'artisans et les structures locales.

- Adapter l'offre :

La filière paille innove sur le type de conditionnement de paille disponible. Actuellement, la paille est utilisée sous forme de botte de 36 ou 22 cm, mais d'autres produits émergent comme la paille insufflée développé par IELO Paille et le panneau de paille conçu par l'entreprise COPANO. Ce sont sur ces techniques d'innovation que le projet SCALE UP peut apporter un soutien pour développer l'utilisation de la paille en construction en Pays de la Loire avec l'accompagnement de COPANO et sur la Normandie notamment avec la mise en place d'un atelier du biosourcé. Ces nouveaux conditionnements permettent d'élargir les usages de paille notamment pour la rénovation.

La filière miscanthus doit davantage se structurer autour des éco-matériaux, des liens avec les filières paille et chanvre semblent nécessaires pour des échanges sur la technicité des matériaux, leurs usages, leurs débouchés.

Le chanvre et le lin ont déjà investi un processus de transformation industriel. Et ces filières poursuivent encore leurs démarches d'innovations (brique, préfabrication.)

- **Massification de l'offre de produits biosourcés pour être compétitif** : La filière a un défi à saisir. L'engagement sur les prix d'achat à la production doit être compatible avec une garantie de revenu pour les exploitations, tout en garantissant un prix attractif sur le marché des matériaux : ce défi passe par la massification de l'offre et donc la réduction des coûts de transformation.

Cela implique également de mieux valoriser tous les coproduits des plantes à fibres en innovant sur les transformations et usages possibles. Cette capacité à dégager de la valeur à partir des coproduits sera cruciale pour la compétitivité des filières dans une perspective d'accroissement des surfaces produites.

Il est aussi possible de travailler sur des modèles de mutualisation d'outils de transformation et de logistique pour amortir les frais de collecte et investir dans des outils collectifs pertinents qui permettront d'intensifier le développement à l'échelle locale tout en faisant des économies d'échelle.

Toutes les filières ne pourront pas être concernées. La paille n'a pas de processus d'industrialisation importante. Elle s'inscrit dans une logique de développement local pour des marchés de proximité, même si le produit brut est facilement transportable. La valorisation de tous les coproduit est également cruciale pour la compétitivité des filières plantes à fibre.

- Sécuriser l'offre des exploitations agricoles : Le développement de filières locales viendra forcément de l'aval et d'une demande précise en termes de volume, de prix et avec un contrat de production pour que les exploitations agricoles s'y engagent. Il faut rassurer les exploitations et leur offrir une certaine valorisation pour avoir de la biomasse de manière régulière. Les productions végétales se concurrencent entre elles selon leur prix de vente. Les céréales mènent souvent la danse et orientent les assolements d'une année sur l'autre.

Ces plantes à fibre présentent de nombreux avantages : elles diversifient les assolements, sont peu coûteuses à produire. Elles sont plus adaptées au changement climatique et ont peu de besoins en eau. Ces atouts peuvent pour certaines cultures et certains territoires leur permettre d'accéder à des aides spécifiques comme les PSE (Paiement pour service à l'environnement).

Des actions sont en cours dans la filière chanvre pour obtenir des aides PAC pour services environnementaux ou que le chanvre puisse être produit sur les jachères, puisqu'il ne nécessite pas de traitement.

- **Mixer les ressources dans le cadre d'un projet de territoire :**

Les filières de production de matériaux isolants peuvent être complémentaires entre elles et présentent l'avantage de fonctionner sur un rythme annuel excepté pour le miscanthus.
Il est judicieux de raisonner à l'échelle d'un territoire de projet pour s'adapter à la ressource disponible et aux acteurs locaux. Cette approche territoriale, avec toutes les parties prenantes (collectivités, producteurs, transformateurs, utilisateurs) permet une meilleure résilience et une meilleure efficacité en termes de disponibilité de ressources – notamment pour la paille – ce qui contribue à sécuriser le marché.
Par ailleurs, il est important de veiller à la part les surfaces à implanter par exploitation pour éviter de trop grandes spécialisations, un retour à la monoculture ou une trop forte substitution aux cultures alimentaires. La limitation des surfaces à implanter est déjà appliquée pour le chanvre par certains opérateurs (Chanvre Paysans, Cavac). Il appartient à chaque territoire de conserver un juste équilibre entre les potentiels alimentaires et de diversification des sols.
Par ailleurs, une offre multiple permet aussi de faire face à des pénuries conjoncturelles liées à des aléas climatiques. C'est un gage pour rassurer les artisans et stabiliser le marché.

L'étude met en avant la nécessité de poursuivre et développer les liens entre producteurs, professionnels du bâtiment, acteurs du territoire, utilisateurs, prescripteurs pour une meilleure interconnaissance et adaptabilité aux besoins et contraintes des uns et des autres.

La commande publique constitue aussi un facteur aidant à l'interconnaissance et qui assure une pérennité aux actions engagées.

Le développement de ces filières qui ont la caractéristique commune d'être bien ancrées dans les territoires est un atout pour l'agriculture et le développement des territoires ruraux.

Ces plantes sont aussi des atouts environnementaux qui les rendent attractives pour la construction biosourcée.

Synthèse

	PAILLE DE CEREALES	CHANVRE	LIN	MISCANTHUS
Type de produits	Botte de 36 ou 22 cm Panneau de paille Paille insufflée	Chènevotte de Chanvre Fibre technique de chanvre	Etoupe, fibre courte, Anas de lin, Fine de lin, brisure d'anas	
SAU	2,290 millions d'ha	4 668 ha	75 165 ha	4 867 ha
Volume de production	6,383 millions de T de paille	30 743 T dont 15 371 T de chènevotte et 8 301 T de fibre	578 770 T de lin	36 661 T.
Dyna-mique	**+++**	**+++**	**+++**	**+**
Prix[36]	200 à 230 € /T livré en petit ballot de 20 kg 65 à 85 € /T balle de 450 kg	Paille : 140 €/t	Etoupe : 600 €/T Anas : 75-120 €/T	75 à 100 € /T en vrac
Usages	Litière animale Retour au sol Champignonnière Construction Combustion	Litière animale Bâtiment Papeterie Construction Plasturgie	Textile, Papeterie, Isolant - matériaux composites Panneaux de particules Litière animale Paillage végétal Combustible Terreau	Litière et alimentation animale Paillage horticole combustible
Structuration de la filière	Production atomisée offre de producteurs ou négociants Transformateurs : ISOL'EN PAILLE, PROFIBRE, COPANO, IELO	Transformation centralisée : CAVAC Agrochanvre	Transformation centralisée dans 10 entreprises principalement en Normandie. Deux nouvelles entreprises en Bretagne	Production atomisée
Disponibilité annuelle	Produit stockage toute l'année mais décision de volume actée en juin	Transformation tout au long de l'année congés des teillages en août		Produit stockable toute l'année
Intérêt agronomique	Non irrigué Retour des pailles au sol selon le type de sol et d'exploitation. Le retrait des pailles facilite les semis sans labour.	Culture de printemps : Faux semis réalisable avant. Non irrigué	Culture de printemps, brise le cycle des cultures d'hiver. Non irrigué	Cultures pérennes : pas de travail du sol pendant 20 ans, faible exportation d'azote
		Introduction d'une nouvelle famille dans la rotation Pas de produits phytosanitaires Retour sur la parcelle tous les 5 ans	Introduction d'une nouvelle famille dans la rotation Retour sur parcelle tous les 6-7 ans	Non irrigué Désherbage uniquement les 2 premières années

[36] Source : CRAN – chambre d''agriculture de Normandie -

Références

[1] https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/

[2] https://draaf.normandie.agriculture.gouv.fr/agreste-etudes-no9-decembre-2021-premiers-resultats-du-recensement-agricole-a2781.html

https://draaf.pays-de-la-loire.agriculture.gouv.fr/recensement-agricole-2020-r525.html

https://draaf.bretagne.agriculture.gouv.fr/le-recensement-agricole-2020-r542.html

https://draaf.nouvelle-aquitaine.agriculture.gouv.fr/le-recensement-agricole-2020-r361.html

Bibliographie

Politiques nationales et régionales

11/2018 - Réglementation RE2020 - https://www.ecologie.gouv.fr/reglementation-environnementale-re2020 - Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires

2023/2025 - Stratégie de la bioéconomie en Normandie - https://www.bioeconomie-normandie.fr/la-bioeconomie/strategie-bioeconomie/ - Conseil Régional de Normandie

Avril 2021 - Plan d'action pour l'économie circulaire en Pays de la Loire - https://www.paysdelaloire.fr/transition-ecologique/economie-circulaire - Conseil Régional des Pays de la Loire

Décembre 2020 – Schéma régional Biomasse (SRB) - https://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/schema-regional-biomasse-srb-r1824.html - Conseil Régional et DREAL des Pays de la Loire

Juillet 2022 - Schéma régional Biomasse (SRB) - https://www.nouvelle-aquitaine.fr/sites/default/files/2021-8/Le%20Sch%C3%A9ma%20R%C3%A9gional%20Biomasse%20Nouvelle-Aquitaine%20-%20Rapport.pdf - Conseil régional Nouvelle Aquitaine.

Schéma régional du patrimoine naturel et de la biodiversité en Bretagne - https://www.cbd.int/doc/nbsap/sbsap/fr-sbsap-bretagne-fr.pdf - Conseil régional de Bretagne

Octobre 2022 - Schéma régional Biomasse 2030 (SRB) - https://www.normandie.fr/sites/default/files/2023-05/srb-normandie-presentation.pdf - Conseil Régional de Normandie

2020 - NeoTerra Schéma régional environnement - https://www.nouvelle-aquitaine.fr/grands-projets/neo-terra-la-feuille-de-route-de-la-transition-environnementale-et-climatique - Conseil régional Nouvelle Aquitaine.

Juillet 2019 - "Stratégie nationale bas carbone (SNBC)- https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc - Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires

Arrêté du 19 décembre 2012 relatif au contenu et aux conditions d'attribution du Label « bâtiment biosourcé » - https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000026810976 - Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires

Octobre 2014 - Norme de terminologie NF-EN 16575 - https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-en-16575/produits-biosources-vocabulaire/fa178684/1459 - AFNOR

Février 2020 - Loi AGEC - https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000041553759/ - Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires

Octobre 2018 - Loi ELAN - https://www.ecologie.gouv.fr/loi-portant-evolution-du-logement-lamenagement-et-du-numerique-elan - Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires

Filières construction biosourcée :

2017 - Nathalie Fichaux - Plan filière chanvre

https://www.interchanvre.org/documents/5.actu_presse/documents_de_reference/201801_Plan_Filiere_InterChanvre.pdf

2017 - Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires: Farid BOU CHERIFI, Laure TRANNOY, Nomadéis : Nicolas DUTREIX, Cédric BAECHER, Barbara PIANU, Isabelle MARX, Martin HABASQUE - Etude sur le secteur et les filières de production des matériaux et produits biosourcés utilisés dans la construction - https://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/etude-nomadeis-sur-le-secteur-et-les-filieres-de-a4670.html

2021 - Collectif Biosourcé Pays de la Loire-Collectif biosourcés - https://www.novabuild.fr/biosource

2022 - Cerema - Rapport sur la comptabilisation des flux de matières à l'échelle des pays de la Loire - https://doc.cerema.fr/Default/doc/SYRACUSE/586482/rapport-sur-la-comptabilisation-des-flux-de-matieres-a-l-echelle-des-pays-de-la-loire?_lg=fr-FR

RMT Biomasse - Fiche technique valorisation de la biomasse en miscanthus - https://france-miscanthus.org/ressources/fiches-miscanthus-rmt-biomasse/

2019 - RFCP - Livre vert de la construction en paille - https://rfcp.fr/wp-content/uploads/2019/10/Livret-vert.pdf

2021 - CNDB - CONSTRUCTION BOIS & ISOLANTS BIOSOURCÉS - https://cndb.org/ressources/

2012 - Luc Floissac, collection Techniques de PRO - La construction en paille - https://www.terrevivante.org/boutique/livres/maison-ecologique/la-construction-en-paille/

Janv-24 - Cerema - Guide RE 2020 - https://www.ecologie.gouv.fr/reglementation-environnementale-re2020

Juin-19 - "Réseau Breton Bâtiment Durable" - Prescrire les éco-matériaux dans les marchés publics N°2 - l'isolation paille - https://www.batylab.bzh

Mars-22 - BATY.LAB - Prescrire les éco-matériaux dans les marchés publics n°6 - les bétons et mortiers de chanvre - https://www.batylab.bzh/prescrire-eco-materiaux/les-betons-et-mortiers-de-chanvre

Mars 2020 - Virginie Le Ravalec, Pierre Bono, Jean Bausset - Le panorama des marchés « fibres végétales techniques en matériaux » - https://www.f-r-d.fr/etudes/m%C3%A9mento-2020/

Janv-22 - François BERT ARVALIS - Lin fibre - Une valorisation de toutes les composantes de la plante - https://www.arvalis.fr/infos-techniques/une-valorisation-de-toutes-les-composantes-de-la-plante

Févr-17 - Service Affaires économiques et prospective Chambre d'agriculture des Hauts de France - Etat des lieux de la filière lin textile dans les Hauts de France - https://hautsdefrance.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Hauts-de-France/filieres-vegetales-chapitre10.pdf

Mars-19 - Laura BAHEULIERE - Innovation le lin c'est du béton - https://terres-et-territoires.com/bien-dans-ses-bottes/innovation-le-lin-cest-du-beton

Mars-22 - Alain Jeanroy - La filière Miscanthus en France - https://france-miscanthus.org/

Déc-21 - Pascal Prévot - Lin Fibre résultats et préconisations - https://www.calameo.com/read/007063788afbdb09d4cca

Juin-21 - Benoit Béchet - Étude sur la formation des prix dans la filière française de production du miscanthus https://www.franceagrimer.fr/fam/content/download/65064/document/Etude%20miscanthus%20rapp%20final%202020%20VF.pdf?version=5

Nov-22 - Marie Rodin - Sur les traces d'une nouvelle filière dans le secteur du bâtiment : le miscanthus - https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03855107v1/file/M1820225320_RONDINMarie.pdf

2021 - Loïc Monod - France AgriMer - Bioéconomie : Rapport 2020 de l'Observatoire National des Ressources en Biomasse (ONRB) - https://www.franceagrimer.fr/Actualite/Filieres/Bioeconomie/2021/Bioeconomie-Rapport-2020-de-l-Observatoire-National-des-Ressources-en-Biomasse-ONRB

2022 - Sébastien Minette - Chambre Régionale d'Agriculture Nouvelle Aquitaine - Guide des Pratiques de conservation en grandes cultures : Gestion de la matière organique - https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/3RDF2022_Minette.pdf

2022 - Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires - Base de données Sitadel2 - https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/la-base-de-donnees-sitadel2-methodologie

2022 - RFCP : Réseau Français de la Construction Paille - FDES : Fiches de déclaration environnementale et sanitaire - https://www.inies.fr/

2022 - Hélène Lenormand, UniLasalle - Faire pousser des isolants thermiques : un panorama des matériaux disponibles en France - https://www.unilasalle.fr/actualites/faire-pousser-des-isolants-thermiques-un-panorama-des-materiaux-disponibles-en-france

2022 - Construction paille - Le panorama de la construction paille - http://www.constructionpaille.fr/panorama/

2023 - France Miscanthus - Les chiffres de la filière française - https://france-miscanthus.org/le-miscanthus-en-chiffres/

2020.06 - Benoit BECHET, Agrex Consulting - Étude sur la formation des prix dans la filière française de production du miscanthus - Étude sur la formation des prix dans la filière française de production du miscanthus (franceagrimer.fr)

2022.05 - Isabelle GHESTEM, Chambre d'agriculture de Normandie - Evaluation des ressources agricoles mobilisables pour la construction en Normandie – document non publié

2019.02 - Karibati & Orialis - Perspectives de développement de la filière chanvre en Nouvelle-Aquitaine - https://entreprises.nouvelle-aquitaine.fr/filieres-prioritaires/chanvre

2020 - Terres Inovia - GUIDE de la culture du Chanvre - https://www.terresinovia.fr/p/guide-chanvre

2023 - Chambre d'agriculture des Landes - Fiche technique du Miscanthus - https://landes.chambre-agriculture.fr/techniques-et-innovations/productions-vegetales/miscanthus/

2021 - Pauline RIO, FDCIVAM - Transformer et récolter du chanvre à la ferme - www.pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/pei-sante-du-vegetal

2016 - ADEME-DGE - Analyse – Recensement des produits biosourcés disponibles sur le marché et identification des marchés publics cibles - Cliquez ici