

CPIER Vallée de la Seine

# RAPPORT DE SOURCAGE - MAILLONS

Version du 20/01/2023



Vallée de la Seine



zefco L'Atelier de la ville en transition

georges

ingénéco TECHNOLOGIES

LM Ingénieur

bmf

ARPE Normandie



ekopolis



UniLaSalle Terre & Sciences

école nationale supérieure d'architecture de paris-belleville

École nationale supérieure d'architecture de Normandie



---

# Sommaire

## **Le projet MAILLONS**

p. 3

---

## **Introduction du SOURCAGE**

p. 31

---

## **SOURCAGE de la Commande immobilière**

p. 33

---

## **SOURCAGE des Filières bio et géo sourcées**

p. 93

---

## **Annexes**

p. 352

---



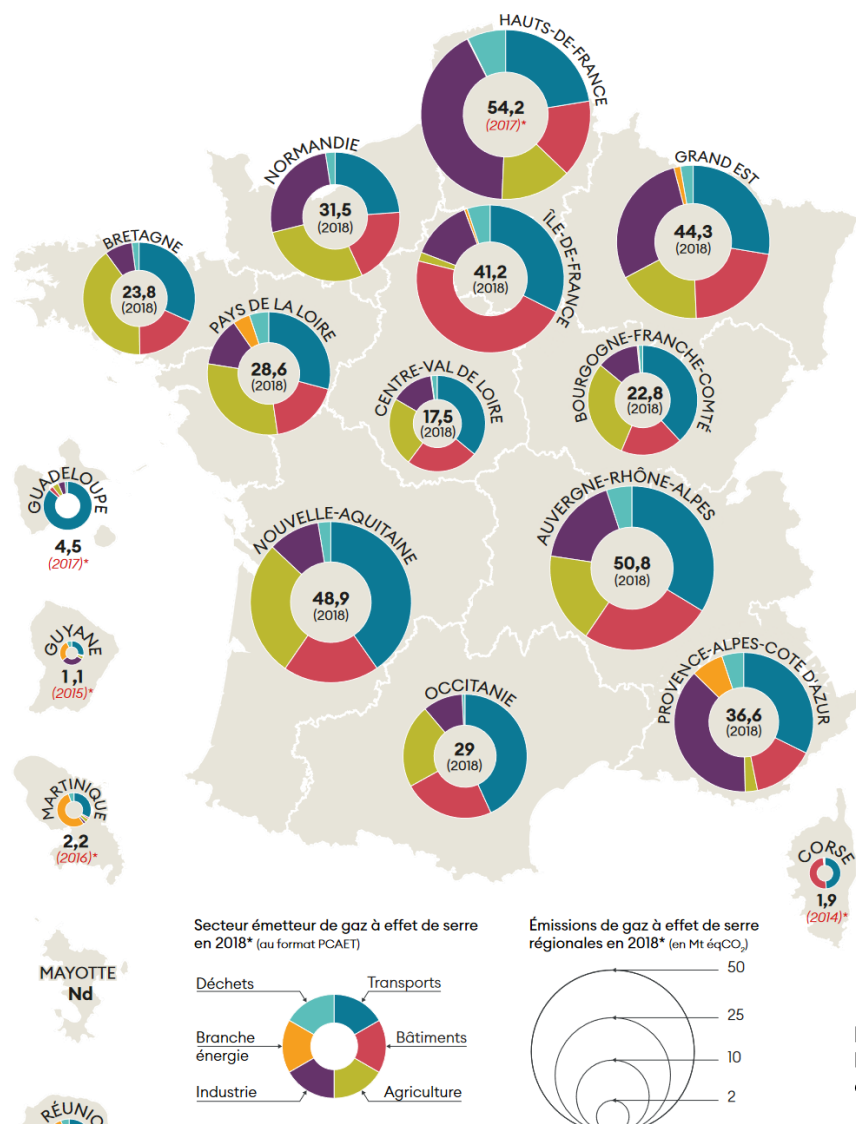
---

# Le projet Maillons

---

# Rappel des enjeux de la transition

## La responsabilité du secteur du bâtiment



Les différents rapports du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) rappellent les conséquences sans précédent liées aux émissions de gaz à effet de serre (EGES) anthropiques.

Le secteur du bâtiment est particulièrement concerné, ayant émis en France plus de 90Mt CO<sub>2</sub>eq en 2017, soit 19% des émissions en prenant en compte le scope 1, et 28% en prenant en compte le scope 2 (production d'énergie consommée dans les bâtiments). En région Ile-de-France, il représentait en 2018 près de la moitié des émissions. Le secteur du transport n'est pas en reste, puisqu'il représente environ 1/3 des émissions à l'échelle nationale.

Les Accords de Paris (qui, selon le GIEC, fixent une limite qui pourrait être dépassée dès 2025) ont ainsi déterminé des objectifs de réduction des EGES (estimées en tonnes équivalent carbone – TeqCO<sub>2</sub>), traduits dans la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) de manière à maintenir un réchauffement global en-deçà de +1,5°C.

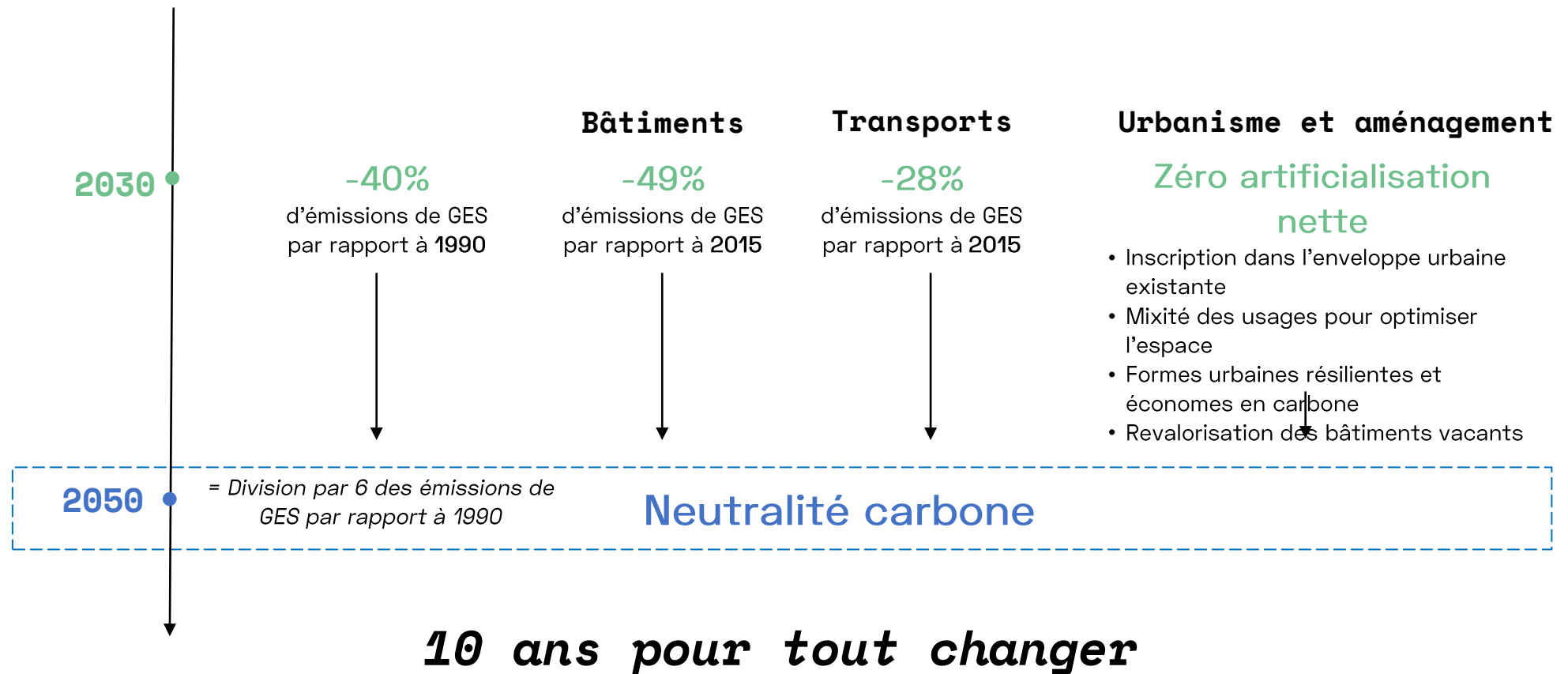
L'échéancier de la RE2020 accompagne progressivement ces ambitions sur le bâtiment.

Haut Conseil pour le Climat, 2021, Émissions régionales de gaz à effet de serre (2018)

# Accélérer la transition

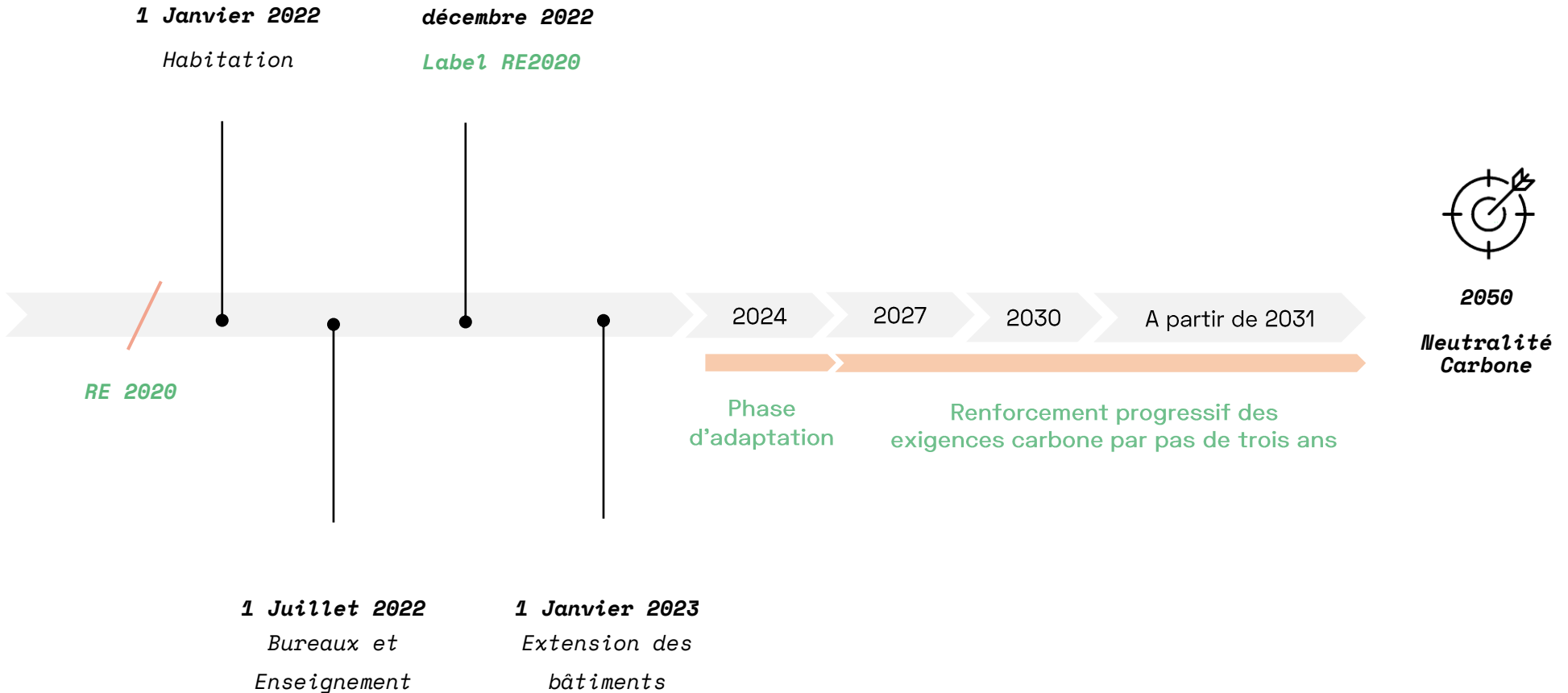
Des forces de fond - des Accords de Paris à la SNBC

Accords de Paris → Stratégie Nationale Bas Carbone



# Accélérer la transition

## Des forces de fond – l'échéancier RE2020



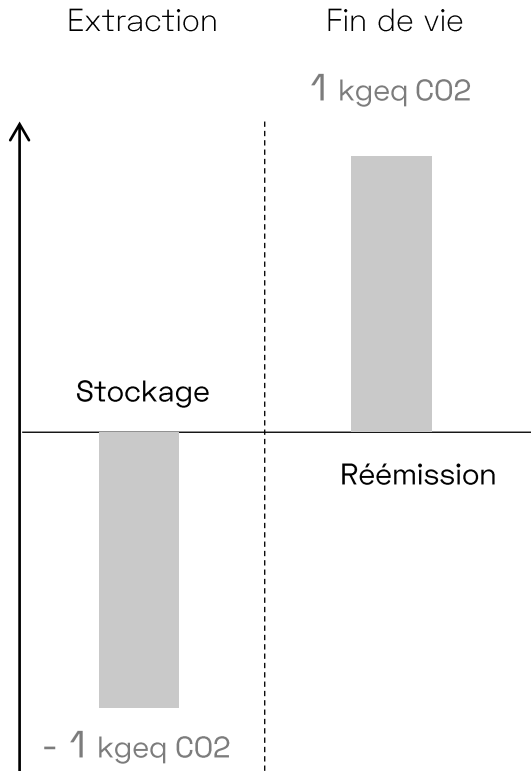


# Accélérer la transition

## RE2020 : ACV dynamique et matériaux biosourcés

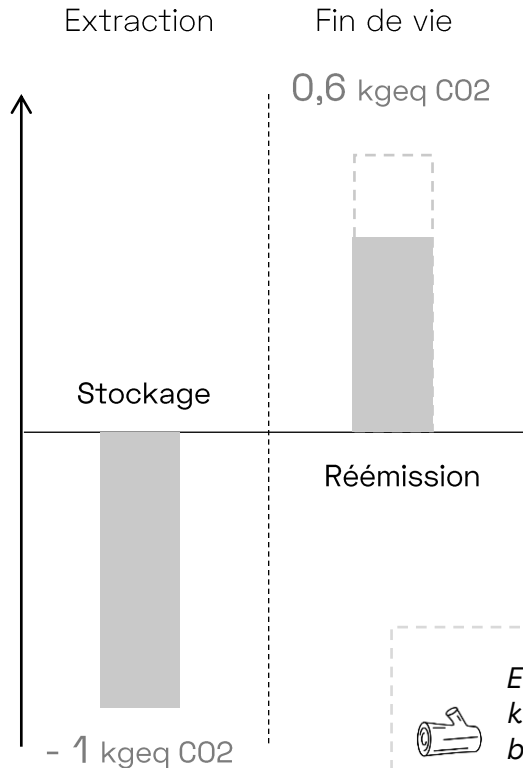
### STATIQUE

= 0 kgeq CO<sub>2</sub>



### DYNAMIQUE

= - 0,4 kgeq CO<sub>2</sub>



La RE2020 est la première réglementation environnementale sur le bâtiment à intégrer la réalisation d'une analyse de cycle de vie (ACV) et des seuils maximum d'EGES.

Après l'expérimentation E+C- et son mode de calcul en statique, l'ACV de la RE2020 a évolué vers un mode de calcul dynamique, qui tend à valoriser le fait de limiter les émissions à court terme par rapport au moyen/long terme.

Ainsi, une des conséquences de ce mode de calcul est de **valoriser l'emploi des matériaux biosourcés** et leur capacité à stocker le carbone à court terme, en diminuant l'impact de leur réémission en fin de vie du matériau.

Les labels bâtiments type *Bâtiment Biosourcé* jouent également un rôle d'incitation auprès des MOA pour investir dans l'emploi de matériaux biosourcés, afin notamment d'obtenir des subventions ou financements spécifiques.



*Exemple fictif d'un kgeqCO<sub>2</sub> stocké par du bois pendant sa croissance*

---

# Accélérer la transition

## Bio & géosourcés, l'exception doit devenir la règle

Ces matériaux ont des intérêts multiples.

D'un point de vue environnemental, ils induisent d'importantes **réductions des EGES** liées à la construction et la réhabilitation du bâtiment. Souvent issus de **co-produits de l'agriculture**, ils offrent aussi une double valorisation de la matière.

Matériaux biosourcés et géosourcés représentent souvent une **ressource locale et abondante**, notamment à l'échelle de la région Normandie dont le secteur agricole est très développé et les qualités de sol adaptées à la construction terre. Lorsqu'ils sont produits de manière territoriale, ils permettent ainsi de diminuer les distances parcourues, ce qui représente une économie carbone supplémentaire.

Par ailleurs, ces filières représentent un très fort potentiel en termes de **dynamiques territoriales** avec la perspective de la création de nouveaux **emplois** et l'accompagnement des filières existantes et de **savoir-faire** parfois ancestraux et très bien implantés sur certaines typologies de bâti et/ou certaines catégories d'acteurs de la commande.

Ces matériaux bénéficient enfin de caractéristiques techniques particulières (capacité de perspiration) qui participent à la **qualité hygrothermique** des bâtiments, notamment en réhabilitation et/ou dans un contexte de recherche de confort thermique bioclimatique minimisant le recours à des systèmes techniques énergivores. Ils sont également favorables à la préfabrication (filiale sèche).

L'étude prospective Transition(s) 2050 de l'Ademe estime l'évolution de la mobilisation de ces matériaux, notamment sous forme d'isolants.

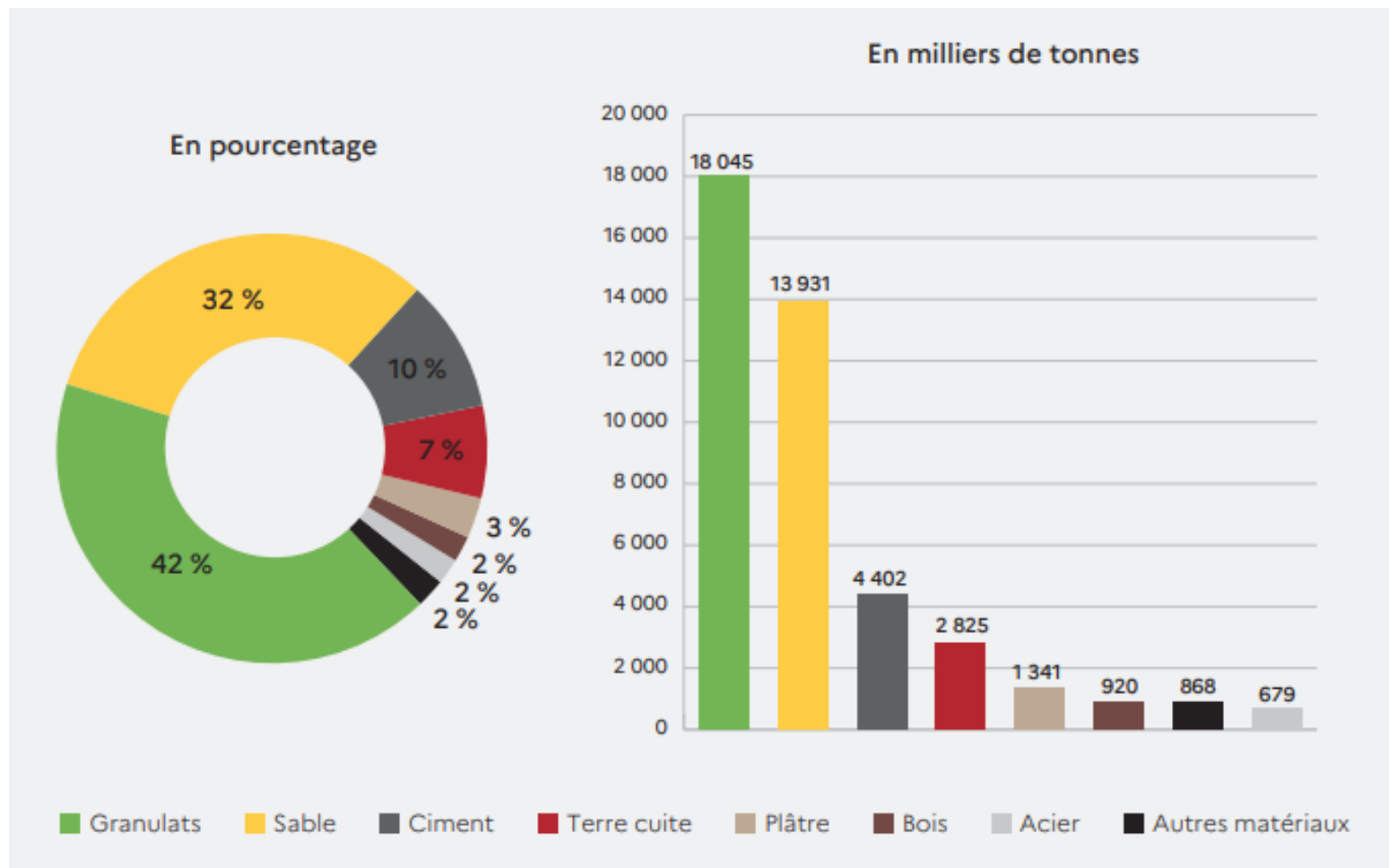
Si leur utilisation a tendance à augmenter en % du total de SDP construite et rénovée dans tous les scénarii, l'étude prévoit également un fort **ralentissement du secteur de la construction neuve** (scénario 1 – sobriété, et 2 - rénovation massive).

Dans ces deux scénarii, les isolants biosourcés représentent 60% du volume d'isolants entre 2015 et 2050 pour la rénovation énergétique des logements (soit 10,8 Mt), et 30% pour le scénario 4 (compensation). Le scénario 3, qui met l'accent sur l'innovation technique, prévoit +100% de consommation d'isolants biosourcés entre 2015 et 2050 (soit 59 kt par an en 2050 contre 30 kt en 2015, et 1,15 Mt dédiés à la rénovation énergétique entre 2015 et 2050). Quant au scénario 4, qui poursuit la dynamique de construction, il considère +60 % de consommation d'isolants biosourcés au total entre 2015 et 2050 (soit 48 kt par an en 2050 contre 30 kt en 2015).

Le **bois**, déjà plutôt bien établi (5 à 7% de la SDP estimée à l'échelle nationale en 2021, dont 20% à Paris), est présenté comme le matériau avec le plus fort potentiel d'ici 2050 (40 à 50% de part de marché dans le scénario 1 selon le type d'usage, et 20 à 35% dans le scénario 3).

# Accélérer la transition

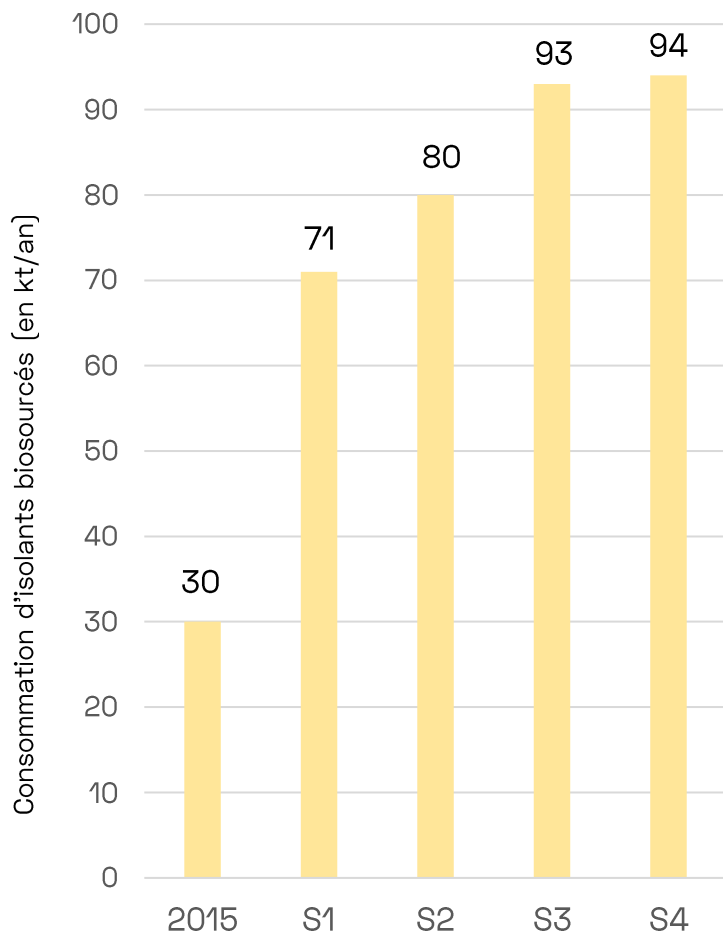
Bio & géosourcés, l'exception doit devenir la règle



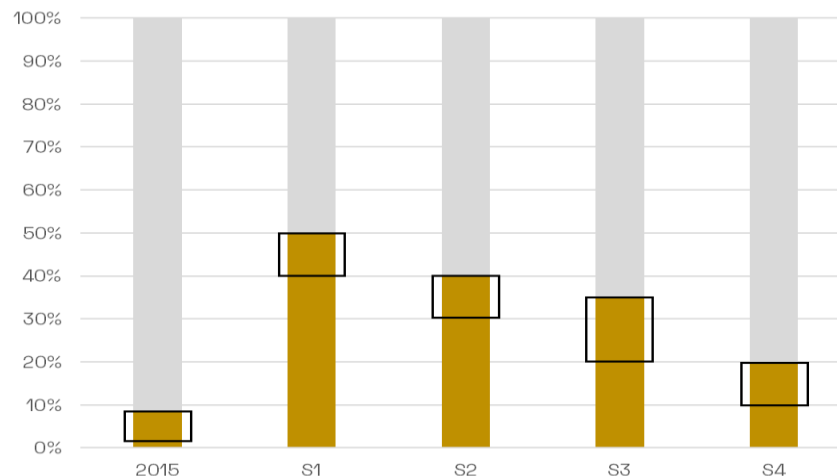
Répartition des matériaux utilisés en construction neuve de logements en France en 2015. Source : Ademe, 2019

# Accélérer la transition

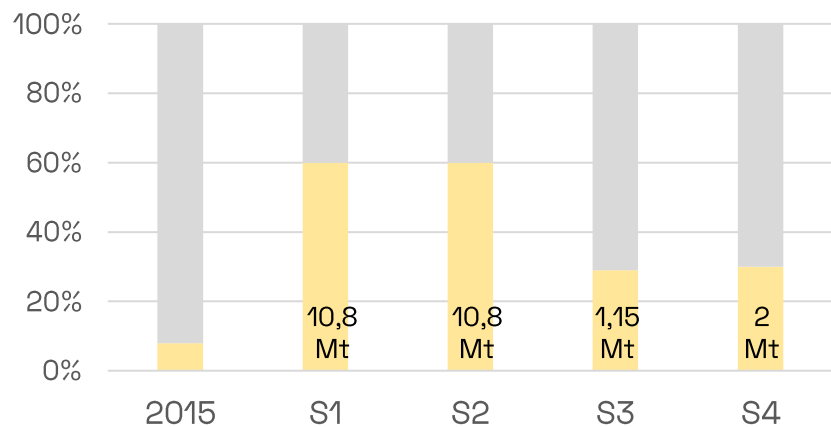
Bio & géosourcés, l'exception doit devenir la règle



Consommation moyenne d'isolants biosourcés (en kt/an) entre 2015 et 2050 pour la construction neuve, selon les scénarii Ademe Transition(s) 2050



Parts de marché de la construction bois (en surface de plancher) – Source données : Ademe Transition(s) 2050



Parts (et volumes) d'isolants biosourcés en rénovation énergétique des logements de 2015 à 2050 – Source données : Ademe Transition(s) 2050



# Accélérer la transition

Bio & géosourcés, l'exception doit devenir la règle



---

# **Le projet Maillons**

## *Une approche territoriale et intégrée*

### **Identifier les chaînons manquants de la construction bas carbone**

Pour engager plus en avant la transition dans le domaine de la construction, il est nécessaire de s'intéresser aux freins que connaissent les différents acteurs qui mobilisent les bio & géosourcées (bonne intégration d'un contexte technico-réglementaire et de tous les gisements en matière d'innovation et de créativité en constante évolution, pour les MOA, les MOE et les entreprises ; la mise sur le marché pour les fournisseurs, etc.).

### **S'adresser aux filières de la Vallée de la Seine**

Disposer d'une cartographie fine faisant état des forces et faiblesses, menaces et opportunités, permettra d'aider les filières régionales à s'inscrire dans un parcours de progression incrémental en vue de leur plus grande reconnaissance dans la construction neuve et la rénovation.

### **Accélérer la généralisation de ces solutions**

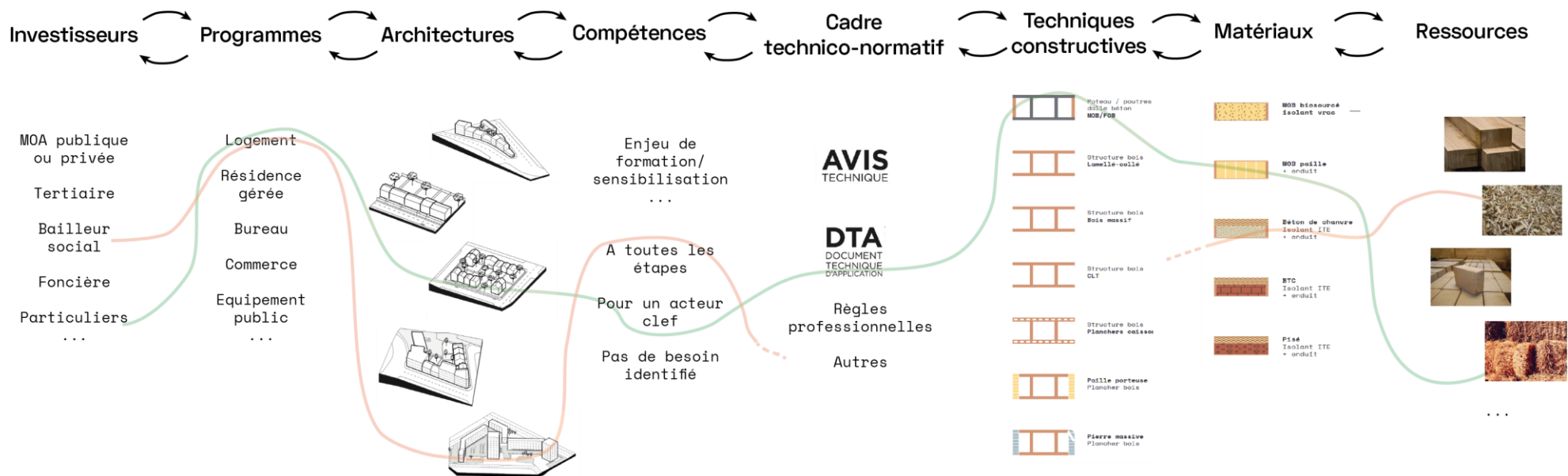
Nous proposons d'identifier les potentiels de développement, freins à lever et potentiels à activer, pour permettre aux acteurs d'explicitier la manière de concevoir avec des solutions bas-carbone et locales, via des applications concrètes et un travail sur des archétypes, et structurer de façon pragmatique la collecte de la si précieuse expérience reconnue et réussie, rendant ainsi plus rapide l'évolution des reconnaissances technico-réglementaires nécessaires.

### **Quelques objectifs pour optimiser et amplifier le développement des filières, ressources, matériaux et solutions constructives bas carbone**

- Identifier les filières et solutions constructives (focus technique et économique, visibilité, formation, optimisation) ;
- Recueillir un corpus de références construites valorisant, après analyse, les possibilités techniques ;
- Améliorer la visibilité des réalisations considérées exemplaires, des ressources et des acteurs dans les territoires ;
- Etendre les possibilités de valorisation des ressources disponibles pour étendre le taux de pénétration des bio & géosourcés (nouvelles ressources dispo, matériaux futurs, usages étendus dans le bâtiment) ;
- Croiser les dispositifs constructifs et matériaux au regard des différentes contraintes afin de définir les hybridations pertinentes ;
- Etudier les marges d'optimisation technique et économique ;
- Questionner la forme architecturale et les dispositions constructives pour optimiser les solutions constructives bas carbone ;
- Mettre en place des approches de reconnaissance facilitées sur les plans techniques, réglementaires et assurantiels.

# Le projet Maillons

Bio & géosourcés : identifier les chaînons manquants



---

# **Le projet Maillons**

## *Activer les filières et commandes de constructions bio & géosourcées*

### **Saisir le bas carbone par les deux bouts.**

Le projet propose de considérer l'ensemble de la chaîne de la construction bas carbone depuis le gisement de matière jusqu'au typologies architecturales. Il s'agit ainsi de faire se rencontrer une approche portant sur les filières bas carbone à disposition et une approche s'intéressant aux réalités contrastées de l'immobilier résidentiel et d'entreprise que traverse la Vallée de la Seine.

### **Des échanges itératifs avec l'ensemble de la chaîne des acteurs du territoire**

L'articulation des deux permet d'amplifier leurs résultats conjoints. La cartographie des ressources, intégrée dans l'étude de l'amont, bénéficiera aux études aval qui pourront identifier les nouvelles opportunités de ressources valorisables. En retour, la valorisation de nouvelles solutions constructives et de nouveaux débouchés permettra de définir les champs d'exigences attendus. L'amont pourra ainsi mieux apprécier les débouchés et caractériser les emplois appropriés des ressources.

L'ensemble des acteurs de la filière, depuis la transformation des ressources jusqu'à la production du cadre bâti, est mobilisé afin de trouver les voies d'optimisation et les opportunités pour amplifier et massifier l'emploi des matériaux bio et géosourcés dans la construction de la ville.

Aider les filières et maîtrises d'ouvrage à visualiser les étapes à franchir pour tendre vers les

techniques courantes, et offrir une vision stratégique et opérationnelle pour l'ensemble des parties prenantes, depuis les filières jusqu'aux maîtrises d'ouvrage en passant par les concepteurs, facilitera la transition.

**Notre hypothèse est donc que la somme des convergences que nous saurons détecter – qu'elles soient avérées ou potentielles – constitue la prochaine étape locale en matière de transition environnementale.**

### **Un projet en 4 étapes**

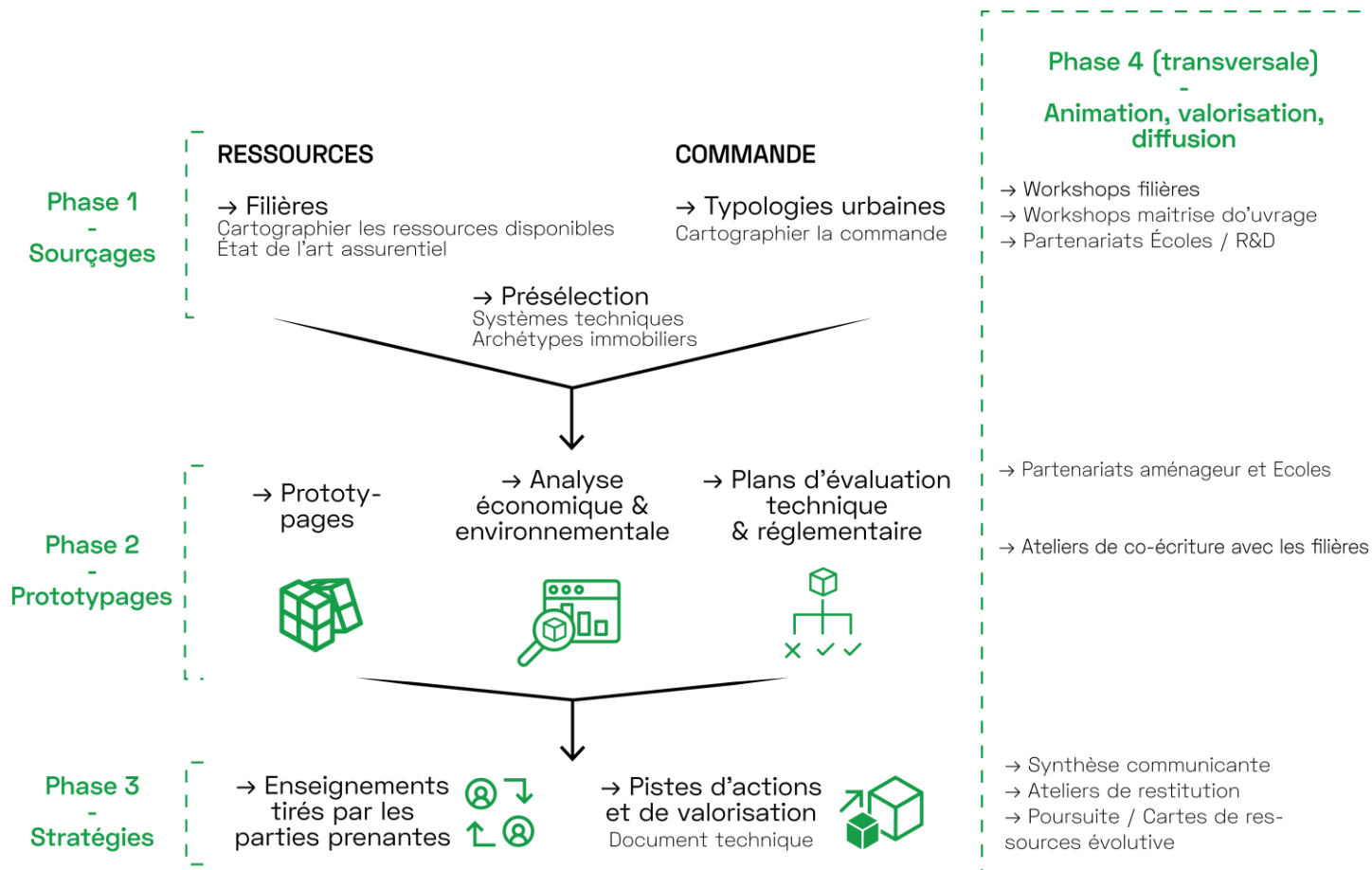
Pour répondre à ces ambitions, trois phases de travail sont planifiées, ainsi qu'une quatrième phase transversale d'animation et de communication qui alimente le projet sur toute sa durée :

1. Sourçage des ressources et de la commande : vers un bouquet de solutions techniques [jan.22-juin 22]
2. D'un bouquet de solutions techniques à son potentiel de massification [juil.-dec.22]
3. Stratégie incrémentale vers un plan d'actions partagé [jan.23-mai.23]
4. Animation, valorisation, diffusion. Cette dernière étape est transversale à l'ensemble du projet, avec des itérations régulières mobilisant l'ensemble des acteurs des filières [oct.21.-sept23]



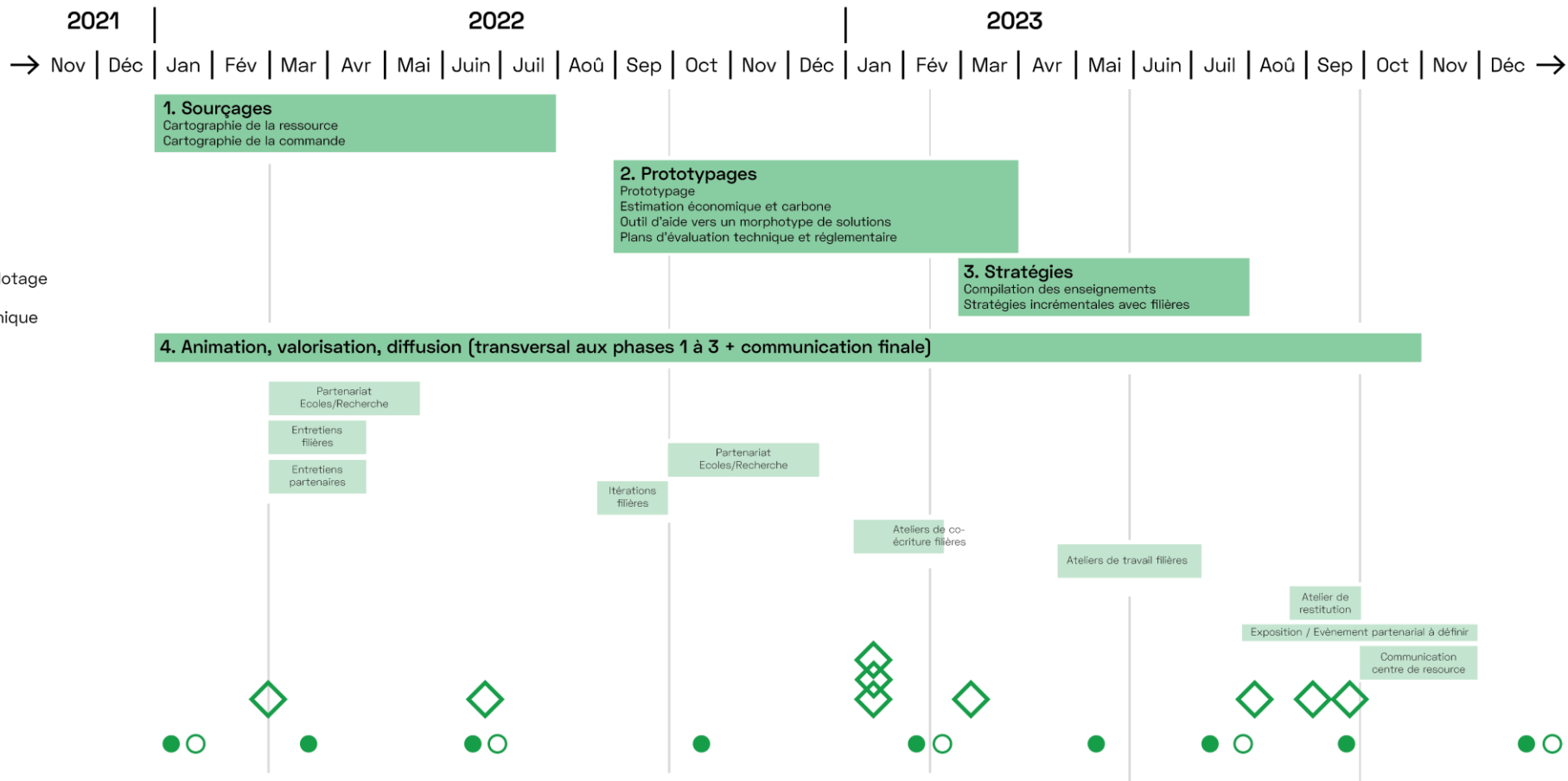
# Temporalité et objectifs

Un état des lieux croisé des filières et des archétypes immobiliers (1) ouvre une phase d'exploration des solutions constructives et de leur scalabilité (2) pour déboucher sur des stratégies incrémentales de massification (3). L'animation, la diffusion et la valorisation des connaissances acquises s'étale sur tout le projet (4).



# Le projet Maillons

## Planning



# Le projet Maillons

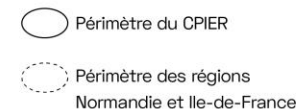
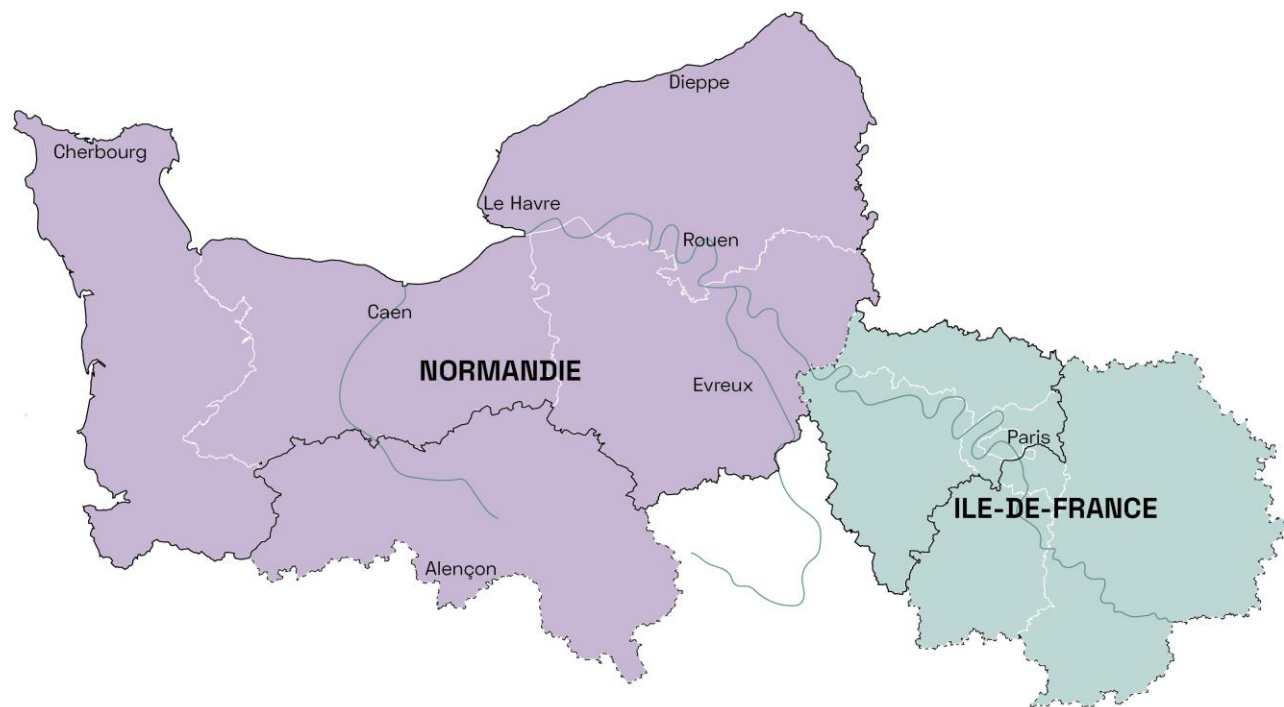
## Territoire d'étude

Le projet Maillons est développé et financé par le CPIER Vallée de la Seine.

En termes de périmètre d'étude, nous avons cependant fait le choix d'élargir la réflexion aux régions Normandie et Ile-de-France dans leur ensemble, cette échelle étant plus cohérente en termes de transport des matériaux et de bassin de production agricole.

Nous nous autorisons également à travers l'étude à considérer des acteurs des régions voisines, qui peuvent contribuer à la dynamique des filières de ces deux régions.

Par ailleurs, nous avons pris le parti d'élargir ponctuellement le périmètre d'étude à l'échelle nationale lorsqu'elle nous semblait la plus pertinente. C'est le cas notamment des données recueillies sur les caractéristiques des matériaux et techniques constructives, ainsi que sur les références architecturales et les projets démonstrateurs.



# Le projet Maillons

## Rassembler une équipe avec plusieurs regards

### Pilote



### Une équipe groupant expertise, recherche & MOE

Le groupement allie compétences de conseil (en innovation, transition environnementale, politiques publiques, etc.) et expérience en maîtrise d'œuvre (architectes, bureau d'études technique et environnement, économiste), garantissant une vision à la fois stratégique et technique.

institutionnels, et s'intégrant dans les canaux existants grâce aux centres de ressource. L'expérience de l'équipe en matière de projets opérationnels et de conseil, auprès des acteurs de la promotion immobilière notamment, lui permet de mobiliser les expertises et de travailler avec des promoteurs, bailleurs sociaux et aménageurs tels que Normandie aménagement, Nexity, Habitat76, etc.

### Expertise MOE/environnement

georges LM Ingénieur



### L'appui de centres de ressource régionaux

Ekopolis et l'ARPE Normandie, spécialistes régionaux du bâtiment durable directement intégrés au groupement, ont une excellente vision de l'ensemble des projets bas carbone en cours et des acteurs mobilisés sur les deux régions. Ils mobilisent leur connaissance du terrain, leurs réseaux d'acteurs (filiales, MOE, MOA) et leurs capacités d'animation dans le cadre des workshops et autres étapes de co-production. Ils seront mobilisés afin d'assurer la diffusion des résultats en fin de projet et sur le temps long via leurs médias habituels (formations, publications, newsletters, ateliers, etc.).

### Un ancrage universitaire à Rouen et Paris

L'étude s'appuie sur les ENSA de Rouen et de Paris Belleville, ainsi que sur l'Institut Polytechnique UniLaSalle, école d'ingénieurs dans les sciences de la Terre, du vivant, de l'environnement et école vétérinaire. Au sein d'UniLaSalle Rouen, l'équipe de recherche « Valorisation des agro-ressources en Molécules et Matériaux Innovants (VAM<sup>2</sup>IN) est spécialisée dans les valorisations non-alimentaires et s'investit dans une démarche de détection, valorisation, caractérisation et transformation de co-produits végétaux. Elle a développé une expertise dans (i) la caractérisation des particules végétales entrant dans la composition de matériaux biosourcés pour le bâtiment durable, (ii) dans les facteurs d'influence naturels ou industriels qui engendrent de la variabilité sur les propriétés de ces particules végétales, et (iii) dans l'ingénierie des matériaux biosourcés.

### Expertise technique et économique



### Ancrage régional

ARPE Normandie



### Recherche universitaire



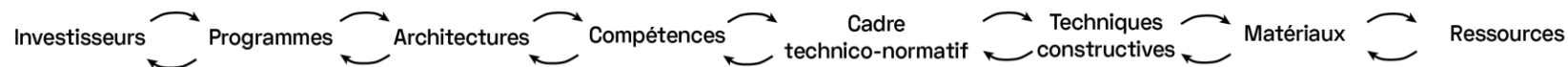
### Un travail partenarial avec l'ensemble des acteurs

A la rencontre entre l'approche partant des filières bas-carbone et celle partant des réalités immobilières des territoires et donc de la commande, le projet permet d'appréhender l'ensemble de la chaîne économique des filières en associant l'amont et l'aval. Il ouvre à un travail partenarial, associant filières, aménageurs, promoteurs et partenaires



# Le projet Maillons

Rassembler une équipe avec plusieurs regards



ARPE Normandie



georges

LM Ingénieur

zefco



bmf

école nationale  
supérieure  
d'architecture  
de paris-belleville



UniLaSalle  
Terre & Sciences

## Statut

BET Environnement

## Date de création

2018

## Taille

20 salariés

## Domaine d'expertise

Conception  
environnementale

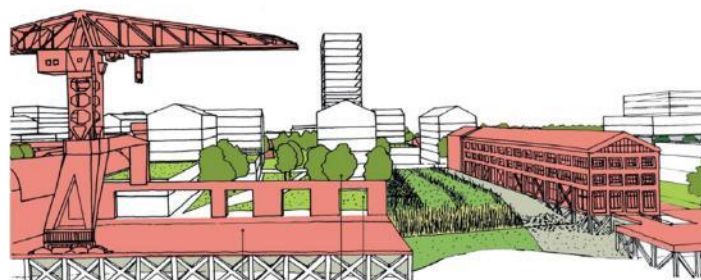
Sourçage filières



*Pirmil-les-Isles*



*Porte de Montreuil, Zéro carbone sur 50 ans sur la construction*



*Assistance à maîtrise d'ouvrage pour massifier le recours aux matériaux biosourcés sur les opérations de NMA.*

	Structure	Façade	Isolation	Obsolescence	Énergie
1	Structure en béton	Façade en béton	Isolation en laine de verre	Obsolescence en béton	Énergie en panneaux solaires
2	Structure en bois	Façade en bois	Isolation en laine de bois	Obsolescence en bois	Énergie en panneaux solaires
3	Structure en béton	Façade en bois	Isolation en laine de verre	Obsolescence en béton	Énergie en panneaux solaires
4	Structure en bois	Façade en bois	Isolation en laine de bois	Obsolescence en bois	Énergie en panneaux solaires
5	Structure en béton	Façade en bois	Isolation en laine de verre	Obsolescence en béton	Énergie en panneaux solaires
6	Structure en bois	Façade en bois	Isolation en laine de bois	Obsolescence en bois	Énergie en panneaux solaires
7	Structure en béton	Façade en bois	Isolation en laine de verre	Obsolescence en béton	Énergie en panneaux solaires
8	Structure en bois	Façade en bois	Isolation en laine de bois	Obsolescence en bois	Énergie en panneaux solaires

*Matériautheque sur les matériaux de la construction issus des filières bio & géosourcées avec une approche coût-bénéfice du sujet carbone.*

ARPE NORMANDIE



Association Régionale pour la Promotion de l'Éco-construction en Normandie

**Statut**

Association

**Date de création**

2007

**Taille**

4 salariés

**Domaine d'expertise**

Animation de réseaux professionnels

Formation - information

Ecomatériaux locaux

Auto-réhabilitation accompagnée



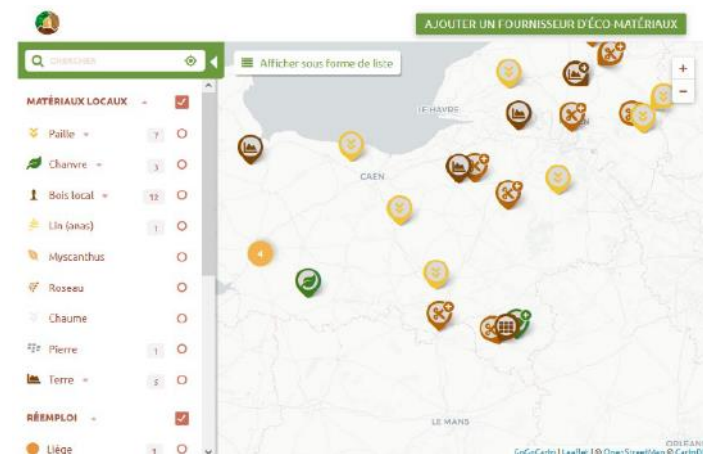
*Animation de filières locales*



*Offre de formation*



*Production de ressources techniques et pédagogiques*



*Multifilière : cartographies, sensibilisation*





Atlas des acteurs bio & géosourcés pour l'Île-de-France



Valorisation d'opérations remarquables

## Statut

Association

## Date de création

2014

## Taille

16 salariés

## Domaine d'expertise

Aménagement/construction durables

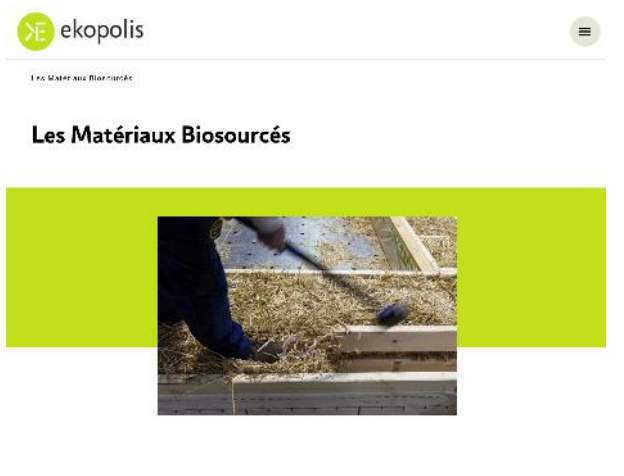
Informier - centre de ressources

Former - organisme de formation

Accompagner des projets (QBDF)



Offre de formation



Dossiers thématiques

# georges

## Statut

Architecte urbaniste

## Date de création

2014

## Taille

20 ETP

## Domaine d'expertise

Écoconception

Architecture (marchés immobiliers)

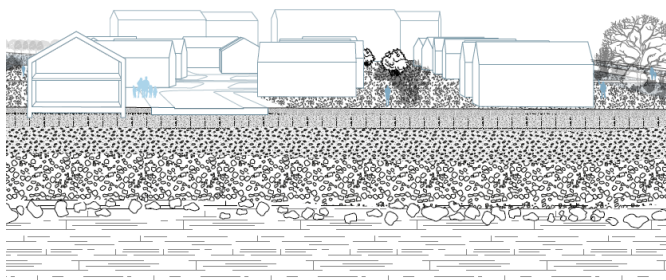
Urbanisme (montage, accompagnement aménageur)



*Village des Athlètes pour les Jeux de Paris, logements en structure bois*



*Porte de Montreuil, Zéro carbone sur 50 ans sur la construction*



*Maîtrise d'œuvre urbaine et paysagère, quartier des Coteaux à Colombelles*



*Étude d'opportunité de développement de la ville de Chelles*



# LM Ingénieur

**Statut**

BET ingénierie

**Date de création**

2006

**Taille**

12 personnes

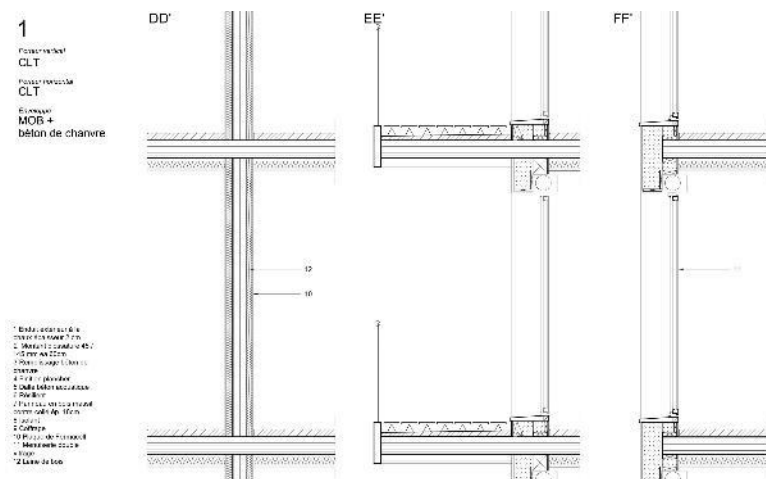
**Domaine d'expertise**

Structure

Enveloppe

Environnement

Biosourcés



*Mission d'AMO auprès de Paris Métropole  
Aménagement,  
Chapelle Charbon Construire biosourcé*



*Projection de chanvre dans ossature bois*



*Principe structure et enveloppe projet de  
logement. Rue Myrha, Paris 18ème*

### Statut

Assistance à Maîtrise d’Ouvrage-Ingénierie, Conseil-Expertise-Innovation, Formation

**Date de création**  
2006

**Taille**  
4 salariés

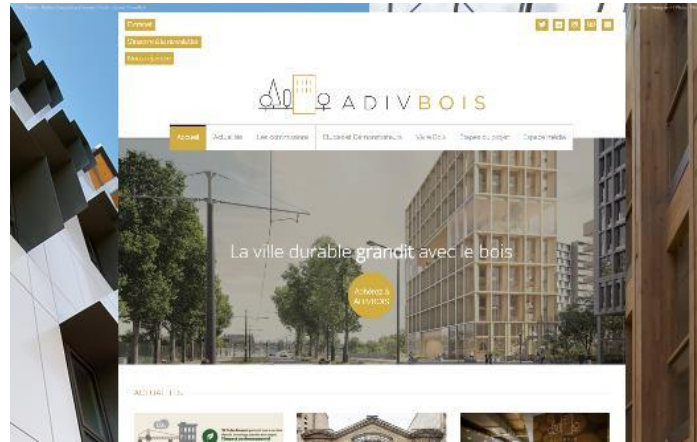
### Domaines d’expertise

Expert en Normalisation, Innovation et Assurabilité

Expert CSTB

Expertise Judiciaire

Organisme de Formation et de Recherche agréé



*2017, Adivbois : Programme National de la Construction Grande Hauteur en Bois, Animateur de la Commission Technique, Initiateur et Animateur du Club des Industriels. Levée de freins technique et réglementaires. 200 000m<sup>2</sup>*



*2019, Pirmil-les-Isles et Projets NMA : Contrat cadre 4 ans AMO Innovation et Assurabilité de Nantes Métropole Aménagement; Définition des Stratégie d’Evaluations Techniques et Règlementaires et calibration des ambitions Bas carbone avec développement des Filières locales. 150 000m<sup>2</sup>*



*Février 2013-Juin 2020 ILOT BOIS et Biosourcé : Contrat cadre AMO Innovation et Assurabilité de l’Eurométropole de Strasbourg ; assistance à la faisabilité et à la reproductibilité ; définition des Stratégie d’Evaluations Techniques et Règlementaires, mise en œuvre et suivi. 20 000m<sup>2</sup>*



*2018, Village Olympique, Cluster des Médias et Centre Aquatique des Jeux Olympiques et Paralympiques Paris 2024 : CONSEIL SOLIDEO, CSTB et SOCOTEC ; accompagnement, évaluation et capitalisation pour la massification des procédés bas carbone. Assistance faisabilité et reproductibilité. 400 000m<sup>2</sup>*



## Statut

Bureau d'études

Ingénieurs conseils en  
économie de la  
construction

## Date de création

1985

## Taille

45 personnes

## Domaine d'expertise

Economie de la  
construction



*Bâtiment tertiaire en terre crue - îlot B2 Lyon  
Confluence (69)*



*Tour Bois de  
logements de  
50 mètres de  
hauteur, 17  
étages -  
Paris Rive  
Gauche Lot  
B1A3  
« Wood'Up »*



*Laboratoire INRA sur l'étude des terres,  
construction en terre crue - Orléans (45)*



*Logements bois, parking silo bois, locaux  
d'activités - îlot 8.12 « Woodstone » Bordeaux  
(33)*



3,800 students	20 degree programs	5 engineering degrees and 27 specialization programs	29 dual degrees	260 partner universities in 58 countries
4 CAMPUSES > AMIENS, BEAUVAIS, RENNES, ROUEN				
7 research units and 7 chairs	over 1,000 partner companies	480 employees	20,000 alumni	1 worldwide network of 72 LaSalle Universities



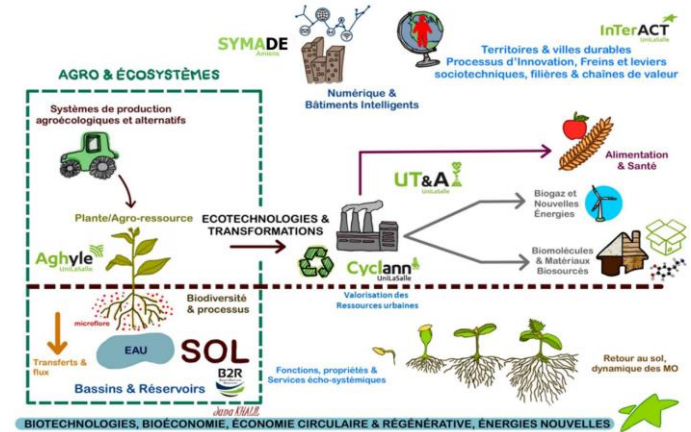
**Statut**  
Association loi 1901  
(EESPIG)

**Date de création**  
2016 : Institut  
Polytechnique UniLaSalle  
fusions successives  
d'écoles d'ingénieurs

**Taille**  
524 salariés (Groupe)  
89 salariés (Rouen)

**Domaine d'expertise**  
Pôle d'enseignement  
supérieur dans les  
sciences de la Terre du  
vivant de l'environnement  
et école vétérinaire

4 campus - 4050 étudiants - 5 formations  
ingénieurs



6 unités de recherche - vision systémique - 3  
piliers thématiques DD

## UT&A UR Transformations & Agro-ressources

### De la diversité biochimique et morphologique de co-produits végétaux



Expertise matériaux biosourcés - Valorisation des  
co-produits agricoles

### ... aux matériaux biosourcés

#### Moulage, Thermo-compression Projection



Exemples de programmes R&D collaboratifs pour la  
construction durable



École  
nationale supérieure  
d'architecture  
de Normandie

**Statut**

Université

**Date de création**

1904

**Taille**

700 étudiants

**Domaine d'expertise**

Ressources naturelles  
renouvelables, climat et  
architecture

Chaire RNRCA



*Séance de Jury - Intensif d'atelier de Master (2019)*



*Maquette constructive - Atelier de Master (2018)*



*Coupe habitée - projet de PFE (2020)*



*Expérimentation constructive - GAIA (2016)*



# école nationale supérieure d'architecture de **paris-belleville**

## Statut

Ecole nationale supérieure d'architecture

## Date de création

1960

## Taille

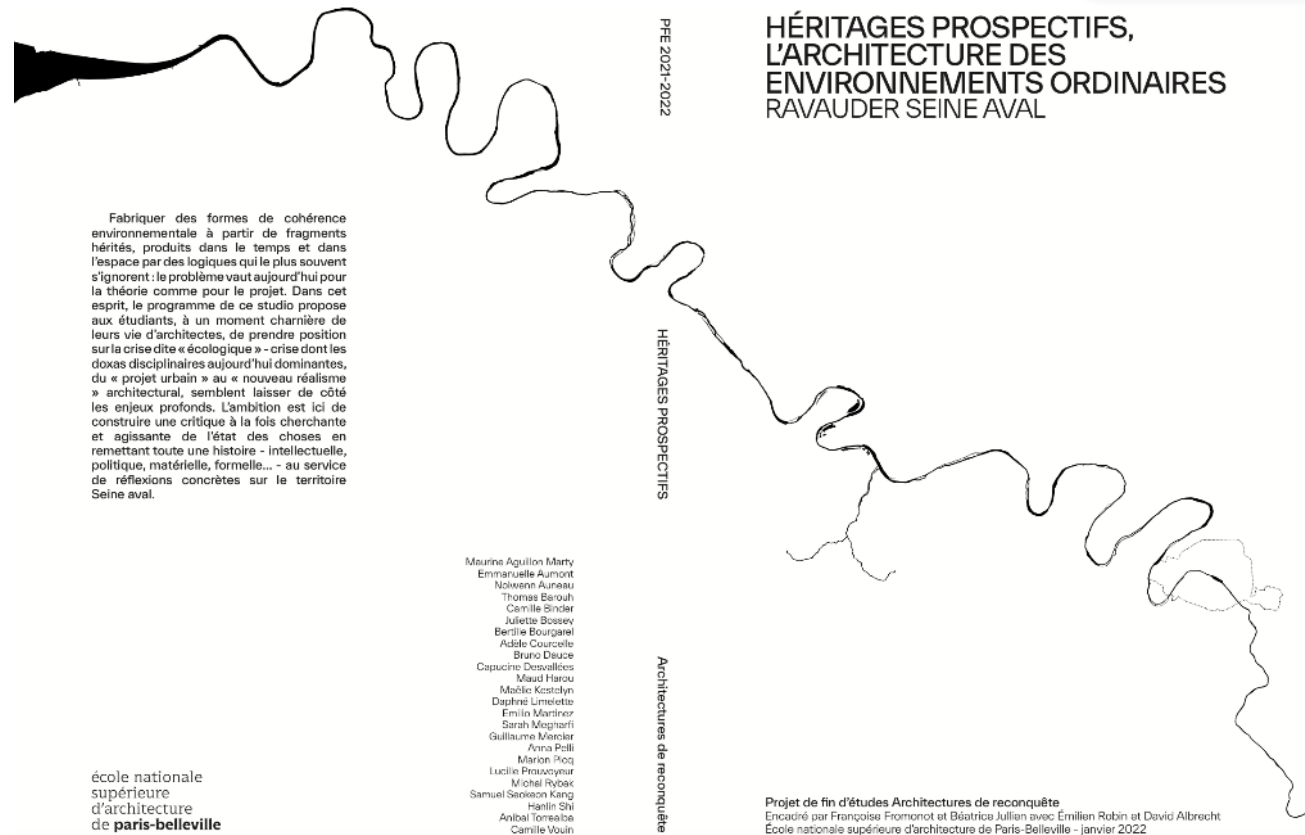
24

## Domaine d'expertise

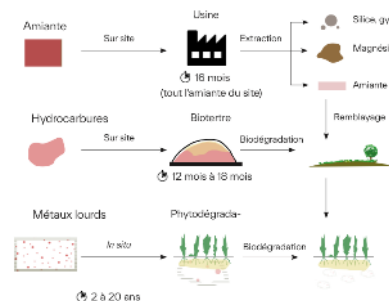
Architecture

Urbanisme

Projet de fin d'études



## Préparation du sol, l'héritage comme ressource



Travaux d'étudiants (projet de fin d'études)

# Le projet Maillons

## La gouvernance du projet

### Une gouvernance partagée

Le projet s'appuie sur une gouvernance partagée avec les partenaires institutionnels afin de répondre au plus près aux besoins et enjeux du territoire de la Vallée de la Seine. Des comités techniques (CoTech) et de pilotage (CoPil) réguliers sont organisés.

#### CoTech x10

- Environ tous les 2 mois
- Invités : ADEME + Région Normandie

*Suivi de l'avancement, orientation du projet*

#### CoPil x5

- Fin de chaque phase, lancement et fin de projet
- Participants : tous les partenaires institutionnels

*Présentation des résultats et planification des missions à venir*

#### Séminaires

- 1 ou 2 par an
- Ouvert aux partenaires et personnes ressources

*Temps forts [journées d'étude / interventions / tables rondes / partage des résultats]*



Les comités techniques de phase 1

- CoTech n°1 le 09/12/2021
- CoTech n°2 le 16/02/2022
- CoTech n°3 le 30/03/2022



Les comités de pilotage de phase 1

- **CoPil de lancement** : le 14/01/2022
- **CoPil fin de phase 1** : le 30/06/2022

---

# Introduction du Sourçage

---

# Sourçage des ressources et de la commande

## Vers un bouquet de techniques et d'archétypes immobiliers

### Objectifs et attendus

- Panorama des filières
- Etat de l'art assurantiel
- Analyse des archétypes immobiliers représentatifs de la Vallée de la Seine

### Contributeurs

- Zefco
- atelier Georges
- LM Ingénieurs
- Ingénéco
- Ekopolis
- ARPE Normandie
- UniLaSalle

### Gouvernance

- 2 CoPil
- 3 CoTech
- Rapport de sourçage

### Durée

- 6 mois

### Livrable

- Rapport de sourçage

### Chantier A : Définition des archétypes

Objet : Identification et prototypage d'une typologie de bâtiments caractéristiques sur les marchés immobiliers du territoire de la Vallée de la Seine.

Livrable : Diagnostic communicant intégrant les archétypes immobiliers retenus.

### Chantier B : Sourçage des filières locales

Objet : Cartographie des acteurs et état des lieux de la production et transformation des ressources, ainsi que des possibilités de partenariats en Ile-de-France, en Normandie et entre régions.

Livrable : Diagnostic communicant sur la base du pré-diagnostic et du résultat des entretiens – pré-sélection de systèmes techniques.

### Chantier C : Etat de l'art technico-règlementaire et potentialités des reconnaissances assurantielles

Objet : Etat de l'art technico-règlementaire et évaluation des potentialités des reconnaissances assurantielles des solutions bas carbone pour les filières du territoire Vallée de la Seine.

Livrable : Pré-diagnostic intégrant cet état de l'art assurantiel des solutions bas carbone et perspectives pour le faire évoluer à court, moyen et plus long terme.



- Neuf → **georges**
- Réhabilitation → **LM Ingénieur**



- Un référent par filière + binôme en appui



- Etat de l'art des ressources agricoles → **UniLaSalle Terre & Sciences**

ingénéco TECHNOLOGIES

---

# Sourçage de la Commande immobilière

---

---

**1.**

# *Cadrage*

Méthodologie du sourçage de la commande immobilière du territoire



# Méthodologie générale du sourçage commande

Le sourçage de la commande immobilière vise à dresser un état des lieux représentatif des dynamiques actuelles de construction.

Depuis l'analyse étendue à l'ensemble du terrain d'étude, chaque étape resserre l'échantillonnage dans l'objectif de sélectionner une dizaine de produits "best-sellers" supports de la phase 2 du projet Maillons.

## Cadrage de l'étude

Le périmètre de l'étude est le territoire de la Vallée de la Seine défini par le décret n° 2013-336 du 22 avril 2013 sur les départements de Paris, des Hauts-de-Seine, de la Seine-Saint-Denis, des Yvelines, du Val-d'Oise, de la Seine-Maritime, du Calvados, de l'Eure et de la Manche.

## 1. Echantillonnage territorial : approche statistique

Le territoire est étudié par le volume de constructions par des données statistiques INSEE à l'échelle de l'EPCI. L'échantillonnage territorial comprend dix EPCI répartis géographiquement et qualitativement selon leurs dynamiques de construction.

## 2. Echantillonnage typologique : approche statistique

Dans chaque EPCI sont identifiés les types de bâtiments majoritaires selon les destinations recensées sur la base Sit@del2. Les constructions sont réparties en deux groupes distincts aux enjeux différents : l'immobilier résidentiel et l'immobilier non résidentiel. Cette dernière catégorie renverra dans cette étude à l'immobilier d'entreprise, mettant de côté les établissements de services publics considérés comme étant des cas particuliers difficilement généralisables. De ces chiffres sont sélectionnés deux échantillons de bâtiments pour chaque EPCI en immobilier résidentiel et en immobilier d'entreprise. La très grande disparité des usages et des formes dans les opérations de réhabilitation mène à choisir des archétypes pour la diversité de leur nature.

## 3. Mise en dialogue avec les professionnels de l'aménagement

Les échantillons établis sur la base de statistiques sont discutés avec les aménageurs des territoires étudiés. Leurs connaissances

pratiques des projets en cours permettent d'amender les données chiffrées. A l'issue des entretiens, les échantillons sont recalibrés.

## 4. Sélection des "best-seller"

Les échantillons sont regroupés ensuite en familles morphologiques selon :

- la nature du projet : neuf / réhabilitation
- la destination : immobilier résidentiel / immobilier d'entreprise
- la typologie : individuel / collectif; tertiaire / activité
- les dimensions des constructions : surfaces, hauteur

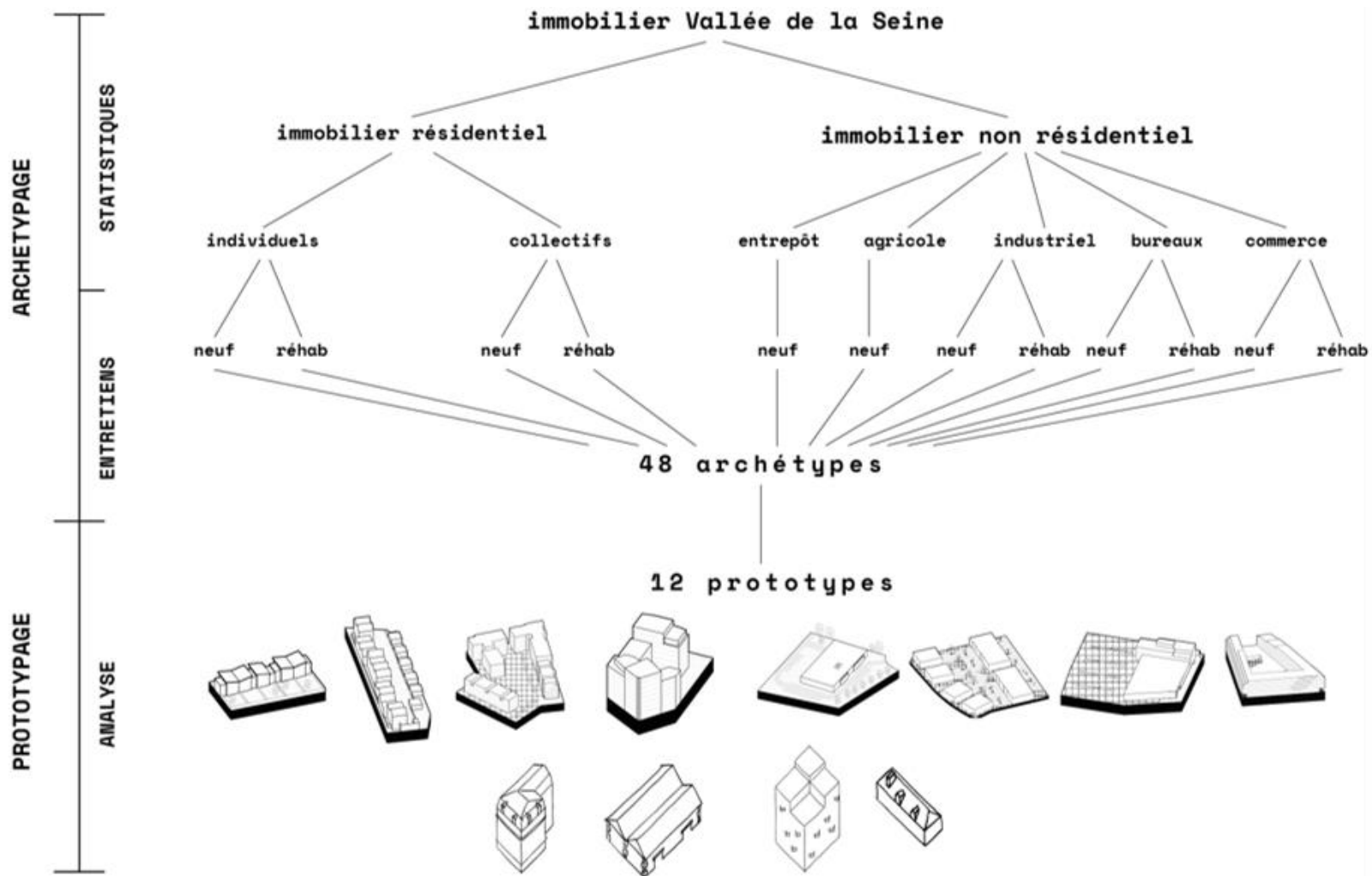
L'analyse des échantillons en réhabilitation nous amène à créer des liens entre certaines opérations, mais c'est l'aspect constructif de l'existant qui prime.

Des groupes morphologiques se dessinent, amenant à une distinction par typologie constructive.

Douze "best-seller" sont identifiés comme étant représentatifs des familles morphologiques :

1. construction neuve de bureaux
2. construction neuve d'entrepôt
3. construction neuve d'activité artisanale
4. construction neuve de bâtiment mixte
5. construction neuve de logements collectifs
6. construction neuve de logements en petit collectif
7. construction neuve de logements intermédiaires
8. construction neuve de logement individuel
9. réhabilitation de logements en béton
10. réhabilitation d'immeuble de rapport, de bâtiment patrimonial commun
11. réhabilitation de construction traditionnelle
12. réhabilitation de bâti industriel

# Synthèse de la méthodologie du sourçage commande



# Grille d'entretien mobilisée

Les structures ayant répondu positivement à notre sollicitation sont des opérateurs publics d'aménagement et des communautés d'agglomérations / communes. Les interlocuteurs n'étaient pas tous compétents pour nous renseigner sur les deux volets résidentiels et non résidentiels. Il a été parfois alors utile de cumuler les interlocuteurs sur un même territoire.

Interroger les acteurs sur leur vision de leur territoire d'intervention donne à voir une identité contrastée à l'échelle de la Vallée de la Seine. Oscillant entre urbanité et ruralité au sein d'un même EPCI, la Seine est un marqueur d'identité et de développement économique tel - tant d'un point de vue industriel que touristique - que certains départements comme la Manche et le Calvados ne se sentent pas appartenir au périmètre tel que défini par le décret n° 2013-336 du 22 avril 2013.

Toutefois, les entretiens ainsi cumulés ont mis en évidence des similitudes du point de vue des typologies de construction, au point de dresser des "familles" de bâtiments résidentiels et non résidentiels. La collecte de ces produits avec leurs systèmes constructifs est bien la preuve d'une sous-exploitation des ressources locales.

*Les entretiens se déroulent en visioconférences sur la base de la présentation des données statistiques afin de les mettre en discussion.*

## **0. Questions générales sur la structure**

- Type de structure
- Effectif
- Activités/missions
- Périmètre géographique/thématique

## **Conclusion**

- Freins
- Leviers

## **1. Territoire**

- Spécificité par rapport à la Vallée de la Seine
- Dynamiques de construction
- Répartition territoriale
- Territoires les plus représentatifs
- Contexte géographique, social, réglementaire, économique

## **2. Typologies de construction**

- Types de bâtiments dominants le marché
- Opérations représentatives
- Systèmes constructifs
- Prix de foncier et prix de sortie
- Montage des opérations
- Neuf / réhabilitation

## **3. Evolution prospective**

- Évolution conjoncturelle
- Quelles constructions demain ?
- Quels enjeux sur le territoire ?
- Opérations emblématiques sur le territoire
- Quelle piste explorer en tant qu'aménageur

# Bibliographie du sourçage commande

## Bibliographie

- INSEE, nombre de logements annuel, 2010 / 2018
- Sit@adel2, chiffres en dates réelles, 2010 / 2018
- Ademe, fiche outils "calcul de biotope", cahier technique "écosystèmes dans les territoires"
- Heitz, Adeline, La Métropole Logistique : Structure métropolitaine et enjeux d'aménagement. La dualisation des espaces logistiques métropolitains. Architecture, aménagement de l'espace. UPE, Université Paris-Est; IFSTTAR-Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux, 2017
- GIP Seine-Aval, fiche thématique "héritage de l'industrialisation de la vallée de la Seine"
- AUCAME, analyse de la morphologie urbaine, mai 2008
- CAUE Isère, Atelier Formes urbaines & densité, 2017
- Ministère de la Transition écologique, Guide RE2020, éco-construire pour le confort de tous
- CEREMA, Réhabilitation énergétique des copropriétés normandes entre 1948 et 1974, juin 2014
- APUR, Réhabilitation des bâtiments construits à Paris entre 1945 et 1974; Pratiques actuelles / nouveaux enjeux, juin 2016
- APUR, Cahiers d'analyse de la performance thermique des logements parisiens, mars 2011
- Maisons paysannes de France, opération BATiment Ancien

## Entretiens

- **SHEMA** – Aménageur / SEM (29.04.22) Atelier Georges
- Seine Normandie Agglomération – Communauté d'agglomération (12.05.22) Atelier Georges
- Communauté d'agglomération Val Parisis – Communauté d'agglomération (17.05.22) Atelier Georges
- Communauté de communes Granville Terre et Mer – Communauté de communes (16.06.22) Atelier Georges
- Rouen Normandie Aménagement – OPA / SPL (07.06.22) Atelier Georges
- Groupe EAD Eure Aménagement Développement – OPA / SEM (02.06.22) Atelier Georges
- Plaine Commune Développement – OPA / SEM / SPL (02.06.22) Atelier Georges
- Normandie Aménagement – OPA / SEM (03.06.22 / 10.06.22) Atelier Georges
- Voies navigables de France – Gestionnaire de réseau de transport (06.05.22) Atelier Georges

# Répartition territoriale de la commande

## Champ d'action des acteurs interrogés

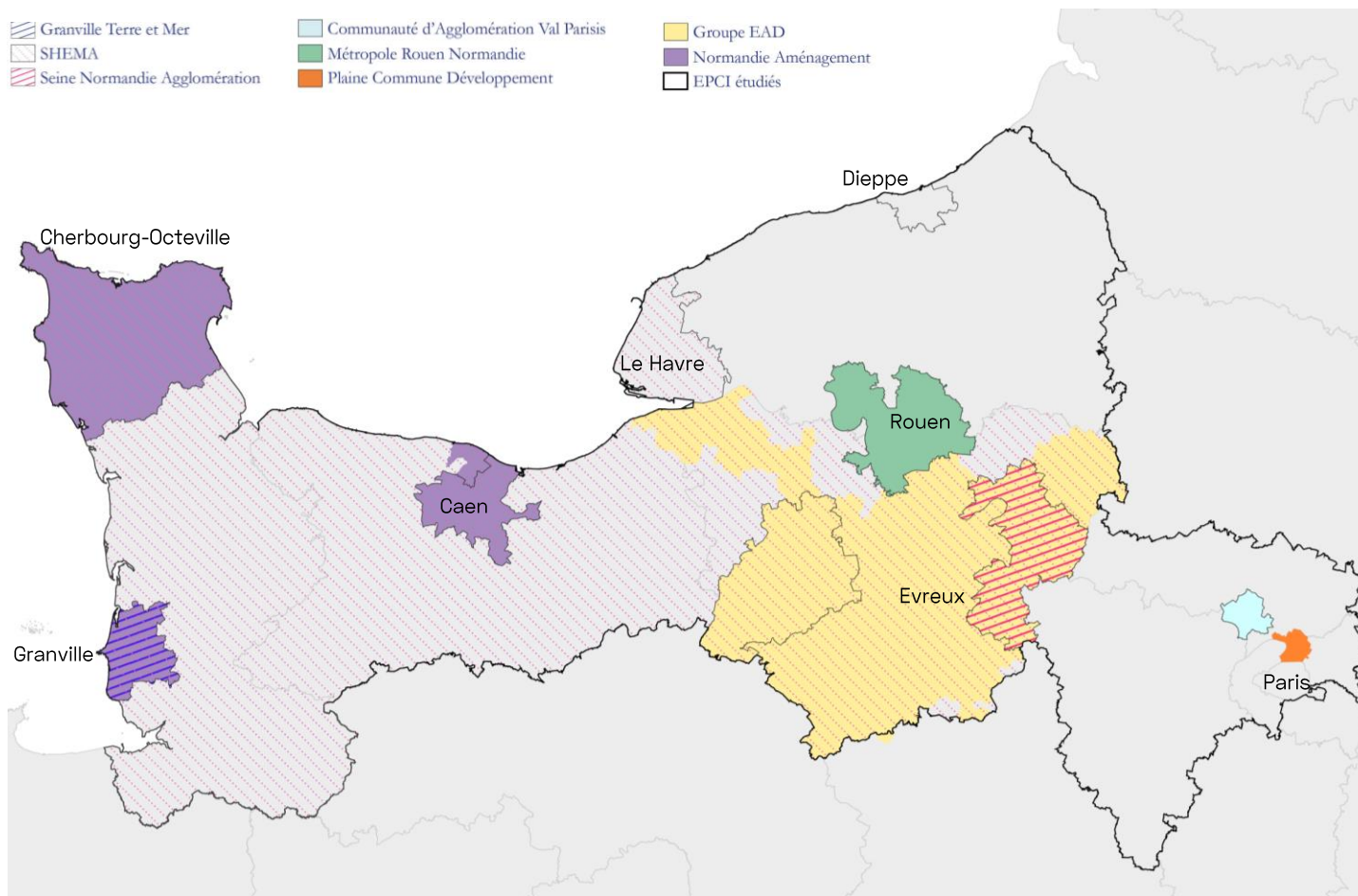
Les acteurs ciblés pour les entretiens n'ont pas tous répondu positivement à notre sollicitation.

Acteurs ciblés :

- agences d'urbanisme
- communautés d'agglomérations
- communautés de communes
- opérateurs publics d'aménagement
- promoteurs immobiliers
- constructeurs de maisons individuelles

Au moment de la prise de contact, les interlocuteurs sont informés du sujet de l'enquête : "dresser un état des lieux du marché immobilier et comprendre les freins et les leviers à la construction biosourcée". Il est possible que les acteurs issus du privé ne construisant actuellement pas en biosourcée se sentent illégitimes à répondre à notre demande d'entretien.

Une répartition équivalente des interlocuteurs a été recherchée à l'échelle de la Vallée de la Seine. Seuls les territoires de Dieppe et des Yvelines n'ont pas donné suite à nos relances.



---

**2.**

# ***Résultats***

Des territoires aux archétypes immobiliers

---

# Répartition territoriale de la commande

## Les dynamiques de construction sur le territoire de la Vallée de la Seine (VDS)

### Echantillonnage géographique du territoire

Afin de mener un échantillonnage géographique du territoire, l'hypothèse de départ est que la dynamique de construction de logements dans un espace donné est représentative de sa dynamique de construction globale.

Les dynamiques de production de logements sont évaluées avec les chiffres disponibles sur le site de l'INSEE en nombre de logements annuels. L'indicateur choisi est le nombre moyen annuel de logements construits par EPCI sur la période 2008/2018.

En effet, l'EPCI représente une échelle de décision et d'action intéressante. Le découpage du territoire par les EPCI permet une couverture complète du territoire tout en présentant des différences significatives en termes de marché (volume, maison / appartement, prix de l'immobilier). Aucune alternative ne paraît satisfaisante : les "aires d'attraction des villes" ou les "unités urbaines" couvrent de manière lacunaire le territoire, et les "zones d'emploi" sont à la fois hors sujet et trop larges.

Les données obtenues aboutissent à une décomposition en trois groupes:

- **Groupe A : Métropole du Grand Paris**  
(hors-catégorie : 22 550 nouv log / an)

Et puis le reste du territoire du CPIER (environ 27 000 nouv log / an) réparti comme suit :

- **Groupe B : les 10 EPCI les plus dynamique**  
(environ 13500 nouv log / an)
- **Groupe C : l'ensemble des autres EPCI**  
(environ 13500 nouv log / an)

Ce découpage permet de sortir la Métropole du Grand Paris qui fait figure d'événement exceptionnel sur le plan quantitatif (volumes très importants et caractéristiques singulières) et propose une répartition du groupe dynamique (B) sur l'ensemble du territoire dans un souci d'équilibre Île-de-France / Normandie).

Pour davantage de plasticité, les séries B et C sont divisibles

- Groupe B1 : les 3 EPCI les plus dynamique du groupe B  
(environ 6750 nouv log / an)
- Groupe B2 : l'ensemble des autres EPCI du groupe B  
(environ 6750 nouv log / an)
- Groupe C1 : les 17 EPCI les plus dynamique du groupe C  
(environ 6750 nouv log / an)
- Groupe C2 : l'ensemble des autres EPCI du groupe C  
(environ 6750 nouv log / an)





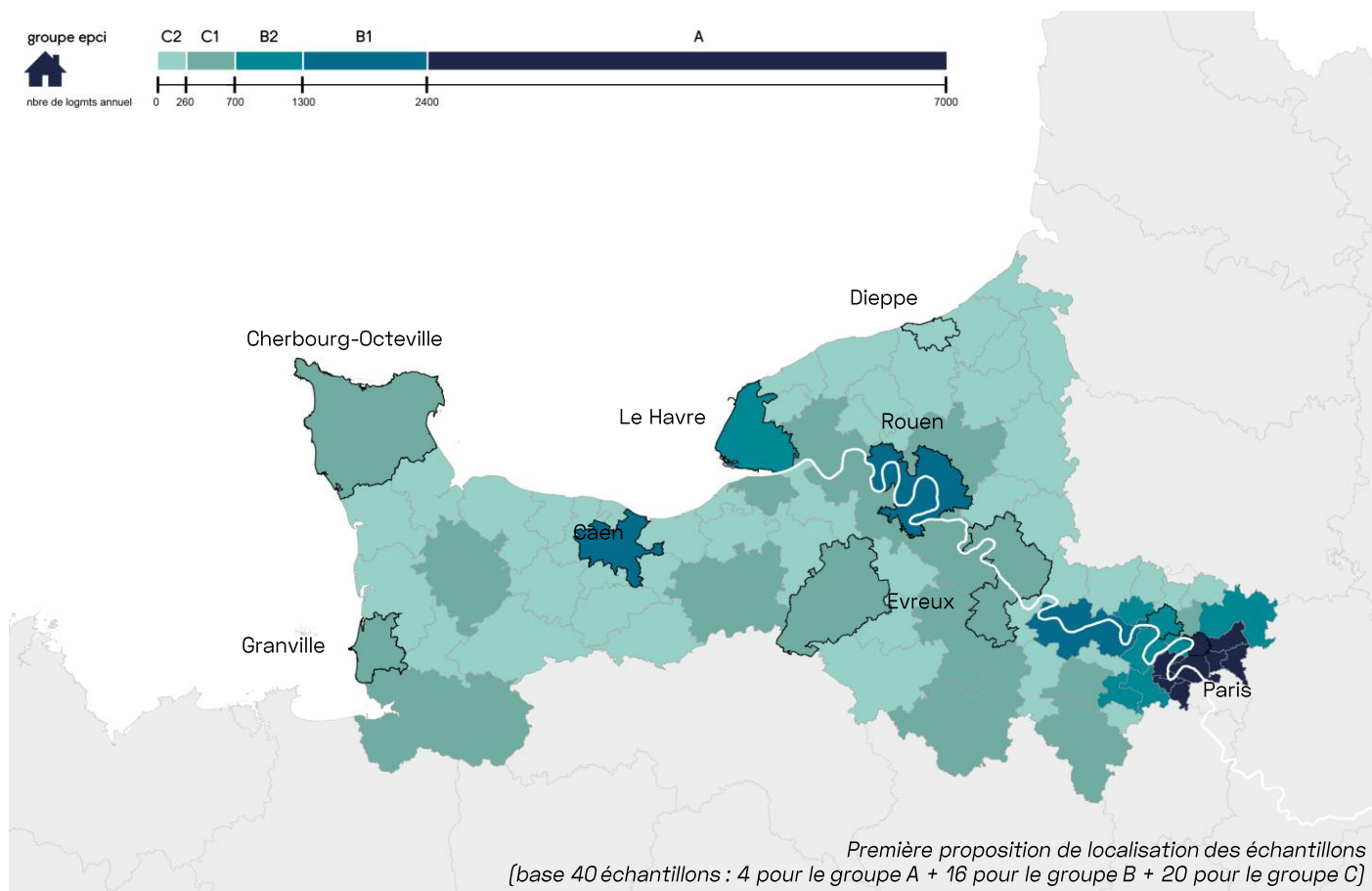
# Répartition territoriale de la commande

## Les dynamiques de construction sur le territoire de la VDS

### Approche quantitative des statistiques à l'échelle de la Vallée de la Seine

Cette première étape permet de sélectionner dix EPCI répartis géographiquement et qualitativement selon leurs dynamiques de construction.

Les entretiens effectués ensuite confirment la validité de l'hypothèse de départ : la dynamique de construction de logements est bien représentative de la dynamique de construction globale.



# Répartition territoriale de la commande

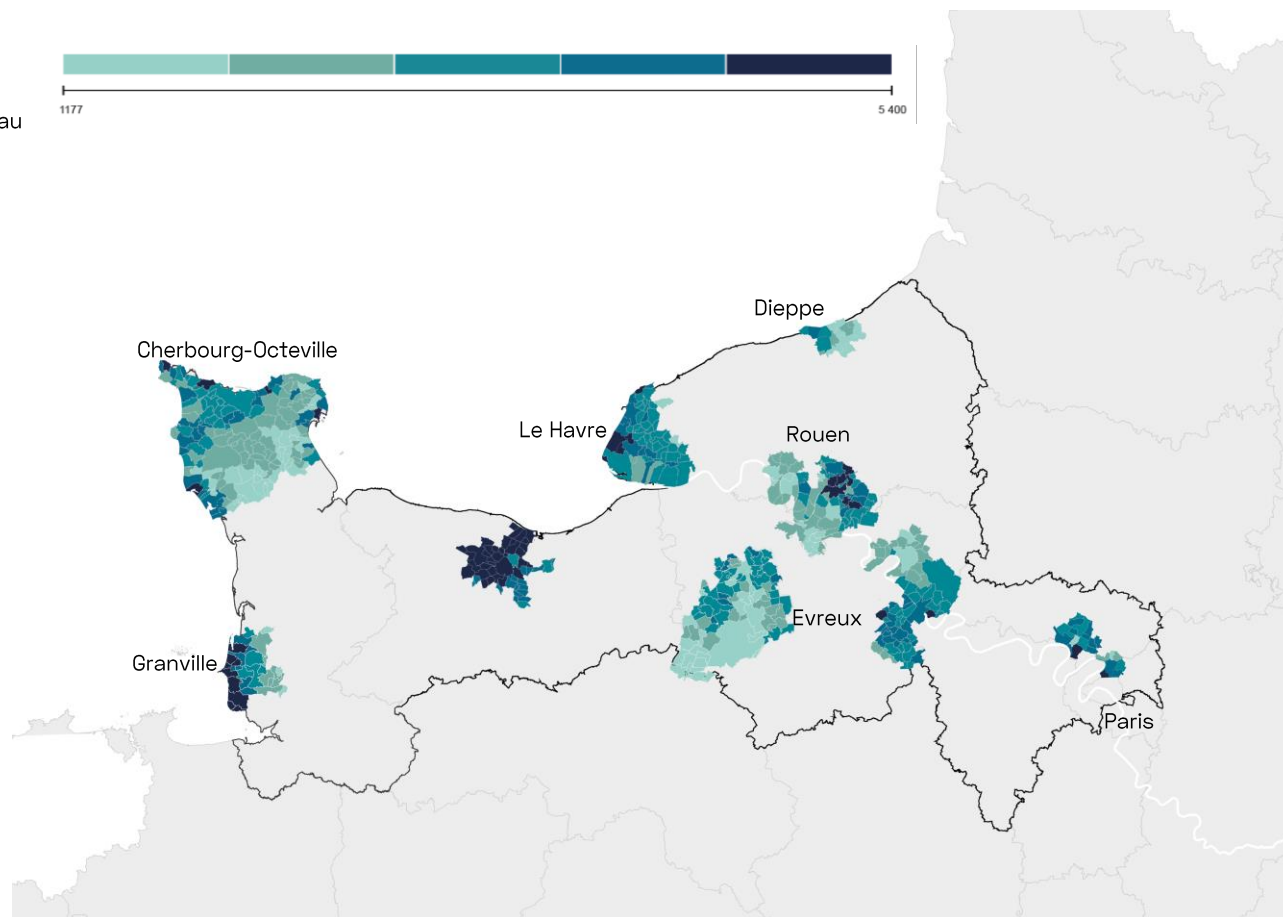
## Des dynamiques locales différenciées

### Approche quantitative des statistiques à l'échelle d'un EPCI

L'étude des prix de vente des logements en mètre carré sur le site *meilleursagents.com* en date du 1/06/22 permet d'affiner les résultats au sein d'un EPCI.

Des disparités importantes d'attractivité sont ainsi observées et confirmées en entretien par le récit géographique et historique du territoire: entre centre urbain dense / campagne rurale détendue, littoral / rétro littoral, sites industriels, etc.

Prix de l'immobilier résidentiel au m<sup>2</sup>



# Répartition typologique de la commande

## Deux marchés : une distinction économique

### Données clés

Le volume de construction est qualifié avec l'outil statistique en ligne Sit@del2 :

- base de données publiques en ligne
- issues des formulaires PC, PA, DP (Permis Construire, Permis Aménager, Déclaration Préalable)
- chiffres pris en dates réelles
- surfaces annuellement construites
- m<sup>2</sup> moyens entre 2010 et 2019

Les constructions sont réparties en deux groupes distincts dont les enjeux sont propres à leur commande et leurs usages :

### L'immobilier résidentiel

Il qualifie des locaux à usage d'habitation, en résidence principale ou secondaire. Les acquéreurs sont majoritairement des particuliers non professionnels acquérant un bien pour leur propre occupation ou en investissement locatif. L'évaluation financière du bien se fait par comparaison pour un bien semblable dans une même localisation.

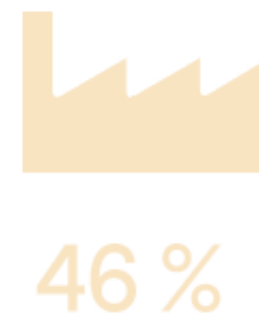
*Les constructions résidentielles représentent 54% des surfaces construites annuellement sur le territoire de la Vallée de la Seine*

### L'immobilier non résidentiel

Il regroupe :

- > **les locaux de services publics** financés par des fonds publics que nous ne traiterons pas dans cette étude en raison du caractère singulier de ces bâtiments,
- > **Les locaux d'entreprises** dont les acquéreurs sont des professionnels, généralement constitués sous forme d'entreprises. L'évaluation du bien se fait par un calcul du rendement : le résultat des loyers annuels divisé par la valeur du bien. Les enjeux de localisation diffèrent de l'immobilier résidentiel selon les destinations et les besoins spécifiques de chaque activité d'entreprises. Il en résulte des dynamiques spécifiques et plus disparates que pour l'immobilier résidentiel.

*Les constructions non résidentielles représentent 46% des surfaces construites annuellement sur le territoire de la Vallée de la Seine*

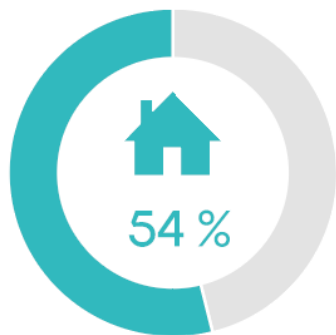


# Répartition typologique de la commande

## L'immobilier résidentiel : distinctions morphologiques

### Données clés

- Sit@del2 2010 / 2019  
les constructions résidentielles  
représentent 54% des surfaces construites  
annuellement sur le territoire de la Vallée de la  
Seine



La répartition des données de constructions se fait conformément au Code de l'urbanisme, en distinguant quatre types de logements dont les définitions sont issues de Sit@del2 :

- **logement individuel pur** : construction qui ne comprend qu'un seul logement (autrement dit, une maison), et qui fait l'objet d'un permis de construire relatif à un seul logement.  
*23% de surfaces construites annuellement en immobilier résidentiel sur la VDS*
- **logement individuel groupé** : construction qui ne comprend qu'un seul logement (autrement dit, une maison). Les logements individuels groupés ont fait l'objet d'un permis de construire relatif à la construction de plusieurs logements individuels (par exemple, un lotissement), ou à la construction de logements individuels associés à des logements collectifs ou des locaux non résidentiels.  
*7% de surfaces construites annuellement en immobilier résidentiel sur la VDS*
- **logement collectif** : logement faisant partie d'un bâtiment d'au moins deux logements dont certains ne disposent pas d'un accès privatif.  
*64% de surfaces construites annuellement en immobilier résidentiel sur la VDS*
- **logement en résidence** (individuels ou collectifs) : construits par un promoteur pour une occupation par un public très ciblé selon la nature de la résidence, avec mise à disposition de services spécifiques. Six types principaux de résidences sont recensés : les résidences pour personnes âgées, les résidences pour étudiants, les résidences de tourisme, les résidences hôtelières à vocation sociale, les résidences sociales, les résidences pour personnes handicapées.  
*5% de surfaces construites annuellement en immobilier résidentiel sur la VDS*

**Les logements individuels** sont majoritairement construits en tant que "individuels purs" (77% des logements individuels). Mais la difficulté de pouvoir généraliser une typologie de construction au cas par cas ainsi que l'absence d'interlocuteur sur ce type de construction conduit à rassembler le logement individuel groupé et individuel pur en une seule catégorie, en privilégiant les aménageurs en tant qu'interlocuteur. Par ailleurs, les logements construits en résidence représentent une part de construction très faible à l'échelle du territoire de la Vallée de la Seine.

Dans cette étude, l'immobilier résidentiel est donc ramené en deux catégories :

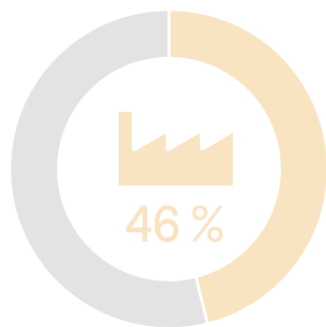
- **Les logements individuels** - rassemblant individuels purs et individuels groupés,
- **Les logements collectifs.**

# Répartition typologique de la commande

## L'immobilier non résidentiel : distinctions programmatiques

### Données clés

- Sit@del2 2010 / 2019  
les constructions non résidentielles  
représentent 46% des surfaces construites  
annuellement sur le territoire de la Vallée de la  
Seine



La répartition des données de constructions neuves des locaux non résidentiels se fait conformément au Code de l'urbanisme, en distinguant huit types de locaux non résidentiels dont les définitions sont issues de Sit@del2 :

- **hébergement hôtelier** : locaux d'hébergement hôtelier assurant un service d'hébergement en chambres ou unités d'habitation, pour des séjours a priori de courte durée. Ils doivent en outre comporter un minimum de services propres aux hôtels (restauration, entretien, blanchisserie, accueil...) qui caractérisent l'activité d'un service hôtelier. Par ailleurs, en général, de tels locaux ne sont pas mis à la libre disposition des résidents, mais gérés par du personnel propre à l'établissement.  
*4% de surfaces construites annuellement en immobilier non résidentiel sur la VDS*
- **commerces** : locaux destinés à l'activité commerciale de gros (vente pour la revente) ou de détail (vente pour utilisateur final).  
*11% de surfaces construites annuellement en immobilier non résidentiel sur la VDS*
- **bureaux** : édifices qui hébergent essentiellement des activités de bureau. Il s'agit d'un lieu où s'accomplit une activité dite « de bureau », activité essentiellement axée sur la production, le traitement et le transfert d'informations. Nota : Un immeuble de bureau peut héberger d'autres activités telles que des commerces, des espaces d'entreposage, etc.  
*29% de surfaces construites annuellement en immobilier non résidentiel sur la VDS*
- **artisanat** : destinés à héberger des activités de production artisanale (production manuelle ou de petite envergure) de biens.  
*3% de surfaces construites annuellement en immobilier non résidentiel sur la VDS*
- **bâtiments industriels** : destinés à héberger des activités de production en série de biens.  
*9% de surfaces construites annuellement en immobilier non résidentiel sur la VDS*

- **entrepôts** : lieu où sont stockées provisoirement des marchandises.  
*16% de surfaces construites annuellement en immobilier non résidentiel sur la VDS*
- **exploitation agricole et forestière** : destinés à héberger des activités agricoles (élevage, culture, etc.) ou forestière  
*8% de surfaces construites annuellement en immobilier non résidentiel sur la VDS*
- **services publics ou d'intérêt collectif** : regroupe les six sous-catégories suivantes : transports, enseignement et recherche, action sociale, ouvrage spécial, santé, culture et loisirs  
*19% de surfaces construites annuellement en immobilier non résidentiel sur la VDS*

La part de construction en locaux de services publics est non négligeable sur le territoire. Néanmoins l'impossibilité de généraliser une typologie de ces constructions nous conduit à écarter cette catégorie de nos échantillons. Ainsi nous analyserons ici plus particulièrement l'immobilier d'entreprise.

# Répartition typologique de la commande

## Des tendances à l'échelle de la Vallée de la Seine

Le volume de construction est qualifié avec l'outil statistique en ligne Sit@del2

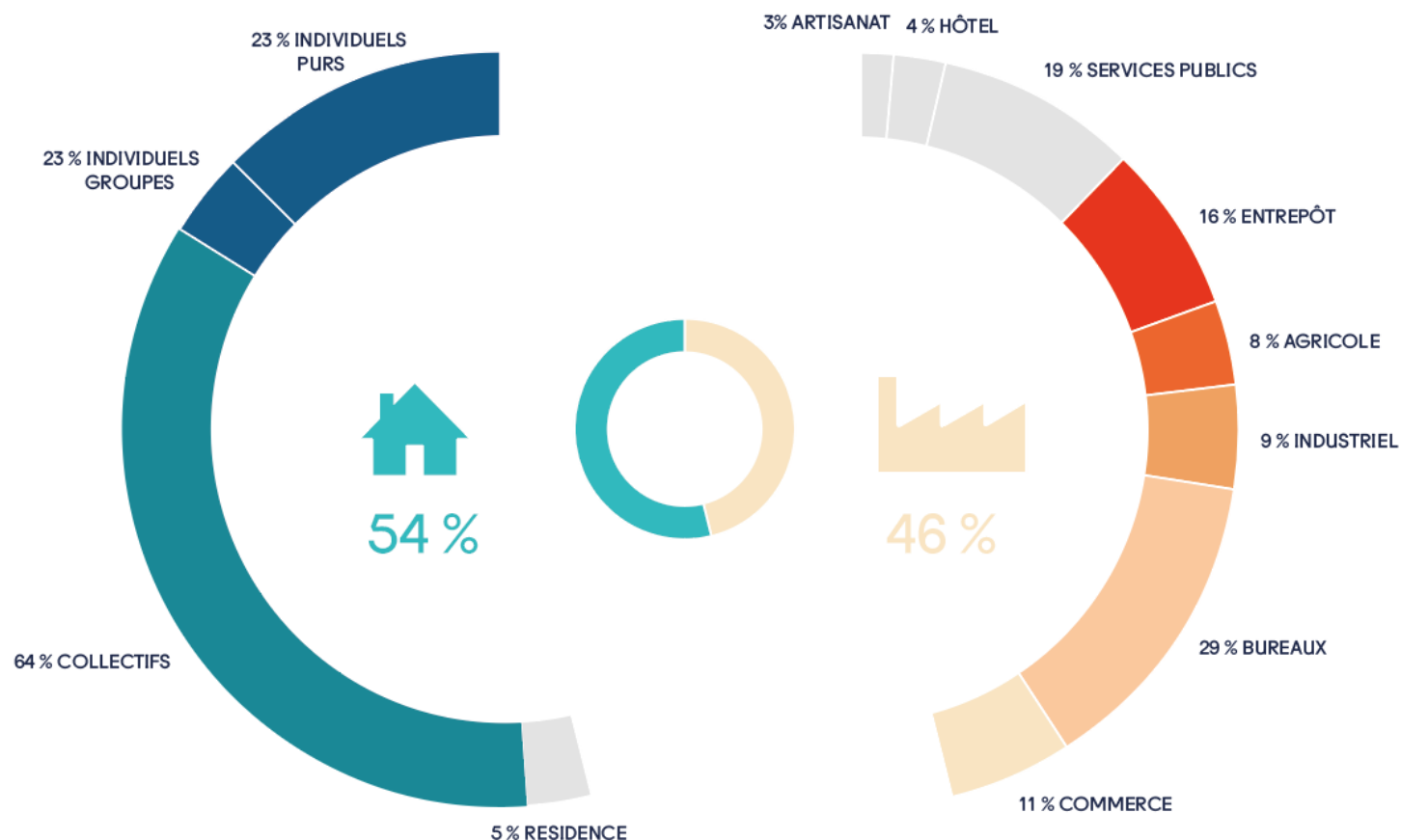
- base de données publiques en ligne
- issues des formulaires PC (permis de construire), PA (permis d'aménager), DP (déclaration préalable)
- chiffres pris en dates réelles
- surfaces annuellement construites
- m<sup>2</sup> moyens entre 2010 et 2019

### Une répartition ignorant le caractère hybride de certaines opérations

Les surfaces étant déclarées par programmation sur le formulaire de permis de construire, la répartition ignore la réalité de certains produits non résidentiels : un entrepôt peut abriter une part de production industrielle, de logistique et de bureaux.

### Des résultats non révélateurs de la demande en produits non résidentiels

Pour une même quantité de surfaces, il n'y a pas le même nombre d'établissements : un entrepôt de logistique consomme le double en surface par rapport à un bâtiment de bureaux.



Les échantillons se répartissent en résidentiel et non résidentiel  
2 typologies de résidentiel + 5 typologies de non résidentiel

# Répartition typologique de la commande en neuf

## A l'échelle de dix EPCI représentatives



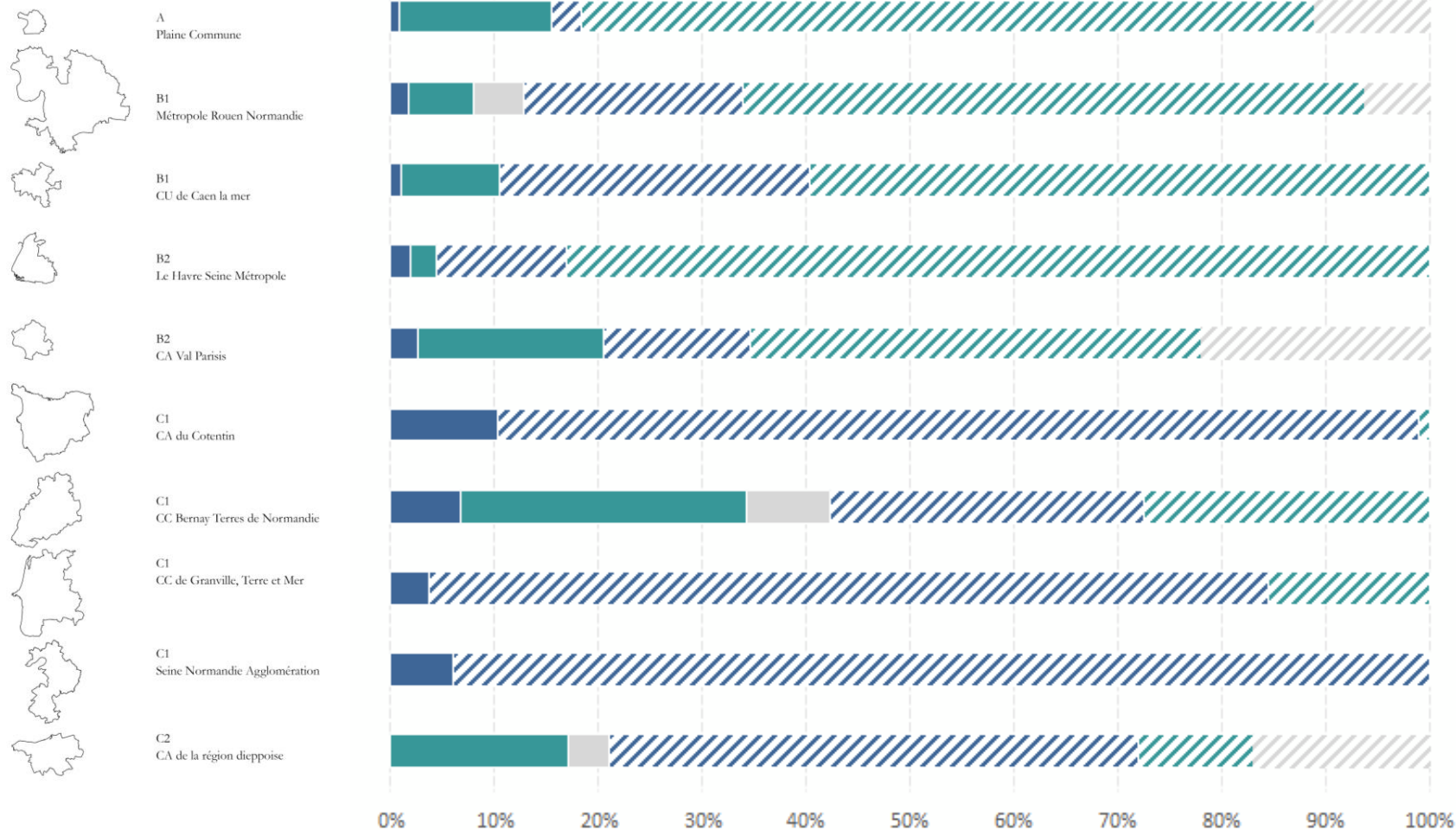


# Répartition typologique de la commande

Une minorité de réhabilitations sur la totalité des opérations de logements\*

■ Individuels réhabilitation ■ Collectifs réhabilitation ■ Résidence réhabilitation  
▨ Individuels neufs ▨ Collectifs neufs ▨ Résidentiels neufs

\* La donnée dans le cas du non résidentiel n'est pas disponible

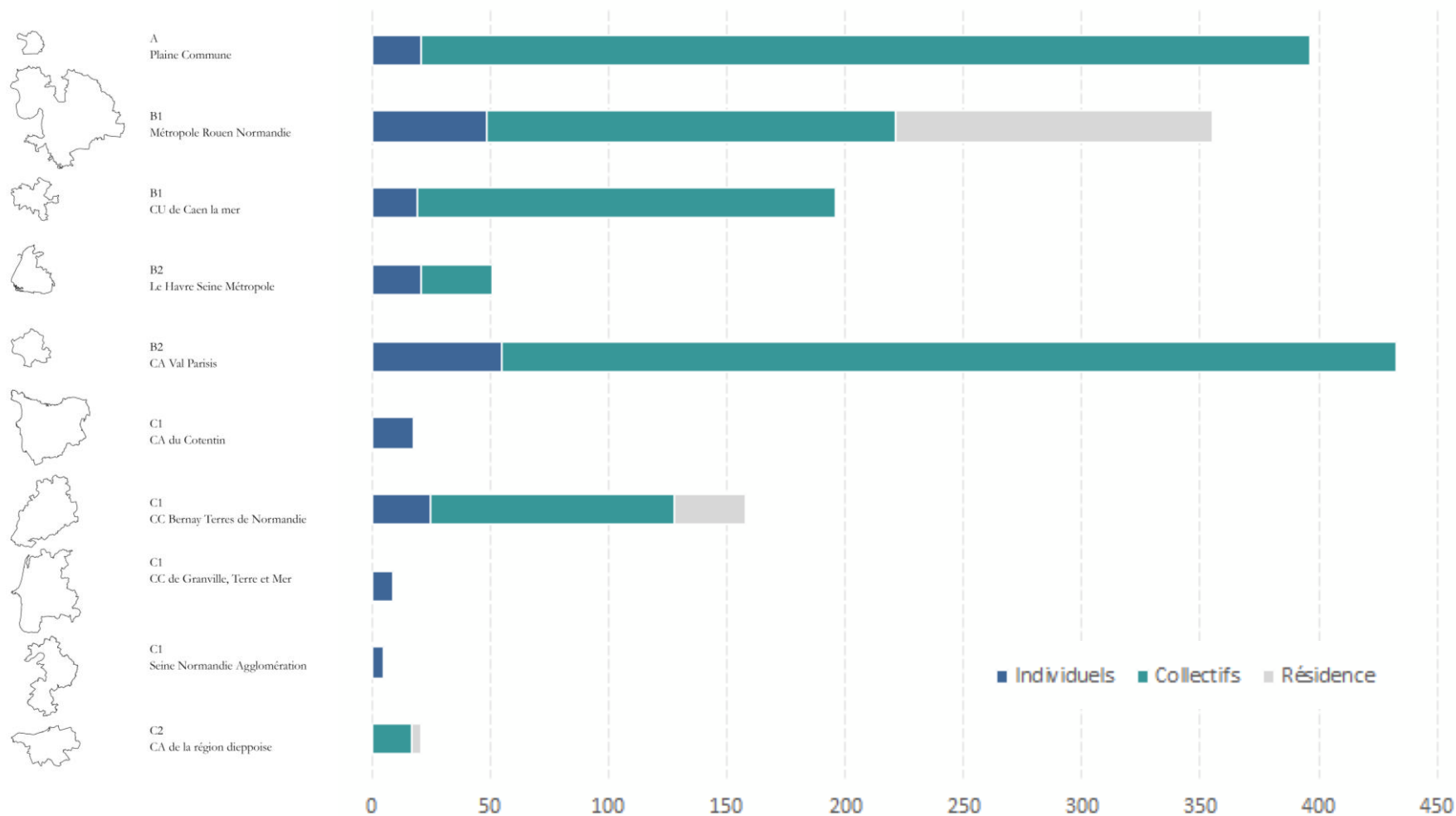




# Répartition typologique de la commande en réhabilitation

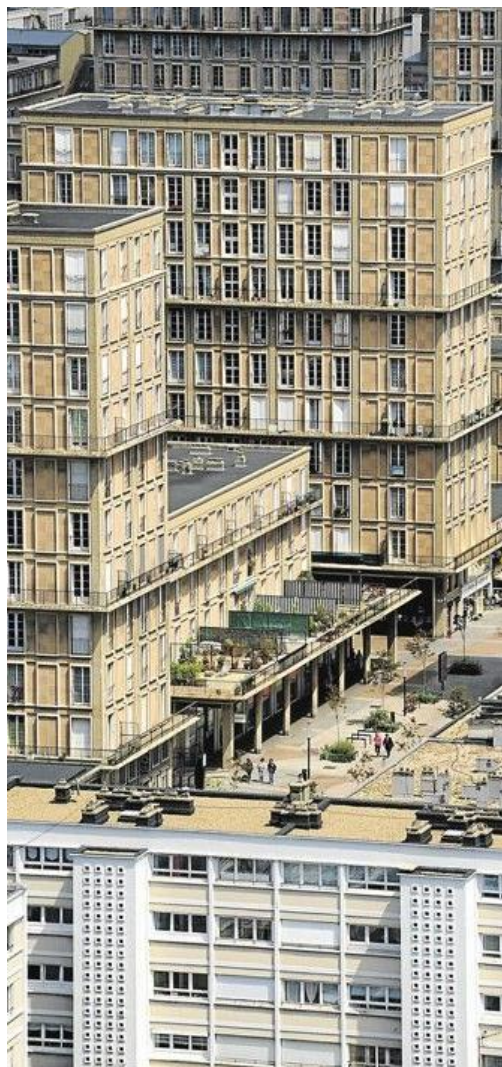
## A l'échelle de dix EPCI représentatives

Nombre de logements réhabilités (la donnée équivalente dans le cas du non résidentiel n'est pas disponible)



# Répartition typologique de la commande en réhabilitation

## Le cas des logements construits entre 1945 et 1974



### Une typologie dominante

On constate avec les chiffres précédents une prépondérance des réhabilitations de logements collectifs sur les EPCI étudiés. Par ailleurs le parc de logements en Normandie présente la particularité d'une proportion importante d'habitations collectives construites entre 1945 et 1974. En effet 50% des logements collectifs datent de cette époque pour la Haute-Normandie (Source : CEREMA, Etude sur la réhabilitation des copropriétés normandes construites entre 1948 et 1974). Ces bâtiments constituent un élément marquant du paysage architectural régional et revêtent pour certains un intérêt patrimonial fort.

Cette spécificité du parc bâti normand est notamment due aux destructions conséquentes causées par les bombardements de la Seconde Guerre mondiale. Afin d'assurer le relogement de la population, la construction d'un parc de copropriétés relativement important a été entreprise dès 1948. Les trente années qui suivent la fin de la deuxième guerre mondiale sont des années d'intense construction dans la France entière. En l'absence de réglementation thermique, ces bâtiments de la reconstruction et ceux issus de la densification et de l'extension des villes ont été construits sans contrainte thermique jusqu'en 1974. Le moment d'euphorie constructive qui anime l'après-guerre s'arrête brutalement en 1974 avec le premier choc pétrolier.

Ce moment est totalement unique dans l'histoire de la construction, on le perçoit aujourd'hui comme un contexte à l'exact opposé des préoccupations actuelles pour lesquelles la limitation de la pression de l'homme sur son environnement est capitale. Les bâtiments produits ont généralement appliqué les nouveaux modes de fabrication émergents tels que la préfabrication lourde, la préfabrication légère et le coffrage industriel. De façon schématique, on peut qualifier cette période comme étant celle de l'avènement du pont thermique.

### Echantillonnage en réhabilitation



Il nous semble pertinent pour le volet sourçage de la commande en réhabilitation de nous intéresser plus précisément à la rénovation thermique. Par ailleurs le cas de l'extension n'est pas directement traité dans la partie réhabilitation. Il peut être assimilable au sourçage sur la construction neuve.

Pour être réellement efficaces et ne pas créer de pathologies, les travaux réalisés doivent tenir compte de la grande diversité des bâtiments existants, différents de par leur année de construction, les matériaux utilisés, leur localisation (architecture régionaliste), et leur nature (maison individuelle, en bande, bâtiment collectif, etc.). Cette diversité implique des stratégies de rénovation différentes, devant prendre en compte les spécificités propres à chaque type de bâtiment.





Un questionnement de la commande en réhabilitation passe donc par la catégorisation des opérations réalisées sur le **patrimoine bâti**. En réhabilitation il faut faire avec la maison, le bâtiment historique ou l'immeuble de grande hauteur qui existe déjà. Afin de pouvoir traiter le cas de la réhabilitation du bâti non résidentiel, malgré le manque de données le concernant, et de manière à ne pas exclure de typologie, ce ne sont pas uniquement des logements collectifs construits entre 1945 et 1975 qui ont été sélectionnés comme archétype. Les échantillons de réhabilitation donnent un aperçu de la diversité des opérations réalisées sur le territoire.

# Echantillonnage représentatif

## Méthodologie d'analyse des échantillons

50m

	<b>A. entreprise. neuf. #01</b>	<b>A. entreprise. neuf. #02</b>	
			<p>..... nomination et typologie</p> <p>..... échantillon identifié comme « best-seller »</p> <p>..... vue aérienne géoportail</p>
			<p>..... street view google earth</p>
<p><b>typologie</b></p> <p>projet commune aménageur / promoteur programmation livraison prix de foncier prix de construction prix de sortie surface parcelle emprise au sol surface de plancher nombre d'étages hauteur totale matériaux</p> <p>morphologie urbaine CES / COS</p> <p>morphologie paysagère Surface pleine terre m<sup>2</sup> / CBS morphologie «RE2020» coefficient de compacité</p> <p>particularités</p>	<p>îlot en U gradinés</p> <p>ZAC Canal - siège Veolia Aubervilliers (93) SEM Plaine Commune activité tertiaire 2016 NC NC loyer de 300 €/m<sup>2</sup> 10 850 m<sup>2</sup> 6 480 m<sup>2</sup> 48 300 m<sup>2</sup> R+7 + 3 niveaux sous-sols 29m structure béton double façade bois</p>	<p>îlots en U ramifiés</p> <p>ZAC Landy Pleyel - siège SFR Saint-Denis (93) SEM Plaine Commune / Vinci Promotion activité tertiaire + commerce en RDC 2015 NC 900 €/m<sup>2</sup> loyer de 300 €/m<sup>2</sup> 6 730 m<sup>2</sup> 4 090 m<sup>2</sup> 135 000 m<sup>2</sup> R+7 + 2 niveaux sous-sols 36m structure béton-métal, façade panneaux sandwich</p>	<p>..... montant issu des entretiens complété de recherches quand données disponibles</p> <p>..... calculs à partir des données géoportail</p> <p>CES : Coefficient d'emprise au sol = emprise bâtiment / parcelle            COS : Coefficient d'Occupation du sol = surface de plancher / parcelle            CBS : Coefficient de Biotope par surface            = surface écoaménageable / surface de la parcelle ; avec :            Surface écoaménageable = (surface de type A x coef. A) + (surface de type B x coef. B) + ...            + (surface de type N x coef. N) / surface du terrain            coefficients : sol imperméabilisé = 0; pleine terre = 1; murs végétalisés/esp vert sur dalle &lt;80cm = 0,5; toitures végétalisées/esp vert sur dalle &gt;80cm = 0,7            coefficient de compacité = surfaces déperitives / volume à chauffer</p>



### Immobilier non résidentiel



#### **50% de l'immobilier non résidentiel sont des bureaux**

Marquée par un héritage industriel, Plaine Commune s'est développée dans une logique de reconversion urbaine. Les activités industrielles arrêtées ou délocalisées ont laissé des friches polluées limitant les possibilités d'usage de ces terrains. La stratégie a été de valoriser ces sites par l'implantation d'immobilier d'entreprise, dans l'objectif de se positionner en pôle du tertiaire. La stratégie repose sur forte attractivité acquise par la maîtrise du foncier. Les prix d'acquisition du foncier ainsi que les prix de sortie sont encadrés, évitant de trop fortes disparités entre les territoires et se plaçant en-dessous des prix franciliens. Cette récente et forte attractivité donne la possibilité aujourd'hui d'imposer des cahiers des charges ambitieux en faveur de la qualité des constructions.

Classiquement, le montage de l'opération repose sur la vente d'un terrain par l'aménageur à un promoteur qui construit un bâtiment pour le compte d'un investisseur, ce dernier louant les locaux à une entreprise. Le bâtiment de bureaux devient un produit de spéculation financière comme un autre, avec des standards de prix et de qualités, certifiés par des labels. La conséquence est une production d'immeubles «de plus en plus hors sol», tout comme leurs occupants qui n'entretiennent aucune interaction avec le territoire.

Plaine Commune est en réflexion avec les politiques publiques afin de réorienter la direction à prendre. Ce serait notamment par l'incitation du développement de surfaces d'activités plus locales ou des fonds de commerces sur lesquels la collectivité pourrait se positionner. Ces programmes pourraient s'intégrer aux grandes opérations de bureaux pour produire des bâtiments plus hybrides. D'autres préoccupations portent sur le métabolisme urbain pour développer le réemploi de matériaux, bien qu'aucune mesure ne soit prise pour l'instant pour favoriser les opérations sur des bâtiments existants.

### Immobilier résidentiel



#### **93% de l'immobilier résidentiel sont des logements collectifs**

Bien que le contexte économique de Plaine Commune à la fin des années 90 était peu propice à la construction de logements, cela n'a pas empêché le territoire de surfer sur une attractivité acquise au gré d'une action publique forte. Aujourd'hui, 50% des logements construits sont issus d'opérations publiques d'aménagement et ce sont en majorité des logements collectifs. Cette maîtrise du foncier en début de chaîne permet de tirer vers le haut la qualité du logement. Avec ce volume de production équilibré, la production restante par un opérateur privé plus cher ou moins qualitative est moins impactante sur le marché immobilier global. En effet, Plaine Commune a créé en 2006 une Charte de qualité imposée aux promoteurs établissant notamment des minimums de surfaces pour les logements T1 et T2, encourageant l'éclairage naturel et les logements traversants. Plus récemment, des prescriptions environnementales ont été introduites pour favoriser l'emploi de matériaux biosourcés et limiter l'empreinte carbone des constructions. En l'absence d'exigence du côté des opérateurs privés, les logements se vendent forcément plus difficilement.

*Cette description du territoire est établie d'après les propos recueillis auprès d'un opérateur public d'aménagement.*





50m

## A. entreprise. neuf. #01



îlot en U gradinés

## A. entreprise. neuf. #02



îlots en U ramifiés

## A. résidentiel. neuf. #03



îlot ouvert

## A. résidentiel. neuf. #04



îlot mixte U + individuel en bande

### typologie

projet ZAC Canal - siège Veolia  
commune Aubervilliers (93)  
aménageur / promoteur SEM Plaine Commune  
programmation activité tertiaire  
livraison 2016  
prix de foncier NC  
prix de construction NC  
prix de sortie loyer de 300 €/m<sup>2</sup>  
surface parcelle 10 850 m<sup>2</sup>  
emprise au sol 6 480 m<sup>2</sup>  
surface de plancher 48 300 m<sup>2</sup>  
nombre d'étages R+7 + 3 niveaux sous-sols  
hauteur totale 30 m  
matériaux structure béton double façade bois

morphologie urbaine CES / COS 0,60 / 3,14  
morphologie paysagère Surface pleine terre m<sup>2</sup> / CBS 558 / 0,23  
morphologie «RE2020» coefficient de compacité 0,29

particularités labellisé HQE, BREEAM  
conçu par Dietmar Feichtinger

projet ZAC Landy Pleyel - siège SFR  
commune Saint-Denis (93)  
aménageur / promoteur SEM Plaine Commune / Vinci Promotion  
programmation activité tertiaire + commerce en RDC  
livraison 2015  
prix de foncier NC  
prix de construction 900 €/m<sup>2</sup>  
prix de sortie loyer de 300 €/m<sup>2</sup>  
surface parcelle 6 730 m<sup>2</sup>  
emprise au sol 4 090 m<sup>2</sup>  
surface de plancher 135 000 m<sup>2</sup>  
nombre d'étages R+7 + 2 niveaux sous-sols  
hauteur totale 30 m  
matériaux structure béton-métal, façades panneaux sandwich

0,61 / 3,65

367,33 / 0,13

0,26

labellisé HQE, BREEAM very good, BBC, RT 2012  
conçu par Vignier, architecte désigné par concours  
bâtiment avec un pont métallique des porte-à-faux

projet ZAC Canal  
commune Aubervilliers (93)  
aménageur / promoteur SEM Plaine Commune / Icade  
programmation Résidentiel collectif  
livraison 2014  
prix de foncier 350 € TTC/m<sup>2</sup>  
prix de construction 1 540 €/m<sup>2</sup>  
prix de sortie ~4000 € TTC/m<sup>2</sup>  
surface parcelle 2 180 m<sup>2</sup>  
emprise au sol 1 080 m<sup>2</sup>  
surface de plancher 6 000 m<sup>2</sup>  
nombre d'étages R+7 + 2 niveaux sous-sols  
hauteur totale 22 m  
matériaux structure béton, façades briquettes et enduit

0,50 / 2,97

955,76 / 0,46

0,34

85 logements en accession privée  
conçu par Margot-Duclot architectes  
labellisé BBC. NF logements chauffage urbain

projet ZAC Bel Air  
commune Saint-Denis  
aménageur / promoteur SEM Plaine Commune Développement  
programmation Résidentiel collectif + individuel  
livraison 2016  
prix de foncier 150 - 200 € TTC/m<sup>2</sup>  
prix de construction 3 000-3 100 € TTC/m<sup>2</sup>  
prix de sortie loyer de 3 903 €/m<sup>2</sup>  
surface parcelle 12 265 m<sup>2</sup>  
emprise au sol 2 570 m<sup>2</sup>  
surface de plancher 1 750 m<sup>2</sup>  
nombre d'étages R+1 à R+4  
hauteur totale 14 m  
matériaux structure béton, façades briquettes et bois

0,68 / 2,55

463 / 0,21

0,36

31 logements en accession social et privée, locatif  
social, BBC, certification HE, RT 2012, chaufferie  
collective et urbain conçu par Patricia Lehoucq



A. Plaine commune

**A. tertiaire rehab. #05**



**A. résidentiel rehab. #06**



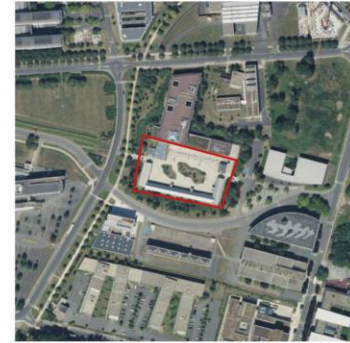
Métropole du Grand Paris

**A. résidentiel rehab. #07**



CA Paris Vallée de la Marne

**A. résidentiel rehab. #08**



50m

typologie	D	A	B	C
projet	Rehabilitation manufacture d'allumettes	Rénovation énergétique 174 logements sociaux	Rehabilitation immeuble faubourien 8 logements et 1 commerce	Transformation d'une ferme fortifié en maison des étudiants
commune maîtrise d'ouvrage maîtrise d'œuvre	Aubervilliers Groupe SIRIUS MW architecture	Pierrefite-sur-Seine Osica Groupe SNI /	Paris RIVP Dumont Legrand Architectes, LM ingénieur	Champs-sur-Marne Région Ile de France – Icade promotion Belus & Hénocq
produit prix	Activité tertiaire /	Residentiel collectif 4,6 M€ HT	Residentiel collectif 1,7 M€ HT	Residentiel collectif 4,2 M€ HT
surface nombre d'étages	parcelle 9400 m <sup>2</sup> / Emprise au sol 4000 m <sup>2</sup> R+1	/ R+9	1 977 m <sup>2</sup> SHON R+4	1 977 m <sup>2</sup> SHON R+1
date de construction date de réhabilitation	1867 2008-2015	1982 livré en 2014	XVIIIème siècle livré en 2016	14eme/15eme siècle livré en 2014
mode constructif à noter	/	Isolation polystyrène/enduit	structure bois, isolation intérieure béton de chanvre, enduit chaux chanvre	/



### Immobilier non résidentiel



**34% de l'immobilier non résidentiel sont des bureaux**  
**17% sont des locaux industriels**

L'activité industrielle s'est constituée autour de la voie d'eau avec un port maritime de fond d'Estuaire. L'activité du port reste conséquente aujourd'hui : il est le premier port exportateur de céréales, est traversé par des navires provenant de Chine. Auparavant, l'activité industrielle était pétrochimique. Aujourd'hui, elle l'est toujours un peu mais elle est aussi devenue automobile, robotique et logistique. Ceci explique que le territoire est aujourd'hui composé de plusieurs typologies. Un tissu industriel reste très marqué, localisé au Sud du méandre, et il s'y développe une part de tertiaire le long d'un axe Nord-Sud avec par exemple les parcs de la Ronce et du Madrier.

La stratégie de développement économique actuelle est de maintenir les activités industrialo-portuaires existantes, de favoriser la présence du secteur tertiaire, et d'accompagner les filières innovantes (écotechnologies, santé, TIC et éco-construction).

*Cette description du territoire est établie d'après les propos recueillis auprès de la Métropole Rouen Normandie.*

### Immobilier résidentiel



**56% de l'immobilier résidentiel sont en collectifs**  
**37% sont de l'individuel**

*Pour ce territoire, les différents interlocuteurs identifiés contactés n'ont pas donné suite à nos sollicitations concernant les produits résidentiels.*



50m

### B1. entreprise. neuf. #09



entrepôt classe A

### B1. entreprise. neuf. #10



entrepôt classe A

### B1. résidentiel. neuf. #11



petit collectif en immeubles parallèles

### B1. résidentiel. neuf. #12



petit collectif en immeubles parallèles

typologie	entrepôt classe A	entrepôt classe A	petit collectif en immeubles parallèles	petit collectif en immeubles parallèles
projet commune	ZI des Pais	ZA Vente Olivier	Petit-Quevilly Village	Petit-Quevilly Village
aménageur / promoteur	Le-Petit-Quevilly	Saint-Etienne-du-Rouvray	Le-Petit-Quevilly	Le-Petit-Quevilly
programmation	Rouen Normandie Aménagement	Rouen Normandie Aménagement	Rouen Normandie Aménagement	Rouen Normandie Aménagement
livraison	Activité logistique	Activité logistique	Résidentiel collectif	Résidentiel collectif
prix de foncier	800-1000 €/m <sup>2</sup>	800-1000 €/m <sup>2</sup>	3160 €/m <sup>2</sup>	3160 €/m <sup>2</sup>
prix de construction				
prix de sortie				
surface parcelle	92250 m <sup>2</sup>	27090 m <sup>2</sup>	3720 m <sup>2</sup>	27090 m <sup>2</sup>
emprise au sol	29165m <sup>2</sup>	7040m <sup>2</sup>	2105 m <sup>2</sup>	7040m <sup>2</sup>
surface de plancher				
nombre d'étages	R+1	R+1	R+4, stationnement en RDC	R+3
hauteur totale	10 m	9 m	14 m	9 m
matériaux	portiques métal, panneaux sandwich, bac acier	portiques métal, panneaux sandwich, bac acier	parpaings, enduit, volets roulants + men. ext. PVC	
morphologie urbaine				
CES / COS	0,32 / 0,47	0,26 / 0,39	0,57 / 1,70	0,62 / 1,39
morphologie paysagère				
surface pleine terre m <sup>2</sup> / CBS	9230 / 0,10	14270 / 0,53	1400 / 0,38	449 / 0,37
morphologie «RE2020»				
coefficient de compensation	0,59	0,55	0,52	0,53
particularités				



B1  
Communauté urbaine de Caen la mer



Immobilier non résidentiel



**22% de l'immobilier non résidentiel sont des entrepôts**  
**19% sont des bureaux**

La communauté urbaine de Caen la mer vit une forte pression de l'Île de France suite à l'épidémie. La ville de Colombelles, à l'héritage industriel imposant, entreprend sa rénovation urbaine il y a quelques années tout d'abord par la construction de logements sociaux et l'aménagement de zones d'activité en lien avec la filière agro-alimentaire et la recherche ou le développement de nouvelles technologies. Si en 2018 la ZAC du Plateau, aux problématiques de sol pollué, attirait peu de promoteurs, tout s'est vendu en quatre ans.

Cette envolée du marché se traduit aussi démographiquement par un fort investissement de la part des entreprises, prêtes à s'installer dans des zones d'activité. Mais la totalité des terrains est aujourd'hui occupée. Ce regain d'intérêt ainsi que la rareté du foncier est une opportunité pour l'aménageur d'être plus exigeant qu'auparavant.

*Cette description du territoire est établie d'après les propos recueillis auprès d'un aménageur local.*

Immobilier résidentiel



**63% de l'immobilier résidentiel sont en collectifs**  
**37% sont de l'individuel**



80m

## B1. entreprise. neuf. #13



entrepôt classe A

## B1. entreprise. neuf. #14



entrepôt classe C

## B1. résidentiel. neuf. #15



individuels en bande

## B1. résidentiel. neuf. #16



îlot résidentiel ouvert

typologie	entrepôt classe A	entrepôt classe C	individuels en bande	îlot résidentiel ouvert
projet	Lazzaro I et II	Lazzaro I et II	ZAC Jean Jaures	ZAC Jean Jaures
commune	Colombelles	Colombelles	Colombelles	Colombelles
aménageur / promoteur	Normandie Aménagement	Normandie Aménagement	Normandie Aménagement	Normandie Aménagement
programmation	Activité logistique	Activité logistique	Résidentiel individuel	Résidentiel collectif
livraison				
prix de foncier	40€/m <sup>2</sup>	40€/m <sup>2</sup>	250€/m <sup>2</sup>	250€/m <sup>2</sup>
prix de construction				
prix de sortie				
surface parcelle	3600 m <sup>2</sup>	576 m <sup>2</sup>	249 m <sup>2</sup>	9 970 m <sup>2</sup>
emprise au sol	1100 m <sup>2</sup>	246 m <sup>2</sup>	70 m <sup>2</sup>	4 900 m <sup>2</sup>
surface de plancher				
nombre d'étages	R+1	R+1	R+1	R+3
hauteur totale	9m	7m	6m	13m
matériaux				
morphologie urbaine				
CES / COS	0,31 / 0,23	0,43 / 0,64	0,28 / 0,42	0,5 / 0,24
morphologie paysagère				
Surface pleine terre m <sup>2</sup> / CBS	1750 / 0,49	47 / 0,08	124,7 / 0,50	578 / 0,24
morphologie «RE2020»				
coefficient de compensation	0,32	0,81	1,06	0,38
particularités				



## B1.résidentiel rehab. #17



50m



typologie	A
projet	Rénovation énergétique de 42 pavillons de logement social, quartier de la guérinière
commune	Caen
maitrise d'ouvrage	Caen la mer Habitat
maitrise d'oeuvre	/
produit	résidentiel individuel groupé
prix	1,76 M €
surface	parcelle : 18 000 m2
nombre d'étages	RDC
date de construction	post années 70
date de réhabilitation	Réhabilitation : 2022
mode constructif à noter	/



### Immobilier non résidentiel



**42% de l'immobilier non résidentiel sont des locaux de commerces**  
**18% sont des entrepôts**

Val Parisis est située dans le département du Val-d'Oise en Île-de-France et regroupe 15 communes. Le territoire se dynamise autour d'un axe structurant, la RD14, ancienne route reliant Paris-Dieppe. Situé à 24 minutes des gares parisiennes, le territoire a l'avantage d'être proche de Paris tout en proposant une meilleure qualité de vie : boisement, forêts, rives de Seine. Le Sud de l'agglomération possède les caractéristiques urbaines proche de la métropole, avec des prix immobiliers en pleine croissance.

Hormis une opération commerciale autour de la RD14 avec des chiffres d'affaires conséquents, les zones d'activité ont connu une période mortifère due à la perte de la taxe professionnelle. Aujourd'hui, tout l'enjeu des EPCI est de travailler sur leur redynamisation. Donc les opérations d'activité s'aménagent ponctuellement, à la parcelle et concernent des produits mixtes – avec 20% de bureaux et 80% d'artisanat, de type PME ou PMI dans des locaux de 300 mètres carrés. La logique est qu'une entreprise de production possède ses propres bureaux dans le même bâtiment.

*Cette description du territoire est établie d'après les propos recueillis auprès de la communauté d'agglomération.*

### Immobilier résidentiel



**56% de l'immobilier résidentiel sont en collectifs**  
**37% sont de l'individuel**

La proximité à Paris ne suffit pas à attirer les entreprises tertiaires à s'implanter. Seul un cas d'espèce, la ZAC de la gare Ermont-Eaubonne capte cette activité.

En ce qui concerne le volet non résidentiel, le marché immobilier actuel fait état d'une disparition progressive de la maison individuelle au profit de programmes immobiliers. L'individuel diffus est repoussé au Nord de l'agglomération, territoire moins dynamique.



50m

## B2. entreprise. neuf. #18



## B2. entreprise. neuf. #19



## B2. résidentiel. neuf. #20



## B2. résidentiel. neuf. #21



typologie	entrepôt classe B + bureaux	entrepôt classe A + bureaux	îlot résidentiel ouvert	petit collectif en immeubles parallèles
projet	ZAE Les Bois Rochefort	ZAE Les Bois Rochefort	ZAC Ermont Eaubonne	ZAC Meunier
commune	Cormelles-en-Parisis	Cormelles-en-Parisis	Ermont	Bessancourt
aménageur / promoteur	Communauté d'Agglomération Val Parisis	Communauté d'Agglomération Val Parisis	Communauté d'Agglomération Val Parisis	Communauté d'Agglomération Val Parisis / GPA
programmation	Activité industrielle	Activité industrielle	Résidentiel collectif	Résidentiel collectif
livraison				2018
prix de foncier	foncier non viabilisé : 105-110 €/m <sup>2</sup>	foncier non viabilisé : 105-110 €/m <sup>2</sup>		1870 €/m <sup>2</sup> HT
prix de construction			4919 €/m <sup>2</sup>	4200 €/m <sup>2</sup> TTC
prix de sortie			4270 m <sup>2</sup>	4070 m <sup>2</sup>
surface parcelle	3940 m <sup>2</sup>	15750 m <sup>2</sup>	3980 m <sup>2</sup>	917 m <sup>2</sup>
emprise au sol	1140 m <sup>2</sup>	6650 m <sup>2</sup>		
surface de plancher				
nombre d'étages	R+1	R+1	R+4+attique	R+3
hauteur totale	7 m	11 m	21 m	12 m
matériaux				structure béton + balcons métal, façades bois et enduit
morphologie urbaine				
CES / COS	0,29 / 0,43	0,42 / 0,63	0,93 / 1,40	0,23 / 0,51
morphologie paysagère				
Surface pleine terre m <sup>2</sup> / CBS	1600 / 0,41	1470 / 0,09	0 / 0,11	1989 / 0,49
morphologie «RE2020»				
coefficient de compacité	0,64	0,66	0,29	0,85
particularités				éco-quartier, logements labellisé NF HQE, RT 2012, composteurs, jardins partagés conçu par Daquin Ferrière / MOA Bouwfonds Marignan



### Immobilier non résidentiel



**67% de l'immobilier non résidentiel sont des entrepôts**

Les activités présentes sur le territoire sont majoritairement en lien avec le port : industrialo-portuaire, artisanat, tertiaire maritime, transitaire, consignataire, déclarant de douane. Si l'activité tertiaire est présente en centre-ville, elle est plus cher et réservée au portage privé. Ailleurs, elle se développe sous la forme de grands plateaux productifs, des hôtels d'entreprise. Les preneurs étant rares, les prix doivent rester bas.

*Cette description du territoire est établie d'après les propos recueillis auprès d'un aménageur local.*

### Immobilier résidentiel



**50% de l'immobilier résidentiel sont en collectifs  
50% sont de l'individuel**

Quant au produit résidentiel, la maison individuelle construite en parpaing et recouverte d'enduit reste un best-seller, bien que la taille de la parcelle tende à diminuer pour des raisons d'entretien.





50m

## B2. entreprise. neuf. #17



entrepôt classe C

## B2. entreprise. neuf. #18



hybride commerce et tertiaire

## B2. résidentiel. neuf. #19



individuel isolé

## B2. résidentiel. neuf. #20



îlot résidentiel ouvert

typologie	entrepôt classe C	hybride commerce et tertiaire	individuel isolé	îlot résidentiel ouvert
projet	ZA Le Havre Plateau	ZA Le Havre Plateau	Ecoquartier	Ecoquartier le Grand Hameau
commune	Le Havre	Le Havre	Honfleur	Le Havre
aménageur / promoteur	Société hérouvillaise d'économie mixte	Société hérouvillaise d'économie mixte	Société hérouvillaise d'économie mixte	Société hérouvillaise d'économie mixte
programmation	Activité artisanale		Résidentiel individuel	Résidentiel collectif
livraison	en cours			
prix de foncier			92€ / m <sup>2</sup>	
prix de construction				
prix de sortie	1250 €/m <sup>2</sup>	tertiaire 2150 €/m <sup>2</sup> / commerce 1800-2000 €/m <sup>2</sup>	1200 €/m <sup>2</sup>	2950 €/m <sup>2</sup>
surface parcelle	11930 m <sup>2</sup>	8210 m <sup>2</sup>	570 m <sup>2</sup>	951 m <sup>2</sup>
emprise au sol	490 m <sup>2</sup>	2700 m <sup>2</sup>	93 m <sup>2</sup>	599 m <sup>2</sup>
surface de plancher		2 300m <sup>2</sup> commerces + 1 800m <sup>2</sup> bureaux		
nombre d'étages	RDC	R+3	R+1+combles	R+4
hauteur totale	7 m	12 m	6 m	13 m
matériaux				
morphologie urbaine				
CES / COS	0,04 / 0,06	0,33 / 0,74	0,16 / 0,24	0,63 / 1,89
morphologie paysagère				
Surface pleine terre m <sup>2</sup> / CBS	7600 / 0,64	3575 / 0,44	369 / 0,65	373 / 0,39
morphologie «RE2020»				
coefficient de compacité	0,73	0,59	1,22	0,58
particularités				



## B2.résidentiel rehab.#26



50m



typologie	B
projet	Réhabilitation cloître de la rue des gobelins Réinventer Le Havre
commune	Le Havre
maîtrise d'ouvrage	Normandie Seine Foncière Cap Horn
maîtrise d'oeuvre	Caphorn Corp, architecte : ATaub
produit	Activité tertiaire et résidentiel collectif
prix	/
surface	2102 m <sup>2</sup> au sol et 2283 m <sup>2</sup> de plancher
nombre d'étages	R+2
date de construction	milieu XIX ème
date de réhabilitation	étude en cours
mode constructif à noter	/

C1  
Communauté  
d'agglomération du Cotentin



Immobilier non résidentiel



**15% de l'immobilier non résidentiel sont des entrepôts**  
**38% sont des locaux agricoles**

Immobilier résidentiel



**74% de l'immobilier résidentiel sont en individuel**

Le bassin de vie de Cherbourg-en-Cotentin vit une forte pression de l'Ile de France suite à l'épidémie. Face à cette envolée du marché, Cherbourg-en-Cotentin, à l'identité pavillonnaire dans un territoire à dominante rurale doit limiter son étalement.

L'aménageur cherche à répondre à cette forte demande de logements en travaillant sur une programmation mixte: logements libres, logements intermédiaires et logements individuels sur lots à bâtir, accession libre et sociale à la propriété, logement locatif social.

*Cette description du territoire est établie d'après les propos recueillis auprès d'un aménageur local.*



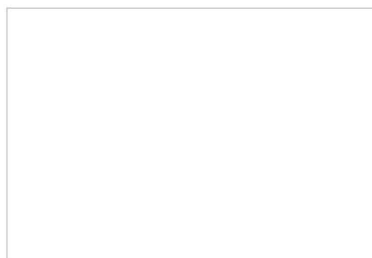
50m

## C1. entreprise. neuf. #27



entrepôts de messagerie

## C1. entreprise. neuf. #28



entrepôt agricole et serres

## C1. résidentiel. neuf. #29



individuels en bande

## C1. résidentiel. neuf. #30



individuels en bande décomposée

typologie

projet  
commune  
aménageur / promoteur  
programmation  
livraison  
prix de foncier  
prix de construction  
prix de sortie  
surface parcelle  
emprise au sol  
surface de plancher  
nombre d'étages  
hauteur totale  
matériaux

ZA économique des Fourches  
Cherbourg-en-Cotentin  
Communauté d'agglomération du Cotentin  
Activité logistique

15,24 €/m<sup>2</sup> HT

5970 m<sup>2</sup>  
1530 m<sup>2</sup>

R+1  
9 m

morphologie urbaine  
CES / COS  
morphologie paysagère  
Surface pleine terre m<sup>2</sup> / CBS  
morphologie «RE2020»  
coefficient de compacité

0,26 / 0,19

1210 / 0,20

0,59

ZA économique des Fourches  
Cherbourg-en-Cotentin  
Communauté d'agglomération du Cotentin  
Activité agricole

15,24 €/m<sup>2</sup> HT

16790 m<sup>2</sup>  
6853 m<sup>2</sup>

R+4  
6 m

0,41 / 0,31

5547,03 / 0,33

0,80

Quartier Grimesnil  
Cherbourg-en-Cotentin  
Normandie Aménagement  
Résidentiel intermédiaire

terrain viabilisé : 2921 €/m<sup>2</sup>

2050 m<sup>2</sup>  
534 m<sup>2</sup>

R+1  
6 m

0,24 / 0,36

610 / 0,30

0,88

structure béton, enduit et panneaux composites

Quartier Grimesnil  
Cherbourg-en-Cotentin  
Normandie Aménagement  
Résidentiel individuel

terrain viabilisé : 90-100 €/m<sup>2</sup> HT

230 m<sup>2</sup>  
79 m<sup>2</sup>

R+1  
5 m

0,40 / 0,61

93 / 0,41

1,00

particularités



### Immobilier non résidentiel



**26% de l'immobilier non résidentiel sont des entrepôts**  
**33% sont des locaux agricoles**

Le territoire est stratégique car situé à proximité de l'île de France, avec des liaisons ferroviaires le reliant à 45 minutes de la gare Saint-Lazare. Le développement économique s'effectue autour de l'axe Seine où l'objectif est de capter les actifs en leur proposant une meilleure qualité de vie et un tourisme fluvial et boisé. Le département de l'Eure est un département de passage par rapport au tourisme en passant par Vernon et Giverny. La proximité à l'île de France est aussi un inconvénient au vu de la rareté actuelle du foncier le long de l'A13.

Aujourd'hui, les élus doivent répondre à une injonction paradoxale: la forte pression de l'île de France et le zéro artificialisation nette. Il existe une forte sollicitation de la part des entreprises de logistique pour s'implanter sur des terrains excentrés et à proximité des nœuds autoroutiers.

La consommation des friches industrielles étant bientôt limitée, les élus sont ouverts à l'accueil de ce type d'activités mais sont conscients toutefois qu'elle est consommatrice de foncier pour souvent peu de gain en termes d'emplois et de richesse économique.

*Cette description du territoire est établie d'après les propos recueillis auprès de deux structures qui participent à l'aménagement et au développement économique du territoire.*

### Immobilier résidentiel



**37% de l'immobilier résidentiel sont en individuel**  
**40% sont en logements collectifs**

Par ailleurs, l'identité du territoire est hétérogène avec un pôle dynamique aux caractéristiques urbaines autour de Vernon et des espaces ruraux où la maison individuelle prédomine. Les zones d'activité existantes étant en phase de finalisation et les nouvelles pas encore disponibles, c'est la construction de logements qui domine le marché immobilier d'aujourd'hui. Les typologies bâties varient en fonction de la localisation. Bien que le territoire capte majoritairement des habitants à la recherche d'une maison individuelle, quelques opérations de logements collectifs voient le jour dans des contextes urbains comme à Vernon.



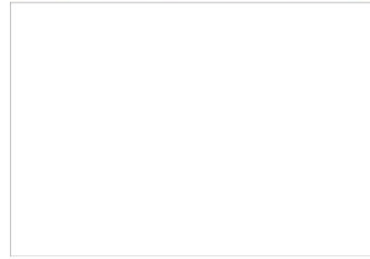


50m

## C1. entreprise. neuf. #32



## C1. entreprise. neuf. #33



## C1. résidentiel. neuf. #34



## C1. résidentiel. neuf. #35



typologie	entrepôt classe C	entrepôt agricole	logements intermédiaires en bande	petit collectif en immeubles parallèles
projet	Normandie Parc	-	ZAC Fieschi	ZAC Fieschi
commune	Douains	Heubécourt-Haricourt	Vernon	Vernon
aménageur / promoteur	Seine Normandie Agglomération	-	Seine Normandie Agglomération / SECOMILE	Seine Normandie Agglomération
programmation	Activité industrielle	Activité agricole	Résidentiel intermédiaire	Résidentiel collectif
livraison			2015	
prix de foncier	foncier : 50 € TTC/m <sup>2</sup>			4059€/m <sup>2</sup>
prix de construction			1 280 € HT/m <sup>2</sup>	
prix de sortie			3300 - 3600 € TTC/m <sup>2</sup>	
surface parcelle	7930 m <sup>2</sup>	11180 m <sup>2</sup>	185 m <sup>2</sup>	1500 m <sup>2</sup>
emprise au sol	806 m <sup>2</sup>	1620 m <sup>2</sup>	92 m <sup>2</sup>	727 m <sup>2</sup>
surface de plancher			2 700 m <sup>2</sup>	
nombre d'étages	R+2	RDC	R+2+combles	R+3+attique
hauteur totale	11 m	5 m	9 m	13 m
matériaux			structure béton, briquettes, enduit, bardage métal	
morphologie urbaine				
CES / COS	0,10 / 0,15	0,14 / 0,11	0,4 / 0,76	0,48 / 1,45
morphologie paysagère				
Surface pleine terre m <sup>2</sup> / CBS	5550 / 0,70	9560 / 0,86	0,50 / 0,75	0 / 0,62
morphologie «RE2020»				
coefficient de compacité	0,69	0,84	0,61	0,47
particularités			écoquartier étape 3, boxes indépendants de stationnement RDC, circulations extérieures 55 logements conçu par AACD	





### Immobilier non résidentiel



**37% de l'immobilier non résidentiel sont des locaux industriels**

Le territoire connaît un rythme accru depuis l'épidémie du Covid avec une inflation de 30% de l'immobilier résidentiel. Cette envolée du marché se traduit démographiquement par un fort investissement de la part des entreprises, prêtes à s'installer dans des zones d'activité. Or, les zones d'activité sont déjà remplies à 97% et la construction de nouveaux entrepôts génère un fort impact sur le logement et la mobilité avec l'arrivée massive de nouveaux travailleurs. La forte pression du tourisme actuelle fait également l'objet d'une enquête afin de vérifier si les plateformes de locations immobilières telles que Airbnb ne risqueraient pas à terme de bouleverser le marché du logement. Si l'implantation des premières entreprises industrielles remontent aux années 70, leur présence ne relève toutefois pas d'un développement économique spécifique au territoire. Aujourd'hui, les zones d'activité sont devenues artisanales et se développent autour d'une économie résidentielle, avec des artisans dont la logique d'investissement est patrimoniale. Le prix du foncier étant faible, les sites sont proches de la saturation.

### Immobilier résidentiel



**95% de l'immobilier résidentiel sont en individuel**



50m

## C1. entreprise. neuf. #36



entrepôt classe A+ bureaux

## C1. entreprise. neuf. #37



entrepôt classe A + bureaux

## C1. résidentiel. neuf. #38



-

## C1. résidentiel. neuf. #39



-

typologie

projet	ZI du Mesnil	ZI du Mesnil	ZAC du Bourg - le Hameau de la Grenière	ZAC du Bourg - le Hameau de la Grenière
commune	Granville	Granville	Saint-Planchers	Saint-Planchers
aménageur / promoteur	CC de Granville Terre et Mer	CC de Granville Terre et Mer	Normandie Aménagement	Normandie Aménagement
programmation	Activité industrielle pharmaceutique	Activité industrielle biscuiterie	Résidentiel individuel	Résidentiel individuel
livraison				
prix de foncier	foncier : 50 € TTC/m <sup>2</sup>	foncier : 50 € TTC/m <sup>2</sup>	terrain viabilisé à partir de 32400 € - 49€/m <sup>2</sup>	terrain viabilisé à partir de 32400 € - 49€/m <sup>2</sup>
prix de construction				
prix de sortie				
surface parcelle	23140 m <sup>2</sup>	30990 m <sup>2</sup>	446 m <sup>2</sup>	590 m <sup>2</sup>
emprise au sol	10005 m <sup>2</sup>	10857 m <sup>2</sup>	120 m <sup>2</sup>	108 m <sup>2</sup>
surface de plancher				
nombre d'étages	R+1	R+1	R+1	R+1
hauteur totale	6 m	6 m	5 m	5 m
matériaux				
morphologie urbaine				
CES / COS	0,40 / 0,32	0,35 / 0,27	0,26 / 0,39	0,18 / 0,27
morphologie paysagère				
Surface pleine terre m <sup>2</sup> / CBS	2650 / 0,11	330 / 0,01	161 / 0,35	179 / 0,30
morphologie «RE2020»				
coefficient de compacité	0,57	0,26	1,07	1,14
particularités				



### Immobilier non résidentiel



**24% de l'immobilier non résidentiel sont des entrepôts**  
**26% sont des locaux agricoles**

La Communauté de Communes Bernay Terres de Normandie appartient au groupe C1 avec une production moyenne de 750 logements par an. Avec un pourcentage élevé de bâtiments agricoles et de maisons individuelles, les statistiques font état de l'importance de la construction en diffus dans le territoire. En effet, après étude du site internet de la communauté de communes et des cartes aériennes, il semble que les projets se conçoivent et se réalisent hors projet d'aménagement : en extension urbaine sur des terrains agricoles à l'initiative d'un particulier ou en limite d'un centre-bourg. Ces opérations sont majoritairement réalisées par des constructeurs. C'est pourquoi les acteurs de ce type de commande sont plus difficilement identifiables. Bien que des constructeurs locaux ont été sollicités, aucun n'a accepté de répondre à nos questions. Par ailleurs, certaines agences émanent de structures plus vastes, voire nationales, qui possèdent leur propre service de communication. Et les interlocuteurs exerçant sur site ne sont pas disposés à nous répondre.

*Pour ce territoire, les différents interlocuteurs identifiés contactés n'ont pas donné suite à nos sollicitations donc le texte est issu d'une lecture du site internet de la Communauté d'agglomération.*

### Immobilier résidentiel



**98% de l'immobilier résidentiel sont en individuel**

Bernay fut mentionné au cours de deux entretiens sur l'EPCI Seine Normandie Agglomération, les personnes interrogées le situant comme moins dynamique que leur territoire d'action. A titre de comparaison, les entretiens effectués sur d'autres EPCI appartenant à la même classe C1 peuvent permettre d'illustrer la situation de Bernay :

- un mode de vie plus qualitatif est recherché par les habitants qui viennent s'installer, d'où la maison individuelle comme typologie bâtie la plus répandue
- l'éloignement géographique de Bernay par rapport à la Seine et l'absence de liaison directe avec la capitale peut expliquer la faible activité recensée sur le territoire.

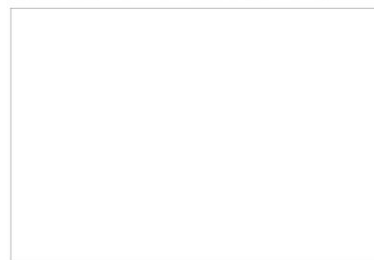


50m

## C1. entreprise. neuf. #40



## C1. entreprise. neuf. #41



## C1. résidentiel. neuf. #42



## C1. résidentiel. neuf. #43



typologie	entrepôt classe C	entrepôt classe C	individuel isolé	individuel isolé
projet	ZAC des Granges	Saint Jean du Thenney	Construction d'une maison individuelle	Construction d'une maison individuelle
commune	Bernay	-	Hondouville	Saint-Denis-le-Ferment
aménageur / promoteur	Intercom Bernay TDN	-	Les Maisons de l'Hexagone	Les Maisons de l'Hexagone
programmation	Activité agricole	Activité agricole	Résidentiel individuel	Résidentiel individuel
livraison				
prix de foncier	foncier : 15,60 €/m <sup>2</sup> HT		2000 €/m <sup>2</sup> HT	
prix de construction				
prix de sortie				
surface parcelle	1740 m <sup>2</sup>	15050 m <sup>2</sup>	1010 m <sup>2</sup>	588 m <sup>2</sup>
emprise au sol	548 m <sup>2</sup>	3022 m <sup>2</sup>	119 m <sup>2</sup>	170 m <sup>2</sup>
surface de plancher				
nombre d'étages	R+1	RDC	RDC+combles	RDC
hauteur totale	6 m	5 m	5 m	3 m
matériaux				
morphologie urbaine				
CES / COS	0,31 / 0,24	0,20 / 0,15		0,29 / 0,22
morphologie paysagère				
Surface pleine terre m <sup>2</sup> / CBS	3730 / 0,48	10107 / 0,67	0,12 / 0,15	360 / 0,61
morphologie «RE2020»				
coefficient de compacité	0,68	0,57	766 / 0,76	0,66
particularités			0,83	



C1.fertiaire rehab. #44

C1.résidentiel rehab#44'



50m



typologie

C

C

projet

Réhabilitation longère en pôle environnemental et solidaire

Réhabilitation longère normande

commune  
maîtrise d'ouvrage  
maîtrise d'oeuvre

Beaumesnil  
Association 1001 légumes  
Architecte : Pascal Séjourné

Bernay  
individuel privé  
/

produit  
prix

ERP  
446 700 € TTC

residentiel individuel pur  
/

surface  
nombre d'étages

220 m2 SHON  
R+1

emprise au sol : 100 m2  
RDC + combles

date de construction  
date de réhabilitation

/  
2012

/  
/

mode constructif à noter

Ossature bois, isolation liège

Construction traditionnelle normande,  
colombages



C2  
Communauté d'agglomération  
de la région dieppoise



Immobilier non résidentiel



**22% de l'immobilier non résidentiel sont des bureaux**

La Communauté d'agglomération dieppoise fait partie du groupe C2 avec une production moyenne inférieure à 262 logements par an. Le dynamisme de construction étant plus faible, les chiffres sont à étudier avec précaution. L'étude du site internet de la communauté d'agglomération peut renseigner sur les projets d'aménagement actuels. Le territoire possède une identité maritime très forte. A l'image des EPCI situés à proximité de l'eau, le développement économique de Dieppe s'est constitué en lien avec l'eau : "commerce, plaisance, pêche, transmanche, mécanique, transformation des métaux, automobile, agro-alimentaire, plasturgie". Face à la perte d'habitants, l'objectif de la communauté d'agglomération est de maintenir les zones d'activités existantes - parc industriel d'Offranville, zones industrielles de Bréauté et de Louis Delaporte - et de renforcer l'immobilier d'entreprise, comme semblent le confirmer les statistiques. La viabilisation de la zone Ouest d'Eurochannel illustre bien cette stratégie puisqu'elle accueille des hôtels et des pépinières d'entreprises. La situation géographique de Dieppe, à un carrefour entre l'Angleterre, le Nord de l'Europe et le bassin parisien est un argument stratégique pour les entreprises.

Immobilier résidentiel



**76% de l'immobilier résidentiel sont en individuel**

La lecture du Programme Local de l'Habitat 2013 / 2018 informe sur la volonté de produire une offre de logements privés et publics à proximité des pôles urbains tout en maintenant le dynamisme des centres-bourgs et en limitant l'étalement urbain. Les publics modestes à précarisés sont visés en diversifiant l'offre : logements sociaux, logements étudiants, et jeunes en insertion. Le PLH confirme bien les résultats des statistiques sur la période 2013 / 2015 : "83% des logements programmés entre 2013 et 2015 sont issus d'opérations de logements collectifs. Cela s'explique notamment par le fait que 84% du parc locatif social se situe sur Dieppe. Le logement collectif correspond à la morphologie urbaine de la commune centre et permet d'être moins consommateur de foncier".



50m

## C2. entreprise. neuf. #45



entrepôt classe C

## C2. entreprise. neuf. #46



entrepôt classe C

## C2. résidentiel. neuf. #47



individuel isolé

## C2. résidentiel. neuf. #48



individuel isolé

typologie	entrepôt classe C	entrepôt classe C	individuel isolé	individuel isolé
projet	ZA Eurochannel	ZA Eurochannel	Construction d'une maison individuelle	Construction d'une maison individuelle
commune	Dieppe	Dieppe	Aubermesnil-Beumais	Auppegard
aménageur / promoteur	Communauté d'agglomération de la région Dieppoise	Communauté d'agglomération de la région Dieppoise	Les Maisons de l'Hexagone	Les Maisons de l'Hexagone
programmation	Activité industrielle	Activité industrielle	Résidentiel individuel	Résidentiel individuel
livraison				
prix de foncier	foncier : 22 €/m <sup>2</sup> HT	foncier : 22 €/m <sup>2</sup> HT	foncier : 39 €/m <sup>2</sup> HT	foncier : 39 €/m <sup>2</sup> HT
prix de construction				
prix de sortie				
surface parcelle	8890 m <sup>2</sup>	85170 m <sup>2</sup>	1000 m <sup>2</sup>	1120 m <sup>2</sup>
emprise au sol	2820 m <sup>2</sup>	18434 m <sup>2</sup>	110 m <sup>2</sup>	87 m <sup>2</sup>
surface de plancher				
nombre d'étages	R+1	R+1	R+1	R+1
hauteur totale	6 m	12 m	6 m	6 m
matériaux				
morphologie urbaine				
CES / COS	0,32 / 0,48	0,22 / 0,33	0,11 / 0,14	0,08 / 0,10
morphologie paysagère				
Surface pleine terre m <sup>2</sup> / CBS	4346 / 0,49	54280 / 0,64	772 / 0,77	855 / 0,76
morphologie «RE2020»				
coefficient de compacité	0,57	0,34	0,84	0,89
particularités				

---

# 3.

# *Prototypes*

Des archétypes du sourcing aux prototypes de la phase 2

# Choix des prototypes immobiliers

## Pour une juste répartition territoriale et programmatique

### Bâtiments neufs

Les 40 archétypes sont analysés et regroupés en familles de produits immobiliers pour resserrer à 12 propositions de prototypages destinés à être mis au travail en phase 2.

Ce choix s'est fait à l'issu de nos entretiens menés avec des aménageurs dont les territoires d'activités indiqués en couleurs ont été identifiés pour couvrir la majeure partie du territoire.

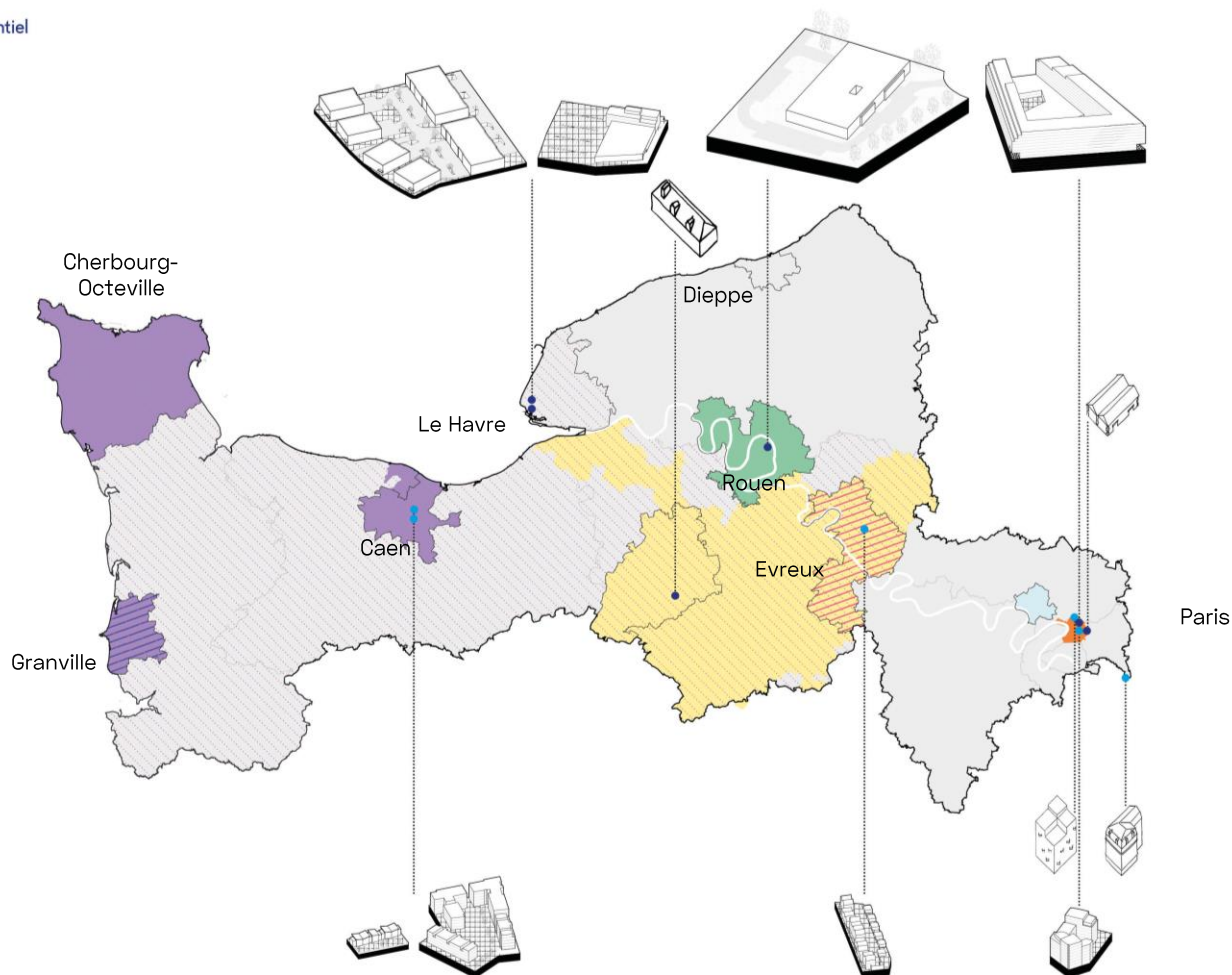
Ces prototypes sont choisis comme étant représentatifs de ce qui se construit sur le territoire de la Vallée de la Seine sur les plan quantitatifs et qualitatifs.

### Bâtiments réhabilités

Les 8 archétypes en réhabilitation sont réunis en fonction de la rénovation thermique qui leur est apportée. On va par exemple pouvoir aborder de la même manière les maisons d'un lotissement en parpaing et un immeuble béton construit dans les années 70, pourvu que leur système constructif amène une solution adaptée type.

On resserre les prototypes sur 4 familles constructives. Ces groupes peuvent se décliner ensuite selon les choix constructifs des différents ouvrages.

non résidentiel



résidentiel

# prototype #01

## ilôt tertiaire en U

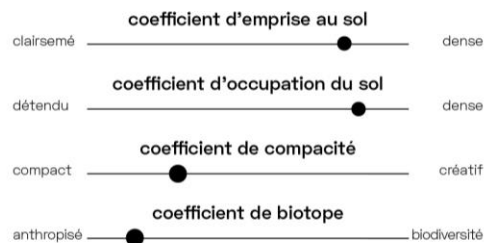
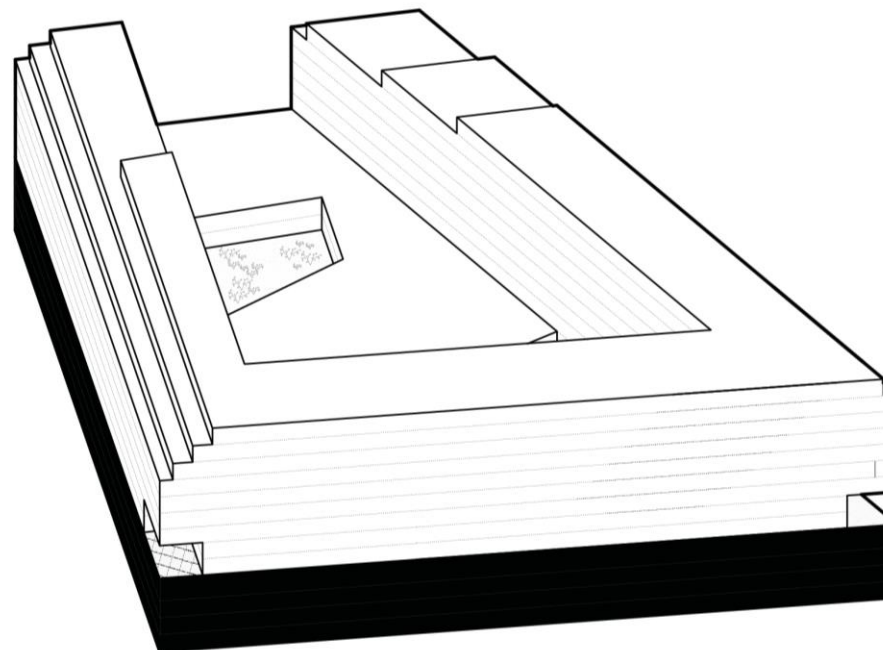


10m

Les immeubles de bureaux sont caractéristiques des situations urbaines denses. Sur la Vallée de la Seine c'est une typologie représentative des constructions des EPCI de groupe A et sur le reste du territoire dans les centres d'agglomérations.

Placé en alignement des limites parcellaires, le bâtiment tire profit au maximum du volume constructible, tout en créant des découpages avec des terrasses en gradins favorisant les vues multiples.

Les circulations verticales en façades associées à un système constructif poteaux-poutres permettent de libérer des plateaux libres de bureaux en open-space, enveloppés d'une façade très largement vitrée.



**programme** tertiaire - plateaux de bureaux  
**classement incendie** ERT+ ERP 5e catégorie

**surface parcelle** 10 850 m<sup>2</sup>  
**emprise au sol** 9 190 m<sup>2</sup>  
**surface de plancher** 48 300 m<sup>2</sup>  
**nombre d'étages** R+7 + sous-sols  
**hauteur totale** 29 m  
**profondeur bâti** 18 m  
**structure** poteaux poutres béton  
**façade** men. bois, panneaux sandwich bois  
**toiture** technique et végétalisation extensive

### vers le bas carbone

**leviers** ——— attractivité permet d'imposer des préconisations environnementales

**freins** ——— des volumes bâtis complexes avec des façades très transparentes



# prototype #02

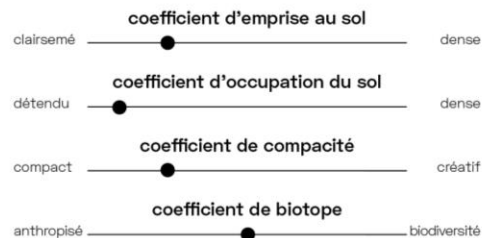
## entrepôt classe A



10m

Cet entrepôt représente les constructions de zones monofonctionnelles organisée en autarcie avec un branchement sur un axe routier. Placées en périphérie de ville pour éviter les nuisances, ces zones d'activités économiques sont très consommatrices d'espaces pour les bâtiments et les voiries pour des déplacements uniquement routiers.

La forme bâtie est simple, compacte, fonctionnelle. La qualité architecturale passe bien après le critère de prix. Les activités de production ou de logistique sont toujours associées à une part de bureaux et des espaces pour l'accueil du public.

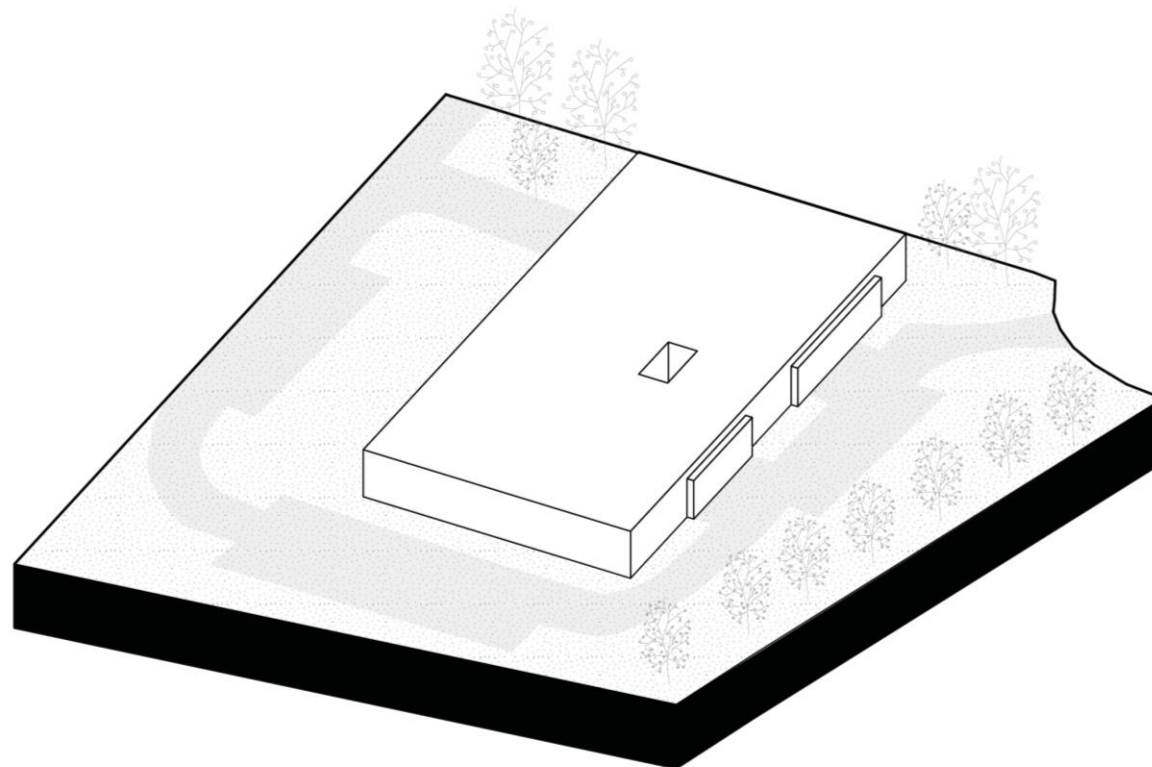


programme : activité industrielle  
 classement incendie : ERT + ERP 5e catégorie

surface parcelle	27 090 m <sup>2</sup>
emprise au sol	7 040 m <sup>2</sup>
surface de plancher	- m <sup>2</sup>
nombre d'étages	RDC à R+1
hauteur totale	9 m
profondeur bâti	60 m
structure	dalle béton, portiques métalliques
façade	men. PVC, panneaux composites
toiture	bac acier

vers le bas carbone  
 leviers \_\_\_\_\_

freins \_\_\_\_\_



## prototype #03

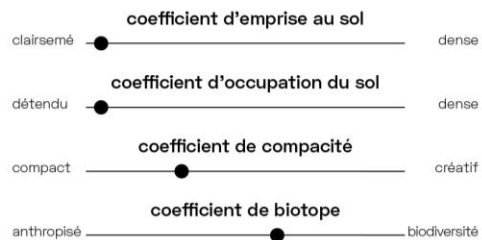
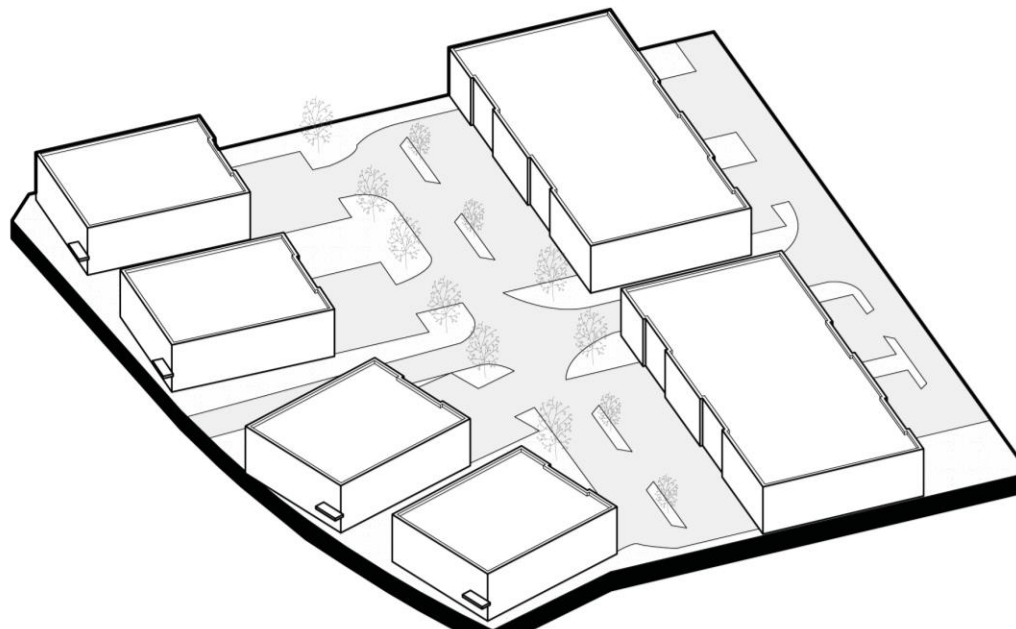
### entrepôt classe C



10m

Ce bâtiment prend place dans un «village d'artisans» en entrée de ville. Il s'agit d'un ensemble de locaux d'artisanat associés à des bureaux, chacun ayant son stationnement en entrée de bâtiment. Les constructions s'organisent en grappes, l'ensemble se raccordant aux axes routiers. Si la programmation reste mono fonctionnelle, l'échelle des bâtiments se rapproche d'un quartier urbain.

Une attention est portée sur les enveloppes, travaillées pour éviter les parois opaques et monotones dans le paysage. Les espaces extérieurs sont paysagers participant à la qualité des espaces publics.



**programme** activité artisanale  
**classement incendie** ERT

**surface parcelle** 27 090 m<sup>2</sup>  
**emprise au sol** 7 040 m<sup>2</sup>  
**surface de plancher** - m<sup>2</sup>  
**nombre d'étages** RDC à R+1  
**hauteur totale** 7 m  
**profondeur bâti** 20 m  
**structure** dalle béton, portiques bois  
**façade** polycarbonate, bardage métallique  
**toiture** bac acier

#### vers le bas carbone

**leviers** — biosourcés attrait qualitatif et environnemental pour acquéreur  
**freins** — difficulté de sortie au prix du marché  
 consommation de terres agricoles

## prototype #04

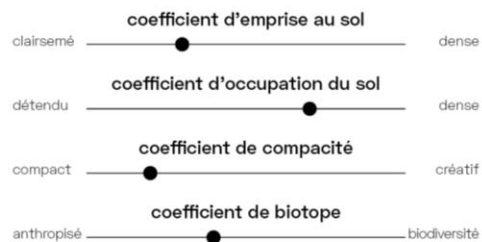
### hybride d'activités



10m

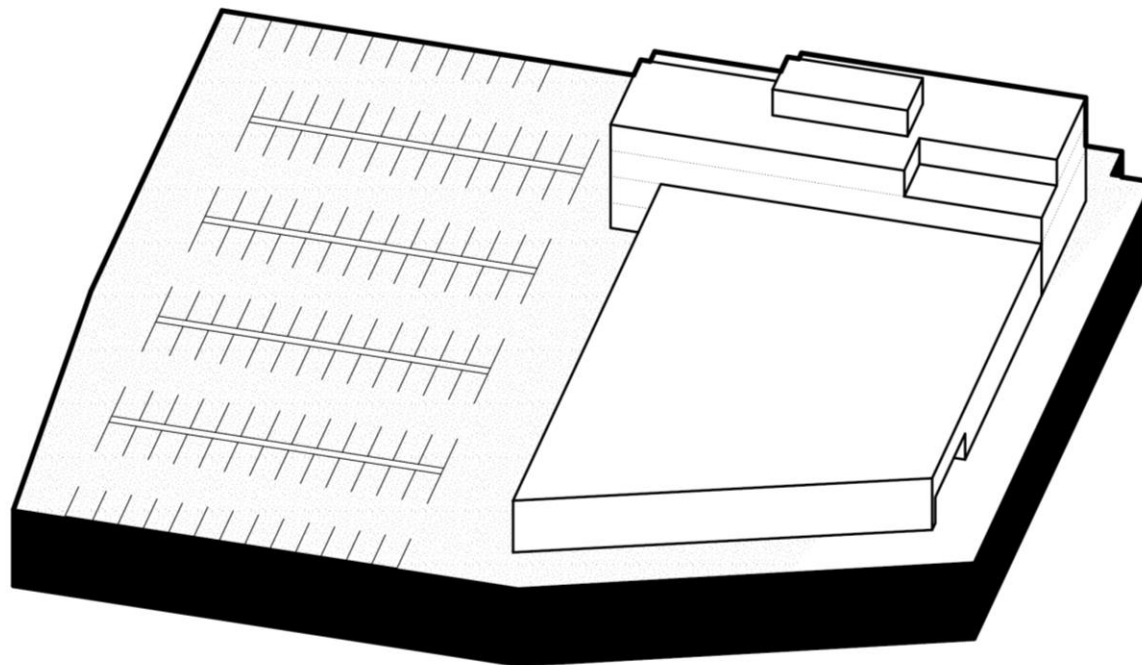
Ce bâtiment hybride regroupe deux typologies d'immobilier d'entreprise : un centre commercial de proximité (salles de sport, boulangerie, supermarché blo) associé à un bâtiment de bureaux dont le socle est occupé par un pôle de santé (crèche, pharmacie, cabinet d'ostéopathe).

Ce type de construction est représentatif des entrées de ville, s'implantant sur les derniers terrains non artificialisés. Facilement accessible par la proximité des noeuds routiers, proche des bassins de population, ces bâtiments présentent une densité modérée. La voiture reste très présente mais des ambitions environnementales sont également introduites, avec un soucis d'aménagement des espaces extérieurs paysagers et une recherche de qualité architecturales.



<b>programme</b>	commerces + tertiaire
<b>classement incendie</b>	ERT + ERP 5e catégorie
<b>surface parcelle</b>	27 090 m <sup>2</sup>
<b>emprise au sol</b>	7 040 m <sup>2</sup>
<b>surface de plancher</b>	2 300m <sup>2</sup> commerces + 1 800m <sup>2</sup> bureaux
<b>nombre d'étages</b>	RDC + R+3
<b>hauteur totale</b>	12 m
<b>profondeur bâti</b>	38 m + 18 m
<b>structure</b>	plancher collaborant, structure métal
<b>façade</b>	men. alu, bardage bois et métal
<b>toiture</b>	végétalisée extensive + accessible

<b>vers le bas carbone</b>	
<b>leviers</b>	mixité programmatique, investisseur occupant en recherche de qualité
<b>freins</b>	difficulté de sortie au prix du marché consommation de terres agricoles



# prototype #05

## îlot ouvert

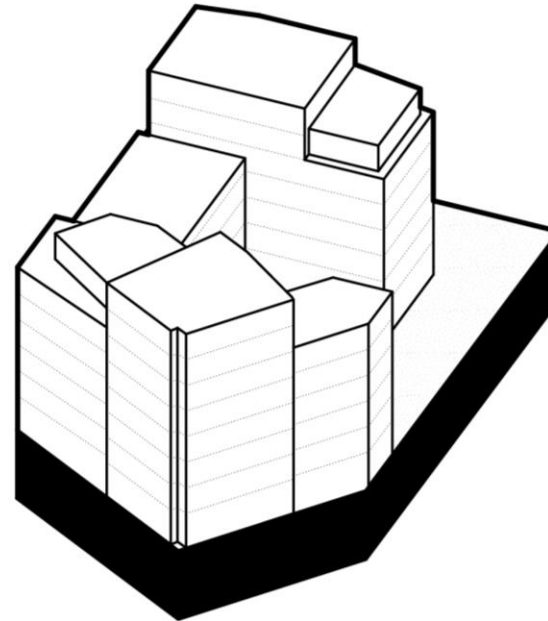
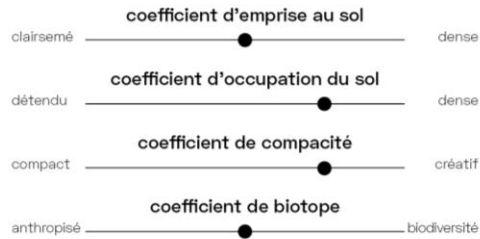


10m

Cet ensemble résidentiel est une portion d'un grand îlot ouvert avec trois orientations principales :

- le front de canal qui se retourne en proue à l'angle s'adresse au paysage et accompagne les cheminements piétons,
- les façades sur caërs d'îlots protégeant un jardin intérieur dans une échelle plus domestique,
- les accroches fonctionnelles sur rue avec accès voitures et techniques.

La densité bâtie est compensée par une déconstruction des volumes et l'emploi de nombreux matériaux différents en façades. Les logements sont distribués par des circulations intérieures avec un couloir central éclairé naturellement. Tous les logements ont un espace extérieur et la majorité bénéficient de plusieurs orientations : traversants ou en angle.



**programme** logements collectifs à accession privée  
**classement incendie** 3e famille B

**surface parcelle** 2 180 m<sup>2</sup>  
**emprise au sol** 1 080 m<sup>2</sup>  
**surface de plancher** 6 000 m<sup>2</sup>  
**nombre d'étages** R+7 + niveaux sous-sols  
**hauteur totale** 22 m  
**profondeur bâti** 13 m  
**structure** dalle refends béton  
**façade** men. bois alu, briquettes et enduit  
**toiture** végétalisée extensive + accessible

**vers le bas carbone**

**leviers** logements traversants, maîtrise des coûts de sortie par le prix du foncier

**freins** hauteur et épaisseur du bâti, espaces extérieurs à étancher difficile sans béton

# prototype #06

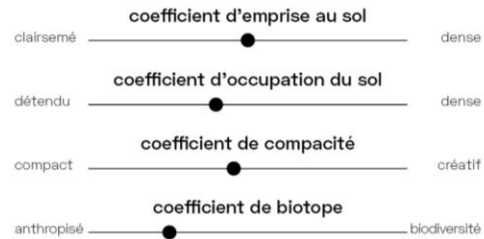
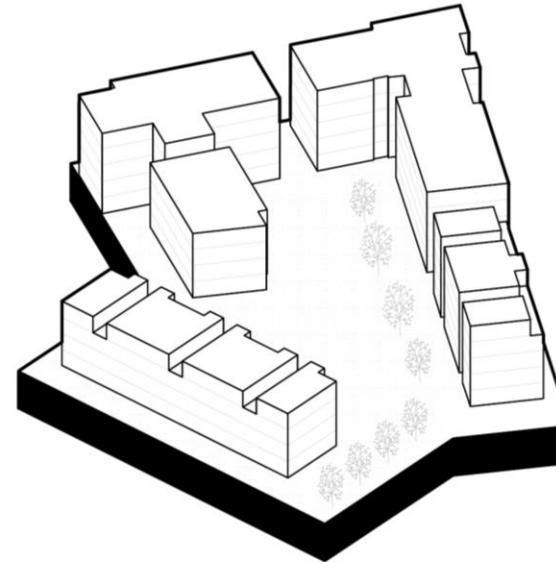
## collectif discontinu



10m

Cet ensemble de logements collectifs rassemble plusieurs constructions autour d'un coeur d'îlot semi privé, traversé par des mobilités douces. L'îlot est décomposé en plusieurs bâtiments dont les volumes sont découpés, en hauteur et en profondeur, introduisant des espaces extérieurs. A cela s'ajoute une variation de matériaux enduit, bois et bardage métallique ainsi qu'un léger retrait végétalisé par rapport à l'espace public.

Les volumétries sont travaillées de manière à se rapprocher de d'une diversification d'habitats individuels tout en présentant une importante densité de logements.



<b>programme</b>	logements collectifs
<b>classement incendie</b>	2e famille + 3e famille A
<b>surface parcelle</b>	9 970 m <sup>2</sup>
<b>emprise au sol</b>	4 900 m <sup>2</sup>
<b>surface de plancher</b>	env. 15 000 m <sup>2</sup>
<b>nombre d'étages</b>	R+3 à R+4
<b>hauteur totale</b>	13 m
<b>profondeur bâti</b>	15 m
<b>structure</b>	béton
<b>façade</b>	men. + volets roulants PVC, enduit, bois, métal
<b>toiture</b>	étanché + panneaux photovoltaïques

**vers le bas carbone**

**leviers** \_\_\_\_\_ production locale d'énergie,  
constructions compactes

**freins** \_\_\_\_\_



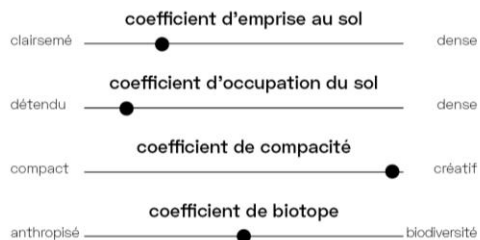
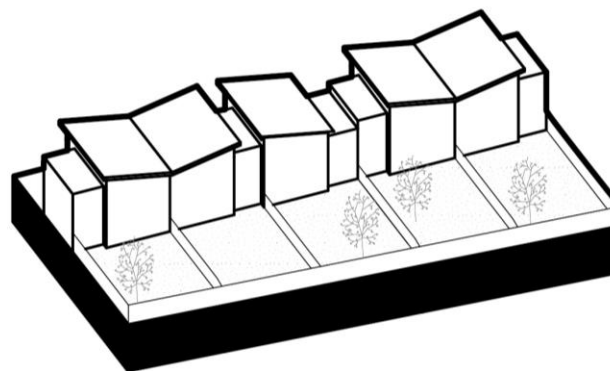
# prototype #07

## individuels en bande



10m

Ces logements individuels sont implantés en juxtaposition, sous formes de bandes parallèles, l'ensemble constituant un îlot autonome. La desserte se fait par une voie partagée sans trottoir favorisant les mobilités douces, en boucle pour se brancher à la voie principale. Les constructions sont en retrait de l'espace public, sans clôture, avec un carré de verdure et un accès à un stationnement individuel intégré à la construction ou avec un simple auvent. Les maisons toutes identiques présentent des variations sur les couleurs de l'enduit et des portes. À l'arrière, le jardin est le lieu d'expression des extensions habitantes : auvents, vérandas, abris de jardins et clôtures diverses. Le regroupement des maisons favorise l'échelle domestique mais laisse de côté la prise en compte de l'orientation solaire.



<b>programme</b>	logements individuels en bande
<b>classement incendie</b>	1ère famille
<b>surface parcelle</b>	250 m <sup>2</sup>
<b>emprise au sol</b>	70 m <sup>2</sup>
<b>surface de plancher</b>	120 m <sup>2</sup>
<b>nombre d'étages</b>	R+1
<b>hauteur totale</b>	6 m
<b>profondeur bâti</b>	8,5 m
<b>structure</b>	parpaings
<b>façade</b>	men. et volets roulants PVC, enduit et bois
<b>toiture</b>	bac acier + étanché

<b>vers le bas carbone</b>	
<b>leviers</b>	stationnements intégrés, recherche de qualité dans les volumes
<b>freins</b>	pollution sols entraîne surcoût de base maison catalogue, CMistes non formés

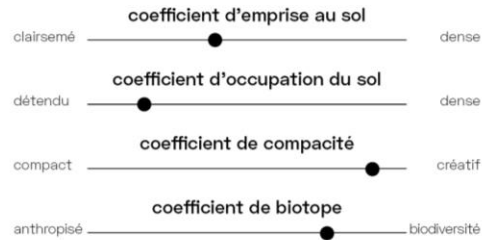
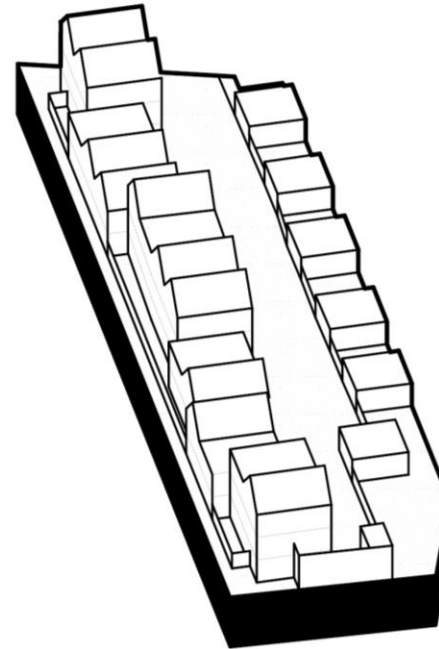
# prototype #08

## intermédiaire



10m

Cette opération regroupe des habitats individuels superposés et juxtaposés. L'image de la maison est représentée avec un traitement des toitures en double pans et les volumes sont divisés de manière à reprendre le gabarit d'une maison. Cet effet est accentué par une palette de matériaux composant des variations. Les logements sont desservis par des circulations extérieures se prolongeant en terrasses privées. Les retraits sur espace public sont séparés par des clôtures et des boxes de stationnements individualisés. L'échelle des constructions permet de densifier un habitat individuel très gourmand en superficie mais les faibles surfaces de jardins engendre une difficile appropriation.



<b>programme</b>	logements intermédiaires en bande
<b>classement incendie</b>	2e famille
<b>surface parcelle</b>	4590 m <sup>2</sup>
<b>emprise au sol</b>	2000 m <sup>2</sup>
<b>surface de plancher</b>	env. 3 500 m <sup>2</sup>
<b>nombre d'étages</b>	R+1 à R+2 +combles
<b>hauteur totale</b>	10 m
<b>profondeur bâti</b>	9 m
<b>structure</b>	briques et structure métallique rapportée
<b>façade</b>	men. PVC, enduit, briquettes, bac acier
<b>toiture</b>	bac acier + étanché

**vers le bas carbone**

**leviers** ————— densification d'habitats individuels,  
bâts qui se prête au bio-géosourcé

**freins** —————

## prototype #09

### bâtiment de logement en béton (post années 70)

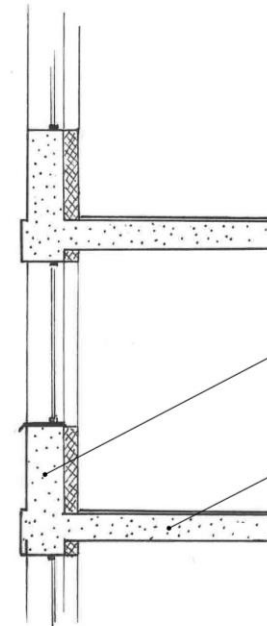
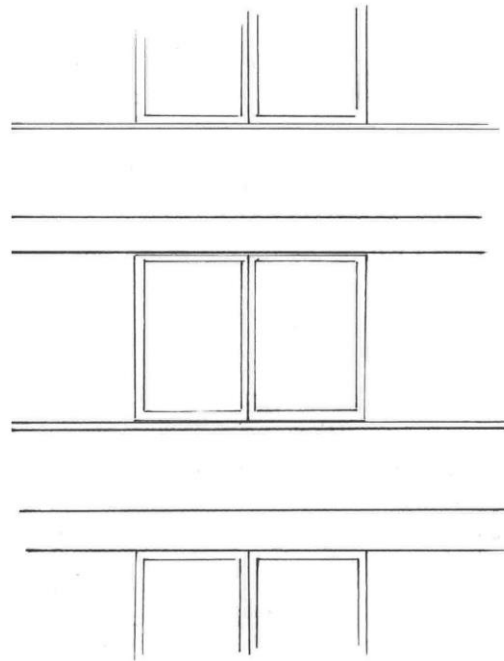
Les bâtiments résidentiels en béton datent généralement de l'après seconde guerre mondiale. Issus de la reconstruction ou de construction plus tardive, ces bâtiments reposent sur des éléments standardisés et des mises en œuvres industrielles.

Les logements collectifs sont le plus souvent construits selon une trame régulière de voiles porteurs en béton armé isolés par l'intérieur.

Les planchers sont quant à eux en béton armé ou constitués de poutrelles béton et hourdis de terre cuite ou béton surmonté d'une chape de béton.

Les maisons individuelles, souvent de type «pavillonnaire» sont plutôt en maçonnerie de bloc creux en terre cuite ou béton avec des planchers en béton ou poutrelles/hourdis.

Avec les années et le manque d'entretien régulier, les bâtiments ont souvent été fragilisés et dévalorisés. Il semble donc nécessaire de porter un autre regard sur ce patrimoine.



#### COUVERTURE

- dalle béton armé (toiture plate) (logement collectif LC)
- charpente bois (maison individuelle MI)

#### MUR

- béton armé (LC)
- bloc béton ou brique creuse (MI)
- isolation intérieure

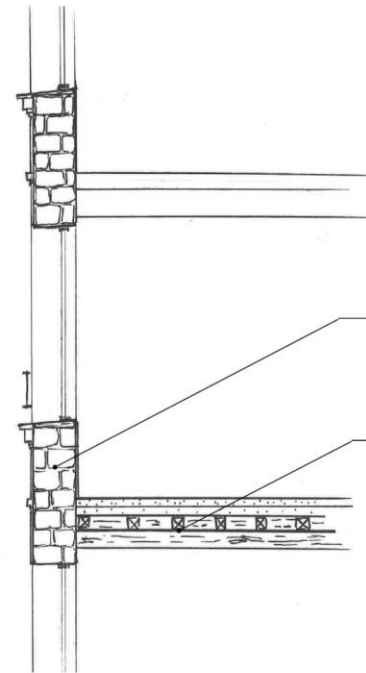
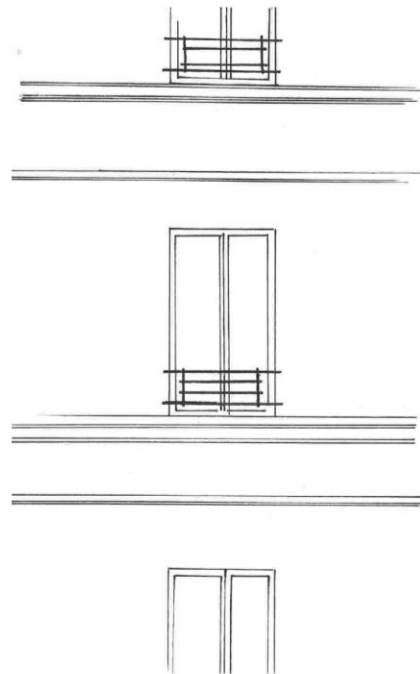
#### PLANCHER

- béton armé (LC et MI)
- poutrelles hourdis (LC et MI)

## prototype #10

### immeuble de rapport ou bâtiment patrimonial «commun» (avant-guerre pré années 30)

Les bâtiments de ce type peuvent être divers : immeuble de logement en centre ville, bâtiment patrimonial plus important (cf cloître rue des Gobelins réhabilité au Havre), grande bâtisse en zone rurale. Ce sont des bâtiments généralement construits avant les années 30.



COUVERTURE  
- charpente bois

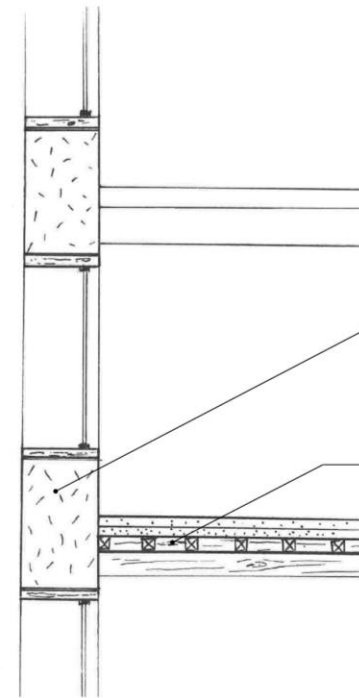
MUR  
- brique - colombages  
- moellons - pierre massive

PLANCHER  
- poutraison et solivage : bois et/ou  
métal  
- chape et finitions:  
- terre cuite sur aire de  
chaux et plâtre  
- parquet et plancher à  
auget de plâtre

## prototype #11

### construction traditionnelle

Ces bâtiments sont très courant dans toute la France , depuis le 16ème siècle et jusqu'à l'entre deux guerre, notamment en zone peu dense. Les matériaux de constructions sont souvent issus de sites proches et en harmonie de couleur avec la terre environnante. Pour limiter l'érosion de la terre (vent dominant à l'ouest) et bénéficier du meilleur ensoleillement l'implantation se fait généralement de façon à orienter la façade principale du logis au Sud, Sud-est. Les bâtiments, jointifs ou non, s'organisent traditionnellement selon cinq types d'implantation : en alignement, en parallèle, en L, en U ou autour d'une cour.



COUVERTURE  
- charpente bois

MUR  
- bauge  
- torchis  
- pisé

PLANCHER  
- poutraison et solivage : bois  
- chape et finitions :  
terre cuite sur aire de  
chaux et plâtre ou sur  
quenouilles

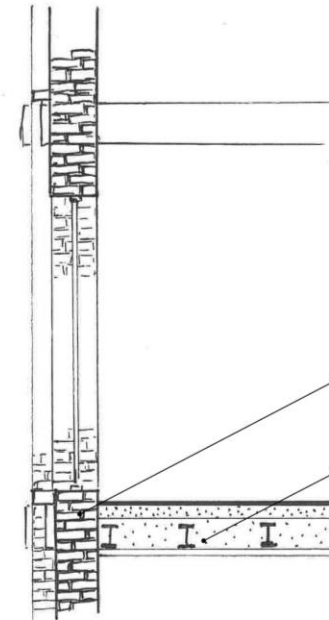
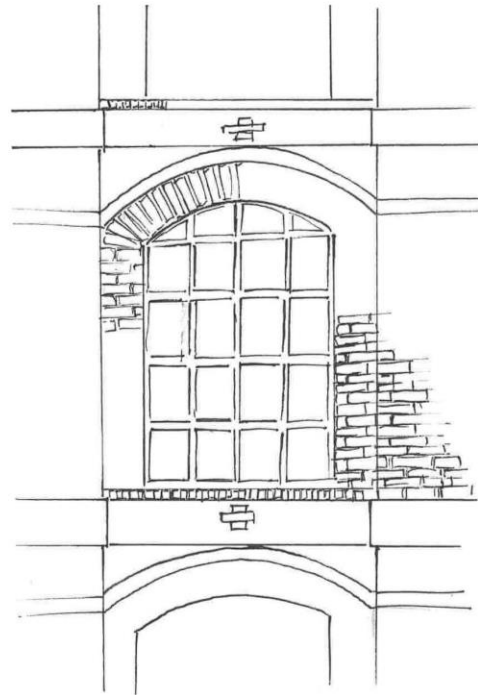


## prototype #12

### bâtiment industriel

(mi-XIX<sup>ème</sup>)

Cette architecture naît à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle. Elle s'empare d'un matériaux solide, bon marché et décoratif : la brique de terre cuite. Le métal fait aussi sont apparition et sert dans les planchers et charpentes. Dans l'est parisien et en normandie, ces bâtiments industriels, laissent sur le territoire des friches, qu'il est parfois possible de réhabiliter et transformer pour conserver ce patrimoine.



#### COUVERTURE

- fermes métalliques

#### MUR

- brique

#### PLANCHER

- poutraison métallique

- remplissage :

- armatures

- voutains en brique de terre cuite

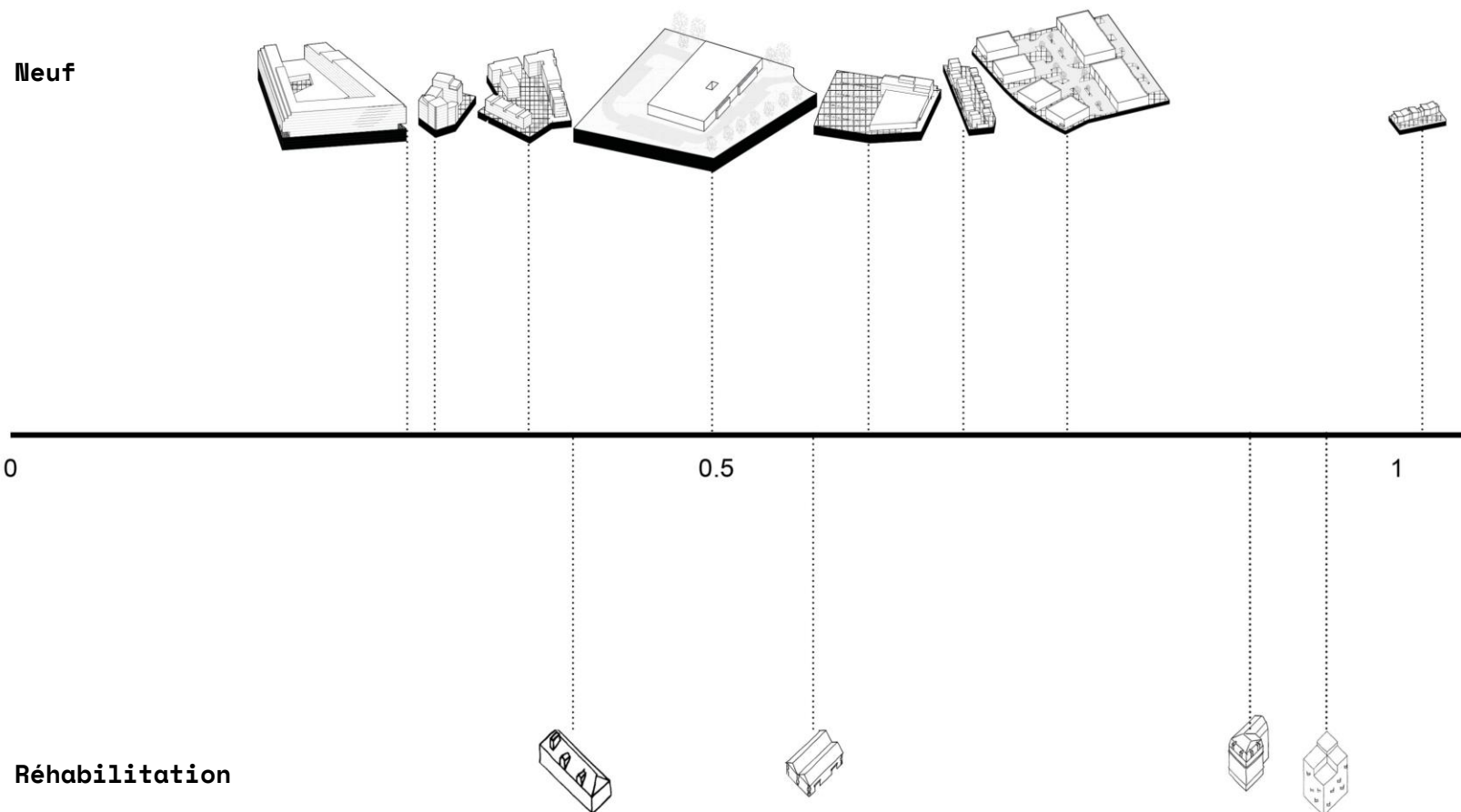
- hourdis

- chape et finitions:

- terre cuite sur aire de chaux  
et plâtre

- parquet et plancher à auget  
de plâtre

# Synthèse morphologique des prototypes



---

# Sourçage des Filières bio et géosourcées

---

---

**1.**

# *Cadrage*

Méthodologie du sourçage des filières bio et géosourcées du territoire

---

# **Méthodologie générale du sourçage filières**

## Objectif

*Le sourçage des filières doit permettre de donner un panorama des filières régionales disponibles, de leur maturité et de leurs aspirations.*

## Méthode

- ✓ Etat de l'art **bibliographique**
- ✓ **Entretiens** avec les filières régionales et les partenaires experts afin d'identifier les défis et difficultés rencontrés par les professionnels et de confronter les objectifs stratégiques aux réalités économiques et environnementales
- ✓ Analyse et production des **cartographies** des acteurs et de la ressource
- ✓ **Webinaires** pour confronter des points clés avec les acteurs des filières
- ✓ Premières réflexions sur la **sélection des systèmes techniques**



## Les filières considérées



**Bois**, essentiellement pour une utilisation structurelle, d'ossature, de parement extérieur ou de platelage bois



**Paille**, sous forme de bottes assemblées sur chantier, de murs préfabriqués ou de paille hachée



**Chanvre**, en isolation (paille, panneaux préfabriqués...) et béton de chanvre



**Lin**, en isolation (paille, panneaux préfabriqués...) et béton d'anas de lin, écrans souples de sous-toiture



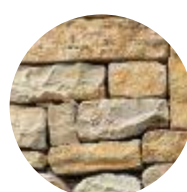
**Miscanthus**, en isolation (en vrac) et béton projeté



**Roseau et filières en développement**, (colza, maïs, tournesol...)



**Terre crue**, sous toutes ses formes (porteuse, en remplissage d'ossature, en béton fibré, en enduits...)



**Pierre**, en maçonnerie pour des murs porteurs, en revêtement et parement



**Ouate de cellulose**, en isolation (vrac soufflé ou insufflé, panneaux préfabriqués...)

---

## Une approche globale

Le projet souhaite interroger l'ensemble de la chaîne de la construction bas carbone depuis le gisement de matière jusqu'au typologies architecturales. Ainsi la **chaîne de maillons** intervenants dans le développement des filières biosourcées et géosourcées constitue notre support de réflexion tout au long de l'étude.

Dans la perspective de la phase de prototypage, nous avons décidé de constituer un cadre d'analyse commun à l'ensemble des filières et systèmes techniques étudiés, permettant ainsi une meilleure lisibilité et une comparabilité entre les solutions. Les enjeux divers au sein des filières nous ont conduits à analyser les solutions existantes à travers des familles de systèmes constructifs (structure, isolation, revêtement...).

Cette chaîne de maillons est déployée dans une **approche matricielle** pour permettre :

- d'identifier les **blocages et freins** ;
- de faire apparaître des **leviers** à activer pour favoriser la massification de chaque filière.

Le remplissage des matrices permet d'associer à chaque maillon un des quatre **niveaux de maturité** prédéfinis et ainsi de mettre en évidence les chaînons manquants ou à développer.

En sortie, nous proposons de positionner le système

technique étudié sur une échelle de progression en vue d'une massification.

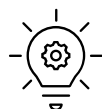
Bien que l'étude se concentre sur le territoire de la Vallée de la Seine, nous nous autorisons à étendre l'analyse de certains maillons à l'échelle nationale. En effet, si la ressource, la production de matériaux et les compétences doivent nécessairement être étudiées **localement**, l'analyse des démonstrateurs, du cadre technico-normatif et du développement de programmes immobiliers à **l'échelle nationale** peut bénéficier aux conclusions de l'étude.

# Le cadre d'analyse

## Les étapes de progression

Des étapes de progression ont été identifiées afin de déterminer, pour chaque système constructif étudié, un niveau de maturité en vue d'une massification.

Leur analyse croisée avec l'échelle TRL, généralement utilisée dans des projets d'innovation, met en évidence le positionnement innovant du projet Maillons : en ajoutant l'étape de massification, le projet va plus loin dans l'étude du développement de solutions biosourcées et géosourcées dans la construction.



### CONCEPT

Expérimenter un matériau, tester ses propriétés

- Principes de base observés ou décrits
- Concept technologique et/ou applications formulées



### PROTOTYPE

Donner la preuve que ça marche à l'échelle 1

- Preuve analytique ou expérimentale des principales fonctions et/ou caractéristiques du concept
- Validation de composants et/ou des maquettes en laboratoire
- Validation de composants et/ou des maquettes en environnement représentatif



### DEMONSTRATEUR

Bénéficiaire de premiers retours d'expérience

- Démonstration d'un prototype ou modèle de système/sous-système dans un environnement représentatif
- Démonstration d'un prototype du système dans un environnement opérationnel
- Système réel achevé et qualifié par des tests et des démonstrations



### SOLUTION

Cadre normatif et structuration de la filière

- Système réel achevé et qualifié par des missions opérationnelles réussies



### MASSIFICATION

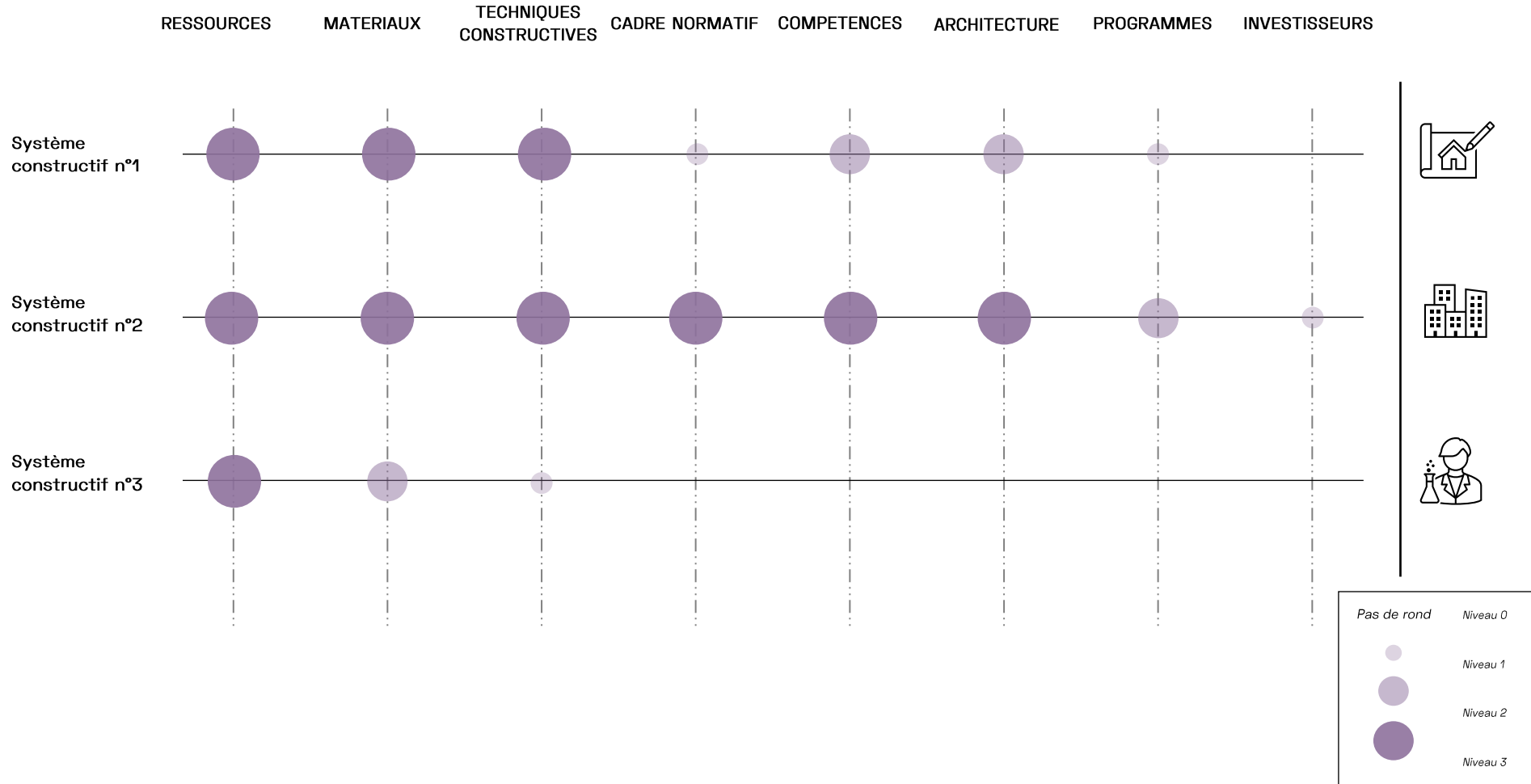
Géographique, typologique, diversité et taille de projets



*La massification n'est pas intégrée dans l'échelle TRL → le projet Maillons propose ainsi un échelon supplémentaire dans l'étude du développement des solutions bio et géosourcées dans la construction*

# Le cadre d'analyse

## Matrice de synthèse pour la vision sur la filière



# Le cadre d'analyse

## Des indicateurs de maturité

à l'échelle des deux régions

à l'échelle nationale

à l'échelle des deux régions

à l'échelle nationale

	RESSOURCE (échelle locale)	MATÉRIAUX (échelle locale)	TECHNIQUES CONSTRUCTIVES (échelle nationale)	CADRE NORMATIF (échelle nationale)	COMPETENCES (échelle locale)	ARCHITECTURE (échelle nationale)	PROGRAMME (échelle nationale)	INVESTISSEURS (échelle nationale)
<b>Niveau 0</b>	Pas de ressource disponible sur aucune des 2 régions	Performances non caractérisées	Pas de prototype (ni échelle 1:1 ni procédé constructif)	Pas de cadre normatif existant	Pas d'entreprise qualifiée sur le territoire	Pas de bâtiment qui fasse référence *	Uniquement des bâtiments démonstrateurs	Pas d'investisseur intéressé hors expérimentation
<b>Niveau 1</b>	Ressource disponible  ET Application identifiée ou pressentie	Performances caractérisées (thermique, acoustique, environnement : idéalement FDES)  ET  < 2 entreprises de fabrication	Au moins 1 prototype (échelle 1:1 du procédé constructif) déjà réalisé dans un cadre expérimental (à l'échelle nationale)	Référentiel classé en technique non courantes et non traditionnelles	1 entreprise qualifiée	1 référence * architecturale significative	Application du système technique sur une seule typologie de programmes (usages : bureaux, logements individuels, collectifs, équipements ..., nbr de niveaux, etc.)	Uniquement des MOA directes (investisseurs utilisateurs en propre, hors bailleur social)
<b>Niveau 2</b>	A minima une exploitation agricole  ET Application identifiée	Performances caractérisées (thermique, acoustique, environnement : idéalement FDES)  ET  Entre 2 et 4 entreprises de fabrication	Entre 1 et 10 bâtiments livrés, considérés comme des « expériences réussies et reconnues » (à l'échelle nationale)	Au moins un référentiel classé en technique courantes mais non traditionnelles (ATEX, ATEc, ...)	Plusieurs entreprises qualifiées  ET  Quelques MOE formées	Plusieurs références * architecturales significatives	Application du système technique sur plusieurs typologies de programmes (usages : bureaux, logements individuels, collectifs, équipements ..., nbr de niveaux, etc.)	Une diversité de MOA intéressée : directe et indirecte, bailleur social, ...
<b>Niveau 3</b>	Niveau 2  +  Ressource abondante	Performances caractérisées (thermique, acoustique, environnement : idéalement FDES)  ET  Au moins 5 entreprises de fabrication	Plus de 10 bâtiments livrés considérés comme des « expériences réussies et reconnues » (à l'échelle nationale)	Référentiel classé en techniques courantes et traditionnelles (Règles Pro, DTU, ...)	Plusieurs entreprises qualifiées  ET  Nbreuses MOE formées	Nombreuses références* architecturales significatives	Tout programme, toute hauteur	Tous les types d'investisseurs sont intéressés

Pas de rond



\* La notion de « référence » architecturale assume ici une dimension qualitative : appréciation de la reconnaissance d'un projet par les acteurs de la construction



# Un cadre d'analyse

## La matrice de synthèse

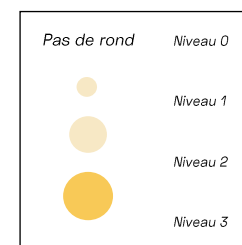
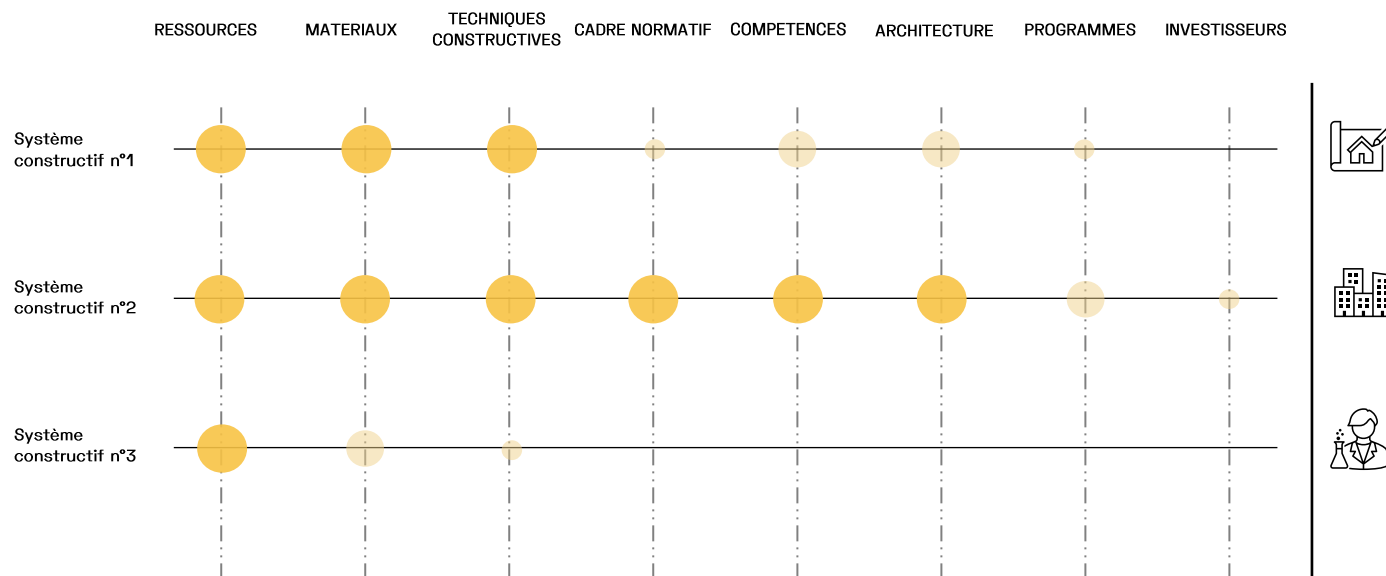
L'enjeu de la restitution du sourçage est essentiel pour que ce dernier serve aux acteurs locaux et à tous ceux qui interviendront sur le projet.

La diversité des acteurs à rencontrer implique de concevoir un cadre de restitution facilitant une lecture en synthèse de toute cette matière, et d'assurer ainsi la traçabilité des enjeux évoqués par les acteurs.

Cette matrice compose un cadre de synthèse, utilisé dans le sourçage individuel et dans la restitution des ateliers collectifs.

Retranscrire de façon synthétique les entretiens de sourçage :

- identifier les blocages et les leviers ;
- en sortie, proposer des niveaux de maturité pour chaque solution étudiée durant le sourçage.



# Focus sur le cadre technico-normatif

## Méthodologie de travail sur le cadre technico-normatif

### De l'importance de définir précisément la notion de procédé constructif...

On peut définir un procédé ou un système constructif comme une partie d'ouvrage composée du triptyque essentiel : 1/ Produit ; 2/ Conception ; 3/ Mise en œuvre.

### ...et de définir aussi précisément la notion de référentiel

Chaque élément du triptyque décrit ci-dessus doit pouvoir trouver un ancrage à un référentiel technique ou réglementaire, sans quoi le procédé n'est pas correctement défini.

On ne peut ainsi pas parler de « paroi » ou de « caisson » à ossature bois de façon précise, si on ne parle pas de paroi à ossature bois relevant par exemple de la NF DTU 31.2 ou 31.4 ou encore de paroi à ossature bois non traditionnelle relevant alors de tel Avis Technique ou de telle Appréciation Technique d'Expérimentation.

Lesdits référentiels définissent chaque composante du triptyque essentiel faisant procédé, dans la perspective de leur applicabilité par les acteurs de la conception, du contrôle et de la réalisation.

## Potentialités de reconnaissances par l'Assurance Construction et le Contrôle Technique Construction

### La notion de technique courante

De façon générale, les contrats d'Assurance Construction (en Dommage Ouvrage et en Responsabilité Civile et Décennale) s'appliquent de facto pour des procédés reconnus en techniques courantes.

Sont reconnus en techniques courantes les procédés ou systèmes constructifs dont les 3 dimensions du triptyque

relèvent, de façon homogène pour l'emploi visé, de l'un ou de plusieurs des référentiels suivants :

1. DTU (Documents Techniques Unifiés)
2. Recommandation Professionnelle RAGE 2012/PACTE
3. Règle Professionnelle acceptée par la Commission Prévention Produits (C2P)
4. Avis Technique ou d'un Document Technique d'Application figurant sur la liste verte de la C2P
5. Appréciation Technique d'Expérimentation formulée favorablement

Quand un procédé est effectivement reconnu en technique courante, il l'est aussi très majoritairement par le Contrôleur Technique Construction.

Cependant, pour éviter les confusions parfois rencontrées, il semble important de préciser que même en cas d'avis favorable éventuel du Contrôleur Technique Construction, avant d'être prescrite ou d'être mise en œuvre, les techniques non courantes restent des techniques non courantes.

Dans une perspective de massification, elles doivent ainsi faire l'objet, en plus, de démarches d'acceptation préalable et permettant de réaliser le continuum assurantiel pour l'ensemble des acteurs potentiellement concernés. La prise en compte, volontaire et réellement en amont, de l'assurabilité des procédés constructifs, permet de structurer de façon commode les démarches de développement et de structuration des filières émergentes, avec une bonne vision de la durabilité attendue du patrimoine bâti ainsi qu'une bonne compréhension des risques économiques collectivement associés.

NB : on note que pour les systèmes constructifs bénéficiant d'ATec ou d'ATEx, ils sont référencés à date du sourcing. Ils peuvent ne plus être valables le jour de la publication.

## Procédés en technique non courante

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

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

**Nb: Pour démontrer l'atteinte de la fiabilité attendue, il est rappelé que ces démarches sont exigeantes et mobilisent souvent une expertise très élevée, du temps et des financements substantiels pour les mener de façon probante.**

Afin de bénéficier d'une garantie totale en cas de sinistre, la jurisprudence a montré l'importance pour la MOA et les Constructeurs (Au sens de la loi Spinetta du 4/01/1978 reprise au Code Civil via les articles 1792 et suivants), qui souhaiteraient mobiliser des procédés classés en techniques non-courantes, d'obtenir la confirmation préalable de leur compagnie, de la bonne application de la garantie, sous peine, en cas de sinistre :

1. De se voir opposer un refus pur et simple de toute garantie
2. Ou à minima, de se voir opposer une réduction de l'indemnité à verser, en proportion du taux des primes payées par rapport au taux des primes qui auraient été dues, si les risques avaient été complètement et exactement déclarés

[Publication semestrielle C2P - Édition Janvier 2022 - Agence Qualité Construction \(qualiteconstruction.com\)](#)

# Focus sur l'impact carbone des solutions bio et géosourcées

## Mobilisation des FDES

### Méthodologie

#### **Collecte des FDES - Une première approche de l'empreinte carbone des matériaux et systèmes constructifs**

Un travail exhaustif de compilation de l'ensemble des Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) disponibles sur la base INIES, pour la quasi-totalité des filières bio ou géosourcées (exception : bois) a été menée dans le cadre de ce travail de sourçage.

Attention, la base INIES étant régulièrement mise à jour et des FDES ajoutées, modifiées et supprimées, ce travail est à considérer au regard de sa temporalité dans le projet et à jour au 27/07/2022.

L'existence d'une ou plusieurs FDES et leur typologie (par défaut, collectif ou individuel) permet de mettre en évidence le degré de maturité de la filière (capacité des acteurs à produire et publier la donnée) et d'appréhender l'impact carbone des matériaux et systèmes constructifs considérés (indicateur « Réchauffement climatique »).

En particulier, les fiches collectives et individuelles apportent une analyse plus précise et plus favorable aux matériaux biosourcés, en intégrant notamment le module D (« Bénéfices et charges au-delà des frontières du système ») qui permet de comptabiliser la captation de carbone par les végétaux. Le module D n'est pas intégré dans la donnée environnementale totale (émissions de GES totales) des produits en ACV statique, mais nous l'avons intégré dans notre calcul de l'ACV dynamique ainsi que dans un deuxième total en ACV statique.

A noter que la compilation des FDES du bois n'a pas été réalisée en raison du niveau important de maturité et de structuration de la filière et donc du très grand nombre de fiches existantes. La recherche par mots clés permet de retrouver facilement les informations relatives à un type de produit spécifique ou à un

système constructif. Des configurateurs de FDES spécifiques au bois sont également développés (voir page suivante). A noter également que les fiches individuelles ne concernent pas forcément le territoire d'étude.

### Annexe

Afin de rester synthétique, les informations présentes dans cette partie sont limitées au nombre et type de FDES (à retrouver dans les « Données clés » de chaque système constructif). Le tableau complet, intégrant le détail des fiches et notamment les données d'ACV (statique et dynamique), est disponible en annexe.

Le tableau complet permet de voir, pour chaque système constructif, l'empreinte carbone des matériaux et techniques de construction en ACV statique et dynamique (en fonction de leur fréquence de renouvellement) par unité fonctionnelle, et parfois la quantité de matériau bio et géosourcé utilisée.

Un système de couleurs permet de distinguer :

- les fiches correspondant précisément aux systèmes constructifs étudiés,
- les fiches correspondant à la fonction constructive mais pas exactement au système constructif,
- et enfin les fiches ne correspondant ni à la fonction ni au système mais pouvant être utiles à la filière.

Certaines FDES relevant de matériaux bio ou géosourcés n'ont par ailleurs pas été intégrées au tableau en raison d'une fonction trop éloignée des objectifs Maillons et des systèmes constructifs étudiés (par exemple, la voirie), ou bien d'une origine géographique en-dehors de notre champ d'étude.

Toutes les informations relatives aux fiches sont également disponibles sur la Base INIES : [INIES | Les données environnementales et sanitaires de référence pour le bâtiment](https://www.inies.fr/) ([base-inies.fr](https://www.inies.fr/))



<https://www.inies.fr/>

# Focus sur l'impact carbone des solutions bio et géosourcées

## Configurateurs et paramétrages de FDES biosourcées

### 3 exemples de configurateurs pour les produits biosourcés



#### **aKacia, configurateur des produits biosourcés**

Produit par Karibati, l'outil aKacia est destiné aux fabricants de produits biosourcés souhaitant produire leurs propres FDES individuelles, ainsi qu'aux acteurs de la construction (bureaux d'études en particulier) souhaitant évaluer l'impact environnemental des produits biosourcés.

Grâce à un système de paramètres modifiables, aKacia permet de créer une fiche FDES conforme pouvant ensuite être vérifiée par le programme INIES. Les fabricants des filières biosourcées, souvent des TPE et PME, peuvent donc valoriser le faible impact carbone de leurs produits, et cela à moindre coût.

Les acteurs de la construction peuvent quant à eux obtenir de nouvelles données environnementales à partir du croisement des FDES mises en ligne par les fabricants.

#### **DE-bois, configurateur pour les produits de construction bois**

Produit par l'Institut technologique FCBA et financé par le Comité de développement des industries françaises de l'ameublement et du bois (CODIFAB) et la Direction de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages (DHUP), DE-bois permet d'adapter les FDES des produits de construction bois à un projet de bâtiment ou à une entreprise.

L'outil regroupe pour cela les FDES collectives et propose la personnalisation de certains paramètres. Il dispose de deux modes de fonctionnement :

- le mode projet, gratuit, qui permet de modifier l'origine du bois, les dimensions, les caractéristiques du produit et le contexte du bâtiment;

- le mode entreprise, payant, qui permet de modifier en plus les conditions de fabrication du produit (par exemple les consommations énergétiques).

Ces deux modes permettent de créer une FDES « fille » qui est ensuite vérifiée par le programme INIES afin d'y être intégrée.

#### **DE-boisdefrance, configurateur pour les produits de construction en bois issus des forêts françaises et transformés en France**

Produit par la Fédération Nationale du Bois (FNB) et la société Apsivi, avec le soutien du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, France Bois Forêt, l'ADEME, l'Alliance HQE-GBC, Bois de France et France Douglas, ce configurateur permet d'améliorer la traçabilité des produits en identifiant l'origine nationale du bois, et donc d'être plus précis dans l'analyse de la phase de conception pour l'ACV.

L'outil permet d'adapter les FDES collectives au chantier et aux entreprises, en précisant notamment l'origine française du bois et donc en valorisant le caractère local.

*NB : Pour être intégrée à la base INIES, une FDES doit être éditée selon la norme NF EN 15804+A1 et son complément national français NF EN 15804/CN. Les configurateurs présentés ici remplissent tous cette condition.*

[akacia-fdes.fr](http://akacia-fdes.fr)

[DE-bois.fr](http://DE-bois.fr)

[DE-boisdefrance.fr](http://DE-boisdefrance.fr)



# Grille d'entretien mobilisée

Les acteurs des filières (producteurs, fabricants... ) ont été rencontrés lors d'entretiens individuels semi-directifs.

Dans la mesure du possible et des réponses à nos sollicitations, une attention a été portée à rencontrer des acteurs :

- des deux régions afin d'assurer une bonne représentativité du territoire étudié ;
- représentant de métiers différents (exploitation de la ressource, 1ère et 2ème transformation, interprofessions) afin d'avoir une vision plus globale de la filière.

Ci-contre la grille d'entretien utilisée.

## 0. Questions générales sur la structure

- Type de structure
- Effectif
- Activités / missions
- Partenaires / interlocuteurs
- Périmètre géographique / thématique
- Chiffre d'affaire

## 1. Ressources

- Volumes de production
- Produits et coproduits de la ressource
- Concurrence
- Disponibilité / saisonnalité
- Débouchés
- Exportation
- Facteurs limitants / leviers
- Augmentation de la production possible

## 2. Matériaux

- Caractéristiques (produits, dimensions...)
- Performances (énergétique, environnementale, confort)
- Fabricants
- Outils / machines
- Distribution (stockage, provenance ressource)

## 3. Techniques constructives

- Techniques de mise en œuvre (application)
- Usages
- Associations de matériaux
- Technicité
- Délais de mise en œuvre
- Chantier (préfabrication / sur site)

## 4. Cadre normatif

## 5. Architectures

- Références

## 6. Programmes

- Neuf / réhabilitation
- Typologie (logement, tertiaire...)

## 7. Investisseurs / développeur

## 8. Formation / communication

- Formation professionnelle
- Qualification / certification
- Stratégie de communication
- Evènements

## 9. Développement

- Développement récent de l'activité
- Perspectives

## Conclusion

- Freins
- Leviers



# Webinaires

Des webinaires ont été organisés suite à la réalisation de l'état de l'art bibliographique et des entretiens individuels, afin de confronter les premières conclusions du sourçage avec les acteurs des différentes filières.

## Quand ?

Deux journées de webinaire : le 19 mai 2022 et le 8 juin 2022

Un webinaire par filière (2h en visioconférence) → x6 réunions différentes

## Qui ?

Invitation d'une sélection d'acteurs des filières locales : représentants des maillons amonts de chaque filière (ressource, matériau, système technique) rencontrés ou identifiés durant le sourçage

## Format

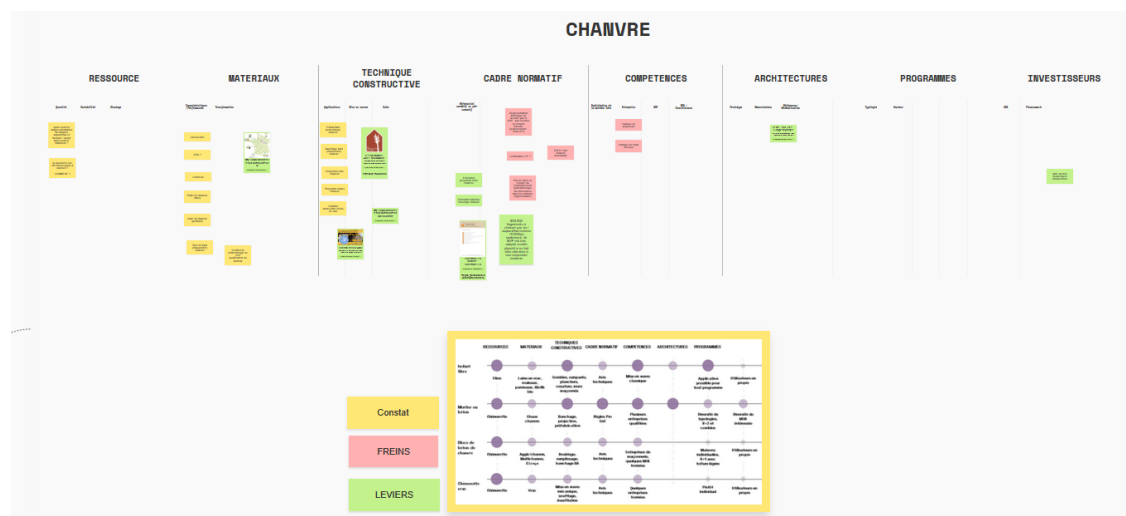
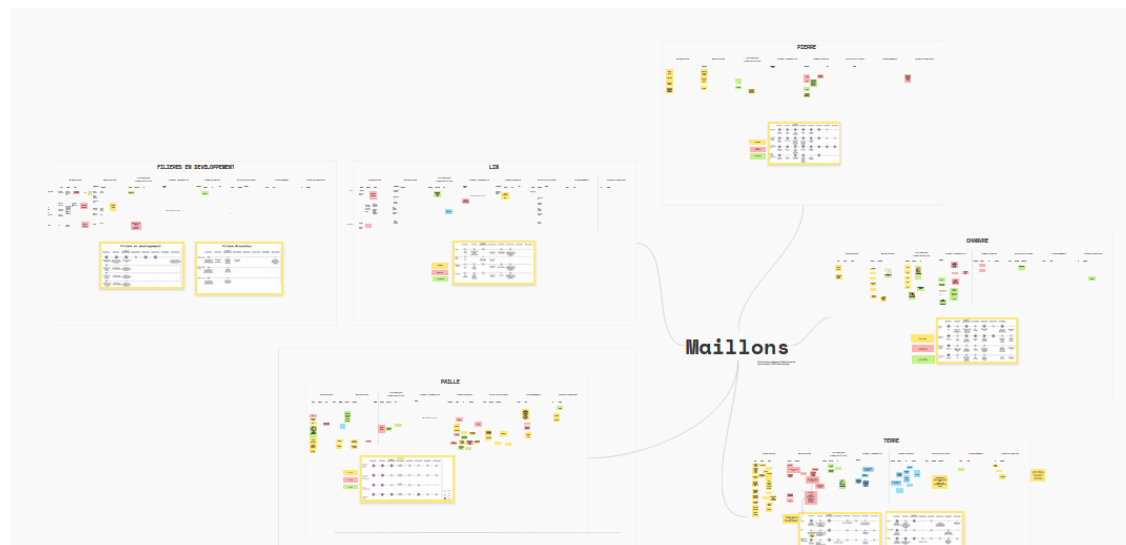
Présentation des premières conclusions du sourçage et de la liste des systèmes techniques étudiés

Temps d'échange collaboratif à l'aide de l'outil en ligne Klaxoon

## Perspectives 2022...

- Un webinaire dédié au cadre technico-normatif

Capture du board Klaxoon suite aux premiers webinaires MAILLONS



Zoom sur le bord du Chanvre (pour exemple)

---

## **Co-rédaction et restitution d'entretiens**

### *Un travail qui considère des approches parfois divergentes*

Donner à voir la pluralité de visions des acteurs en présence

*Ce travail est une recherche collective, élaborée notamment à partir d'entretiens et de groupes de travail.*

*Il incorpore donc des points de vue différents, voire divergents.*

*Nous avons autant que possible essayé de refléter les différentes réalités des filières pour ne pas gommer les questionnements en cours (faut-il vraiment développer massivement telle ou telle filière ? La réglementation va-t-elle évoluer ? etc.). Cela peut se traduire dans des nuances de traitement qui nous paraissent saines.*

Philosophie de la démarche du groupement

*En particulier, toutes les parties « Cadre technico-normatif à date » et la colonne afférente des matrices de synthèse, sont rédigées dans le souci de garantir la parfaite assurabilité des bâtiments réalisés, dans une lecture stricte des textes réglementaires et référentiels techniques.*

*Les autres parties sur les systèmes constructifs, et en particulier les pages « Architectures » ont quant à elles vocation à donner un état des lieux de l'emploi actuel de ces systèmes constructifs. Elles évoquent ainsi certains projets réalisés en limite du cadre technico-normatif actuel.*

*Ces parties sont ainsi rédigées par des acteurs différents, et représentatives de positionnements qui peuvent parfois diverger. C'est donc volontairement que nous avons laissé cette divergence d'approche coexister, comme elle existe aussi au sein des filières.*

*Elles font apparaître un maillon manquant important à recréer entre des acteurs très volontaristes sur leur matériau et leurs projets et des maîtrises d'ouvrage qui ont besoin d'un cadre totalement sécurisé.*

## 2. *Filière Bois*





## Synthèse filière (1/2)

### Un très fort potentiel, qui manque de débouchés sécurisés

#### Etat de la filière

##### **Une dominance de ressource locale en feuillu face à une demande en résineux**

Aujourd'hui, la demande pour le marché de la construction se porte majoritairement vers le bois résineux, malgré une ressource régionale principalement en bois feuillu. Les feuillus sont plus difficiles à caractériser et standardiser dans la construction, le développement de cette filière impose donc un investissement élevé et un risque pour les acteurs souhaitant développer son emploi. Il en résulte un modèle défavorable à la filière bois locale avec l'exportation de bois brut à faible valeur ajoutée et l'importation de bois de construction.

##### **Une filière biosourcée puissante à l'échelle nationale et bénéficiant d'une maturité technico-normative élevée**

La filière bois a connu une nette montée en puissance depuis la création du CODIFAB (Comité professionnel De Développement des Industries Françaises de l'Aménagement et du Bois) il y a 13 ans. La mise en place de la taxe affectée a permis de financer un grand nombre d'actions techniques, scientifiques et de recherche. Les 3 générations de Plan Bois ont également joué un rôle structurant dans l'amorçage de la levée de freins scientifiques et techniques et dans l'appropriation des outils par les donneurs d'ordres : [Bilan des Plans Bois 1, 2 et 3 | CODIFAB](#)

Plus récemment (2017-2022), l'association ADIVBOIS a joué un rôle majeur en accompagnant la stratégie de développement des immeubles en bois de moyenne et de grande hauteur sur tout le territoire, et en particulier sur le Village Olympique PARIS 2024. Les bénéfices de cette action, déjà intégrés par les parties prenantes, sont maintenant en cours d'appropriation par l'ensemble des acteurs de la construction.

Même si les défis sont nombreux, la filière bois dispose d'un niveau de maturité très élevé au sein de l'ensemble des filières biosourcées.

#### Perspectives de développement

##### **Un enjeu de connaissance et de formation des décideurs et des prescripteurs**

Bien que certains freins techniques doivent encore être levés, le contexte d'évolution massive des référentiels techniques et réglementaires impose aux décideurs et prescripteurs de s'approprier les enjeux de la filière bois et les retours d'expérience (y compris économiques). Cela leur évitera d'innover inutilement, tant dans l'usage du bois lui-même que dans l'usage de tous les procédés qui lui sont immanquablement associés.

##### **Vers un développement de la demande et de la transformation**

Augmenter l'emploi de bois local dans la construction nécessite de développer d'une part les débouchés des feuillus, d'autre part les scieries et transformateurs. Augmenter la demande requiert de se concentrer sur les débouchés les plus évidents et d'engager la commande publique dans le soutien aux bois locaux. Ces débouchés sécurisés permettront aux transformateurs de se développer et de se diversifier.

Une demande plus importante encouragera également les producteurs à diversifier les ressources de bois local et à s'engager dans des pratiques de gestion de forêt plus écologiques. Les décideurs ont un rôle à jouer dans l'orientation de la filière, en favorisant l'emploi de bois local et écologique, par exemple avec les prescriptions de type « bâtiment zéro coupe rase » dans le neuf.



## Synthèse filière (2/2)

### Un très fort potentiel, qui manque de débouchés sécurisés

#### Les systèmes constructifs\*

##### SC n°1 : CLT en voiles et planchers

Le CLT (Cross Laminated Timber), également appelé panneau lamellé croisé collé, est un panneau constitué de couches de planches croisées à 90° et collées entre elles. Ils sont utilisés pour réaliser des murs voiles, des planchers, des toitures support d'étanchéité et des toitures support de couverture.

##### SC n°2 : Colombage

Pans de bois composés de poteaux et de sablières. Ils sont stabilisés dans leur plan par des écharpes et décharges en croix de Saint-André. Son emploi est limité à une hauteur du plancher bas du dernier niveau de 8m.

##### SC n°3 : Structure Poteaux/Poutres articulée et stabilisée par un noyau central et/ou un exosquelette

Structure composée de poteaux et de poutres bois avec des assemblages dits articulés. Le bâtiment est stabilisé par un noyau central (généralement en béton) et/ou un exosquelette triangulé. Les poteaux et poutres sont généralement en bois lamellé collé.

##### SC n°4 : Structure Poteaux/Poutres encadrée

Structure composée de poteaux et de poutres bois avec des assemblages encadrés. Les assemblages encadrés sont réalisés par exemple avec des couronnes de boulons ou par des systèmes goujons collés.

##### SC n°5 : Construction à Ossature Bois (COB)

Ouvrages et parties d'ouvrages de constructions à structure bois stabilisées avec des diaphragmes. Les murs (également appelés Murs à Ossature Bois ou MOB) sont porteurs et contreventants, ils sont principalement composés d'une ossature bois, un panneau de contreventement fixé sur l'ossature et d'un isolant placé entre montants. Ils reçoivent ensuite des revêtements extérieurs et intérieurs.

##### SC n°6 : Façade à Ossature Bois non porteuse (FOB)

Ces façades sont principalement constituées d'une ossature bois et de voile dit de stabilité. Les FOB sont rapportées sur des structures primaires neuves ou existantes, constituées de voiles et dalles béton, ou de murs maçonnés, ou de panneaux de bois lamellé croisé ou de poteaux et poutres (béton ou métal ou bois). Ces façades se différencient des COB de par leur caractère non porteur et non contreventant, ces fonctions étant dues par la structure primaire. Leur emploi est limité à une hauteur du plancher bas du dernier niveau à 28m.

##### SC n°7 : Bardage extérieur en bois

Les bardages extérieurs en bois sont constitués d'éléments minces fixés mécaniquement sur une ossature. Ces éléments ne participent pas au contreventement des constructions et peuvent être mis en œuvre sur différents supports.

##### SC n°8 : Platelages extérieurs en bois

Ouvrages de revêtements de sols extérieurs, en bois massifs pour les lames et en bois massif ou bois pour les lambourdes, nommés « Platelages extérieurs en bois », destinés à générer des cheminements (accès urbains, pourtours de piscines entre autres...) ou zones de stationnement extérieures (salons, terrasses de restaurant...).

*\*Les systèmes constructifs étudiés concernent le bois « peu transformé ». Ainsi, les isolants à base de fibres de bois n'apparaissent pas ici.*

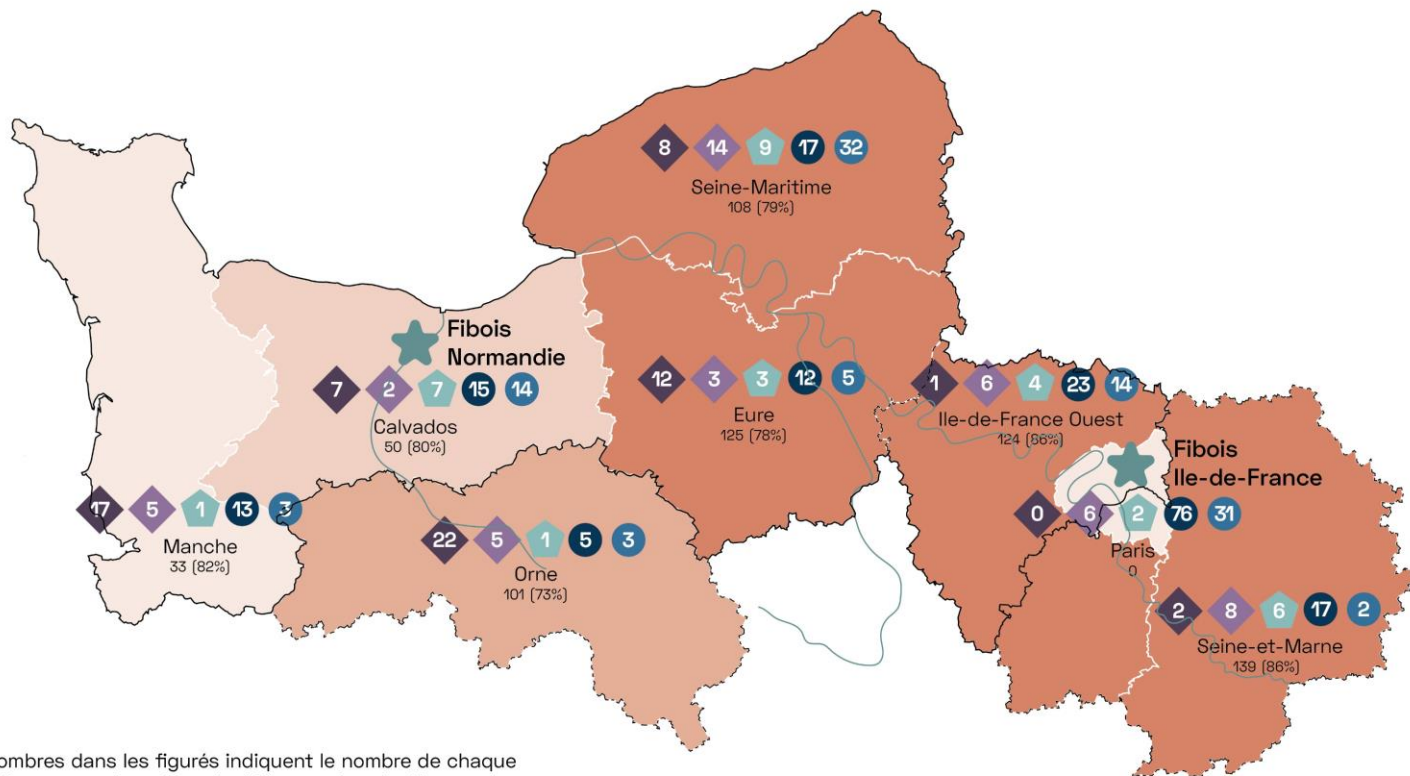
**NB :** Les systèmes constructifs sont présentés séparément mais peuvent, sur un même projet, être mixés pour répondre aux exigences dudit projet. On peut par exemple couramment avoir une structure Poteaux/Poutres articulée et stabilisée par un noyau central (SC n°3) + un plancher en CLT (SC n°1) jouant le rôle de diaphragme de plancher + une FOB (SC n°6) pour l'enveloppe extérieure.





# Aperçu de l'écosystème

Une prédominance de feuillus et une inégale répartition des acteurs du territoire

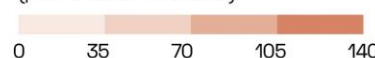


Les nombres dans les figurés indiquent le nombre de chaque type d'acteur et de projets de référence dans le département.

- Projets de référence en neuf (hors maisons individuelles)
- Projets de référence en réhabilitation  
Les réhabilitations sont très variées : surélévations de logements collectifs, réhabilitations lourdes d'équipements publics, extensions de maisons individuelles...
- Interprofessions
- Centres de formations et recherches
- Premières transformations
- Constructeurs

Cette cartographie n'est pas exhaustive, elle ne référence que les projets du site [panoramabois.fr](http://panoramabois.fr) afin d'assurer une information de qualité. Près de 1200 projets bois en Ile-de-France sont référencés de façon participative sur le site [cartoviz.institutparisregion.fr](http://cartoviz.institutparisregion.fr)

Production de bois de forêt de production par département en milliers d'hectares (part de bois de feuillus)



Périmètre du CPIER

Périmètre des régions Normandie et Ile-de-France

Source : inventaire forestier national de l'IGN (2016-2020)  
Les départements du 78, 91, 92, 93, 94 et 95 ont été groupés

### INTERPROFESSIONS

Fibois Normandie  
Fibois Île-de-France

Louvigny (14)  
Paris (75)

### CENTRE DE FORMATIONS ET RECHERCHES

BTP-CFA Calvados  
INSTITUT LEMONNIER  
Lycée Pierre-Simon de Laplace  
Lycée Victorine Magne  
Lycée Jean Jooris  
Lycée Albert Sorel  
ESITC  
BTP-CFA Maurice Pierre Vallette  
Lycée Augustin Hébert  
CeReF BTP  
Lycée Edmond Doucet  
Lycée des Andaines  
BTP -CFA Orne  
Université Le Havre Normandie  
Les compagnons du devoir  
NATUROPOLE Hortithèque  
BTP -CFA  
Lycée des métiers du bois et de l'éco construction  
Naturapôle  
BTP-CFA DIEPPE, côte d'Albâtre  
BTP-CFA Georges Lanfry  
INSA  
Lycée Benjamin Franklin  
BTP CFA - Nangis  
CFA des Compagnons du Tour de France  
FCBA  
CSTB  
BTP CFA - Ocquerre  
Lycée Viollet le Duc  
Fab21 Formation  
BTP CFA - Brétigny-sur-Orge  
Lycée Gustave Eiffel  
L'EA, les écoles des éco-activités - Campus de Gennevilliers  
Lycée François Mansart

Caen (14)  
Caen (14)  
Caen (14)  
Lisieux (14)  
Dives-Sur-Mer (14)  
Honfleur (14)  
Epron (14)  
Evreux (27)  
Evreux (27)  
Bourgtheroulde (27)  
Cherbourg-En-Cotentin (50)  
La Ferté-Macé (61)  
Saint-Paterne (72)  
Le Havre (76)  
Mont-Saint-Aignan (76)  
Mont-Saint-Aignan (76)  
Montivilliers (76)  
Envermeu (76)  
Fauville-En-Caux (76)  
Martin-Eglise (76)  
Saint-Etienne-Du-Rouvray (76)  
Saint-Etienne-Du-Rouvray (76)  
La Rochette Cedex (77)  
Nangis (77)  
Saint-Thibault-Des-Vignes (77)  
Champs-Sur-Marne (77)  
Champs-Sur-Marne (77)  
Ocquerre (77)  
Villiers-Saint-Rederic (78)  
Carrieres-Sous-Poissy (78)  
Bretigny-Sur-Orge (91)  
Massy (91)  
Gennevilliers (92)  
La Varenne (94)

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

## PREMIERES TRANSFORMATIONS

Scierie De Canteloup – Riquier  
 Scierie Besnier  
 Scierie Gate  
 Horizon Nature Et Bois  
 Guay SARL  
 Scierie Debotte Sylvain  
 Heroult Bois Et Debits  
 Scierie Croix Maître Renault  
 ETS Bosquer Bois  
 SEFOB  
 ETS Gastebois  
 Scierie Hemery  
 Charpentes Borniambus  
 SARL Savary Philippe  
 Scierie Mommert  
 Au Bois Des Cast'eure  
 Sonorbois  
 Cahu Gilbert

SCB Vazard  
 Scierie Painblanc Vincent  
 Scierie Gamblin  
 Scierie Joret Bruno  
 Lesaulnier Richard  
 ETP Saint James  
 Scierie Les Bois Du 50  
 Dondoni  
 Chauveau Julien  
 EURL Lemonnier – Les Bois Du Cotentin  
 SARL Picque  
 Scierie Lelandais Frères  
 Künkel SAS  
 Jean-Luc Vedier  
 Société Des Etablissements Roiesnel  
 HBN

Marolles (14)  
 Blangy Le Chateau (14)  
 Tessy Bocage (14)  
 Douvres La Delivrande (14)  
 Blainville Sur Orne (14)  
 La Hoguette (14)  
 Saline (14)  
 Beaumont Le Roger (27)  
 Fiquefleur Equainville (27)  
 Saint Maclou (27)  
 Saint Maclou (27)  
 La Vieille Lyre (27)  
 Etreville (27)  
 Mesnil En Ouche (27)  
 Fleury La Foret (27)  
 Bourneville Sainte Croix (27)  
 Pont Audemer (27)  
 Calleville (27)

Sainte Colombe Pres Vernon (27)  
 Saint Barthelemy (50)  
 Bieville (50)  
 Gratot (50)  
 Saint Denis Le Vetu (50)  
 Saint James (50)  
 Varenguebec (50)  
 Theville (50)  
 Saint Sauveur Villages (50)  
 Carentan Les Marais (50)  
 Reffuveille (50)  
 Isigny Le Buat (50)  
 Le Teilleul (50)  
 Coulouvray Boisbenatre (50)  
 Saint Georges De Rouelley (50)  
 Canisy (50)

Scierie Fremond  
 Delarocque Francis  
 Bellême Bois  
 Besson Frères  
 Tertu  
 Scierie Guitton  
 Scierie De Bellou  
 Scierie Luc Fourmy  
 Sovalef – Scierie D'orgères  
 Scieries Leloup  
 Scierie Germond  
 SARL Villerabois  
 PGS Technipal Normandie  
 Bigeon  
 Scierie De Mortrée  
 Scierie Milcent  
 Scierie Mobile Leroy  
 Andaines Sciages

Scierie Corbiere  
 Société D'exploitation Lafontaine  
 Scierie Gerault  
 Raison Bois Et Debits  
 Scierie Foucher  
 Scierie Feillet  
 Scierie Mobile Morisset  
 Scierie Du Lycée Du Bois  
 Scierie Du Cabalet  
 Les Bois Brayons  
 Cuma Haies'nergie Et Territoires  
 Normandie Bois  
 Scierie Guidez  
 Scierie Lefebvre  
 S.A. Bourgeois D.  
 Scierie Roëser  
 Scierie M.S.F.

La Trinite (50)  
 La Barre De Semilly (50)  
 Saint Martin Du Vieux Belleme (61)  
 Ranes (61)  
 Villedieu Les Bailleul (61)  
 Gouffern En Auge (61)  
 Bellou En Houlme (61)  
 Les Aspres (61)  
 Orgères (61)  
 L'aigle (61)  
 Perche En Noce (61)  
 Rives D'andaine (61)  
 Saint Andre De Messei (61)  
 La Ferriere Aux Etangs (61)  
 Mortree (61)  
 La Motte Fouquet (61)  
 Le Grais (61)  
 Saint Michel Des Andaines (61)

Champsecret (61)  
 Dompierre (61)  
 Lonlay L'abbaye (61)  
 Perrou (61)  
 Saint Bomer Les Forges (61)  
 Tinchebray Bocage (61)  
 Jumieges (76)  
 Envermeu (76)  
 Preuseville (76)  
 Rosay (76)  
 Cressy (76)  
 Saint Etienne Du Rouvray (76)  
 Saint Martin De Boscherville (76)  
 Les Grandes Ventas (76)  
 Villeneuve Les Bordes (77)  
 Crécy-la-chapelle (77)  
 Guerville (78)

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

## CONSTRUCTEURS

Defibat	Fleury Sur Orne [14]	Cuiller Frères SAS	Petit Couronne [76]
SAS Chanu H.D	Vire [14]	SARL Anger	Avremesnil [76]
Etablissements Poulingue	Beuzeville [27]	Duhamel SARL	Autigny [76]
Plagnol Charpentier	Martainville [27]	Durand Fils	Le Houllme [76]
Poyer JC Charpente	Tourville La Campagne [27]	Dupuis Remy SAS	St Etienne Du Rouvray [76]
Les Ateliers Aubert Labansat	Coutances [50]	Mccb SAS	Savigny Le Temple [77]
Lepetit Daniel SAS	La Haye Du Puits [50]	Creabois 77	Pringy [77]
Mancel Duclos	La Haye Pesnel [50]	B.Y.P.	Combs La Ville [77]
SAS A.James	Brecey [50]	Granier Gérard & Cie	Thorigny Sur Marne [77]
Leboucher SAS	Juvigny Le Tertre [50]	Dequirot Charpente	Chaintreaux [77]
Micard SAS	Gouffern En Auge [61]	Bati Charpente	Faremoutiers [77]
Boulay Sa (Constructions)	Briouze [61]	CEMA	Egreville [77]
Denis Marie SARL	Semalle [61]	A. Fortier SAS	Amponville [77]
Linea + Bois	Ecouves [61]	Bouygues Bâtiment Ile De France	Saint Quentin En Yvelines Cedex [78]
Entreprise Bequet	Courgeon [61]	Rubner Construction Bois	Rosny Sur Seine [78]
La Charpenterie	Vattetot-Sur-Mer [76]	Aux Charpentiers De France	Villebon Sur Yvette [91]
Bellet SARL	St Jacques Sur Darnetal [76]	Barcque Charpentes	Chilly Mazarin [91]
Paroielle SARL	St Leger Du Bourg Denis [76]	MG Charpente	Angervilliers [91]
Sevestre Charpente	Ste Marie Des Champs [76]	Construction Rénovation Energétique	Prunay Sur Essonne [91]
Georges Lanfry Sa Entreprise	Deville Les Rouen [76]	Agrandissement Bois 91	Montreuil [93]
Poixblanc Charpentes	Neufchatelen Bray [76]	Paris Charpente	Neuilly Plaisance [93]
Parmentier Etablissements	St Romain De Colbosc [76]	Adm Couverture Charpente	Le Perreux Sur Marne [94]
Gallis	Franqueville St Pierre [76]	Greenstep	St Maur Des Fosses [94]
Batis Naturel Bois	Le Havre [76]	Artmabati	Valenton [94]
		Meha	Villejuif [94]
		MDB	

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

## Ressource

### Croissance lente, propriétés fragmentées et et prédominance de feuillus



© Association pour la valorisation du bois des territoires du Massif central

#### Données clés

##### Accroissement annuel

2,9 millions de m<sup>3</sup>/an (Normandie)  
1,4 millions de m<sup>3</sup>/an (Ile-de-France)

##### Quantités récoltées

1,18 millions de m<sup>3</sup>/an (Normandie)  
0,74 millions de m<sup>3</sup>/an (Ile-de-France)

##### Taux de prélèvement

41% (Normandie)  
53% (Ile-de-France)

##### Concurrences d'usage

Energie / Industrie / Export

#### Fournisseurs de matière première

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

#### Etat de la ressource

##### Un territoire moyennement boisé

La forêt francilienne s'étend sur 277 000 hectares, soit 23% du territoire, tandis que la forêt normande représente 421 000 hectares boisés, soit 14% du territoire. Ainsi le territoire de la Vallée de la Seine se caractérise par un taux de boisement inférieur à la moyenne nationale (31%).

##### Une fragmentation de la propriété des forêts du territoire

La forêt normande est composée de 22% de forêt publique et de 78% de forêt privée en 2021, contre 33% et 67% respectivement pour la forêt francilienne (la moyenne nationale étant à 75% de forêt privée). La forêt publique comprend 83% de forêts domaniales et de forêts de collectivités.

##### Une forte prédominance de feuillus

Le territoire de la Vallée de la Seine se caractérise par une forte prédominance de feuillus, représentant 94% de la forêt francilienne et 88% de la forêt normande. Les essences dominantes sont le chêne, le frêne et le châtaignier en Ile-de-France, et le chêne et le hêtre en Normandie.

#### Exploitation et valorisation de la ressource

##### Une récolte partielle de l'accroissement de la forêt

La forêt normande possède 81 millions de m<sup>3</sup> sur pied, avec un accroissement annuel de 2,9 millions de m<sup>3</sup> de bois et une récolte de 1,18 millions de m<sup>3</sup> de bois. Ainsi, 41% de l'accroissement biologique annuel des forêts est récolté en Normandie, ce qui en fait une forêt relativement peu exploitée (la moyenne nationale étant à 50%).

La forêt francilienne possède 44,3 millions de m<sup>3</sup> sur pied, avec un

accroissement annuel de 1,4 millions de m<sup>3</sup> de bois et une récolte de 740 000 m<sup>3</sup> de bois. La récolte correspond donc à 53% de l'accroissement, soit un peu plus que la moyenne nationale. Les freins éventuels à la récolte sur ces territoires sont la fragmentation de la propriété et la grande hétérogénéité des essences présentes (qui rend la gestion des forêts de feuillus plus complexe). [Source : France Bois Forêt]

##### Des débouchés variés

En Normandie, la récolte du bois est divisée en trois secteurs avec 44% de bois d'œuvre, 19% de bois d'industrie et 36% de bois énergie. Le bois francilien est quant à lui utilisé à 17,5% en bois d'œuvre et 83,5% en bois d'industrie et bois énergie.

##### Vers une gestion durable des forêts

Le bois certifié PEFC, qui garantit la gestion durable des forêts, représente 44% de l'ensemble des bois sciés en Normandie (soit davantage que la moyenne nationale, à 34%). Au-delà des labels, des initiatives émergent pour développer des méthodes de gestion plus naturelle des forêts : régénération naturelle, pas de coupe rase...

##### Des collectivités engagées dans la valorisation de la ressource locale à travers les Chartes forestières

Certaines collectivités locales, ainsi que la Région Normandie, ont mis en place des plans d'actions en faveur d'une plus grande valorisation du bois régional dans la construction (par exemple, la charte forestière de Rouen Métropole.)

Sources :

<https://www.fibois-normandie.fr/wp-content/uploads/2021/12/2021-Plaquette-institutionnelle.pdf>

« Programme régional de la forêt et du Bois d'Ile-de-France 2019-2029 »  
[www.fibois-idf.fr/chiffres-cles-de-la-foret-en-ile-de-france](http://www.fibois-idf.fr/chiffres-cles-de-la-foret-en-ile-de-france)  
France Bois Forêt, « Le bois dans la construction »  
[Documents de référence | PEFC \[pefc-france.org\]](#)



# Matériaux (1<sup>ère</sup> transformation) (1/3)

## Des scieries spécialisées et inégalement représentées



© Riquier, Scierie de Canteloup à Marolles

### Données clés

#### Sites de transformation :

66 scieries normandes  
5 scieries franciliennes

#### Volume de production global

678 000 m<sup>3</sup> de grumes transformées/an (Normandie)  
2 000 m<sup>3</sup> de sciages/an (Ile-de-France)

#### Volume moyen par producteur

10000 m<sup>3</sup>/an (Normandie)  
400 m<sup>3</sup>/an (Ile-de-France)

### Fabricants de matériaux

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

### Caractérisation – Normandie

#### Des scieries nombreuses

En 2020, la Normandie comptait une soixantaine de scieries, majoritairement réparties dans l'Orne et dans l'Eure, les départements les plus boisés de la région.

La majorité d'entre elles (39 entreprises) travaille moins de 4.000m<sup>3</sup> de grumes par an, 18 scieries en travaillent entre 4.000 et 20.000m<sup>3</sup>, et 9 scieries dépassent les 20.000m<sup>3</sup> de grumes par an. Si les scieries de taille industrielle ou semi-industrielle sont généralement spécialisées sur un seul type d'essence (chêne, hêtre, résineux), les scieries de taille artisanale sont plus polyvalentes et travaillent généralement tous types d'essences.

#### La prédominance des résineux dans les grumes produites

Le volume total de grumes transformées s'élève à 678 000 m<sup>3</sup> par an, dont 64% de résineux, 18% de chêne, 12% de hêtre et 6% de feuillus divers (avec un approvisionnement provenant de 62% de la forêt privée). On observe donc un déséquilibre significatif entre la ressource locale (la forêt normande étant composée à 88% de feuillus et 12% de résineux) et les essences transformées.

Il en résulte directement une augmentation des rayons d'approvisionnement. Les scieries résineuses, généralement de grosses unités, sont réparties sur l'ensemble de la région et ne sont pas liées à un bassin d'approvisionnement local. Leur rayon d'approvisionnement dépasse ainsi souvent les centaines de kilomètres (Bretagne, Pays de la Loire, Centre, Bourgogne-Franche-Comté, Auvergne-Rhône-Alpes, Nouvelle Aquitaine). Elles ont d'importants besoins en volumes, auxquels les 20% de résineux de la forêt normande ne suffisent pas à répondre.

Les scieries de chêne sont plus concentrées autour de la ressource régionale (principalement Orne et Eure), même si leur approvisionnement dépasse également les limites de la région (Pays de la Loire, Centre, Île-de-France).

### Caractérisation – Île-de-France

#### Une capacité de transformation très faible

Contrairement à la Normandie, l'Ile-de-France transforme très peu de bois sur son territoire (moins de 1% de sa récolte). Les bois d'œuvre sont principalement transformés dans les régions périphériques (Picardie, Normandie, Centre), et 20% des volumes sont même exportés à l'étranger (Chine, Europe du Sud). Le région Ile-de-France compte uniquement 5 scieries, qui transforment moins de 2000 m<sup>3</sup> de bois feuillus au global.

#### Le coût du foncier, frein supplémentaire

Cette faible capacité de transformation s'explique d'abord, comme en Normandie, par le déséquilibre dû au manque de demande pour les bois feuillus, alors qu'ils prédominent dans les essences locales. Mais sur le territoire francilien, la transformation du bois est également freinée par le coût très élevé du foncier de la région, qui complique l'implantation d'unités de transformation, qui nécessitent des surfaces importantes.

## *Matériaux (1<sup>ère</sup> transformation) (2/3)*

### *Des scieries spécialisées et inégalement représentées*

#### Un déséquilibre offre-demande qui limite les débouchés

Il y a rupture de la chaîne du bois de construction entre l'amont et l'aval : la demande se porte sur le bois résineux, alors que la ressource régionale est principalement du bois feuillus. Le marché local du bois de construction est donc bloqué par le manque de débouchés, en raison de la compétitivité des bois résineux.

#### Les atouts techniques des bois résineux

Les essences résineuses sont réputées plus faciles à employer dans la construction. Il est techniquement plus difficile d'avoir des bois long de petites sections en feuillus en raison de la présence plus importante de nœuds sur ces essences. Plus hétérogènes, les feuillus ne sont d'ailleurs pas normalisés, ce qui rend l'assurabilité des ouvrages difficile. Il y a également des sujétions pour le collage de planches de feuillu entre elles et de caractérisation du produit fini. Les technologies de sciage des résineux, le plus souvent par canters et non par scies à ruban, et les densités plus faibles de ces essences, permettent d'avoir une productivité nettement supérieure. (I4CE) C'est pour cela que, même si les feuillus peuvent être mécaniquement plus résistants, il est techniquement plus facile d'employer des résineux pour le bois d'ossature ou produits du type Bois Lamellé Collé.

#### Une demande limitée pour les bois feuillus malgré leurs qualités pour la construction

La faible demande pour les essences en feuillus est due d'une part aux inconvénients techniques expliqués précédemment, d'autre part à des raisons économiques. Les feuillus sont souvent considérés comme une matière première à forte valeur ajoutée et ont donc un coût trop élevé pour un usage dans la construction (par exemple le chêne et le châtaignier normands). La demande est donc très limitée. Une autre conséquence de cette forte valeur ajoutée est que les propriétaires forestiers ont tendance à conserver cette ressource en attente d'une meilleure rentabilité, et n'exploitent donc pas leurs bois feuillus.

Les essences feuillues sont cependant reconnues dans la construction pour leur résistance et leur durabilité. La plupart des feuillus (chêne, châtaignier, robinier) peuvent être utilisés pour

toutes les classes d'emploi. Ils sont également imprégnables ou moyennement imprégnables, donc faciles à traiter. Les feuillus bénéficient de qualités esthétiques et d'une grande résistance (notamment le hêtre, utile pour les bâtiments de grande hauteur). Cependant, la préférence pour les résineux fait que la demande locale est souvent insuffisante pour rentabiliser les coûts de transformation et de transport. (FIBOIS)

#### Une filière locale défavorisée par la compétitivité des produits standardisés

La forte demande facilite aussi la standardisation des produits et la réduction des coûts et des délais de livraison.

En effet, afin de rester compétitifs par rapport aux prix proposés par l'étranger, les scieries se sont spécialisées pour traiter de plus grand volume de bois et se tourner vers la vente de produits transformés, standardisés, visant l'industrie ou les négoce. (FNB) Ce phénomène a entraîné progressivement la disparition de la « scierie service », où les transformateurs traitaient des essences variées, s'adaptant aux exploitants forestiers, et pouvaient produire à façon à destination de petits charpentiers ou particuliers. Aujourd'hui, certaines essences peinent à trouver des scieries adaptées.

Cette compétitivité des produits bois standardisés fait qu'on exporte le bois régional (feuillus, brut, à faible valeur ajoutée) et qu'on importe du bois transformé ailleurs (principalement résineux). Ce manque d'entreprises de seconde transformation conduit à la perte de la valeur ajoutée liée à la transformation, qui échappe au territoire. (Réseau Rural)

## *Matériaux (1<sup>ère</sup> transformation) (3/3)*

### *Des scieries spécialisées et inégalement représentées*

Soutien à l'émergence des solutions de construction bois

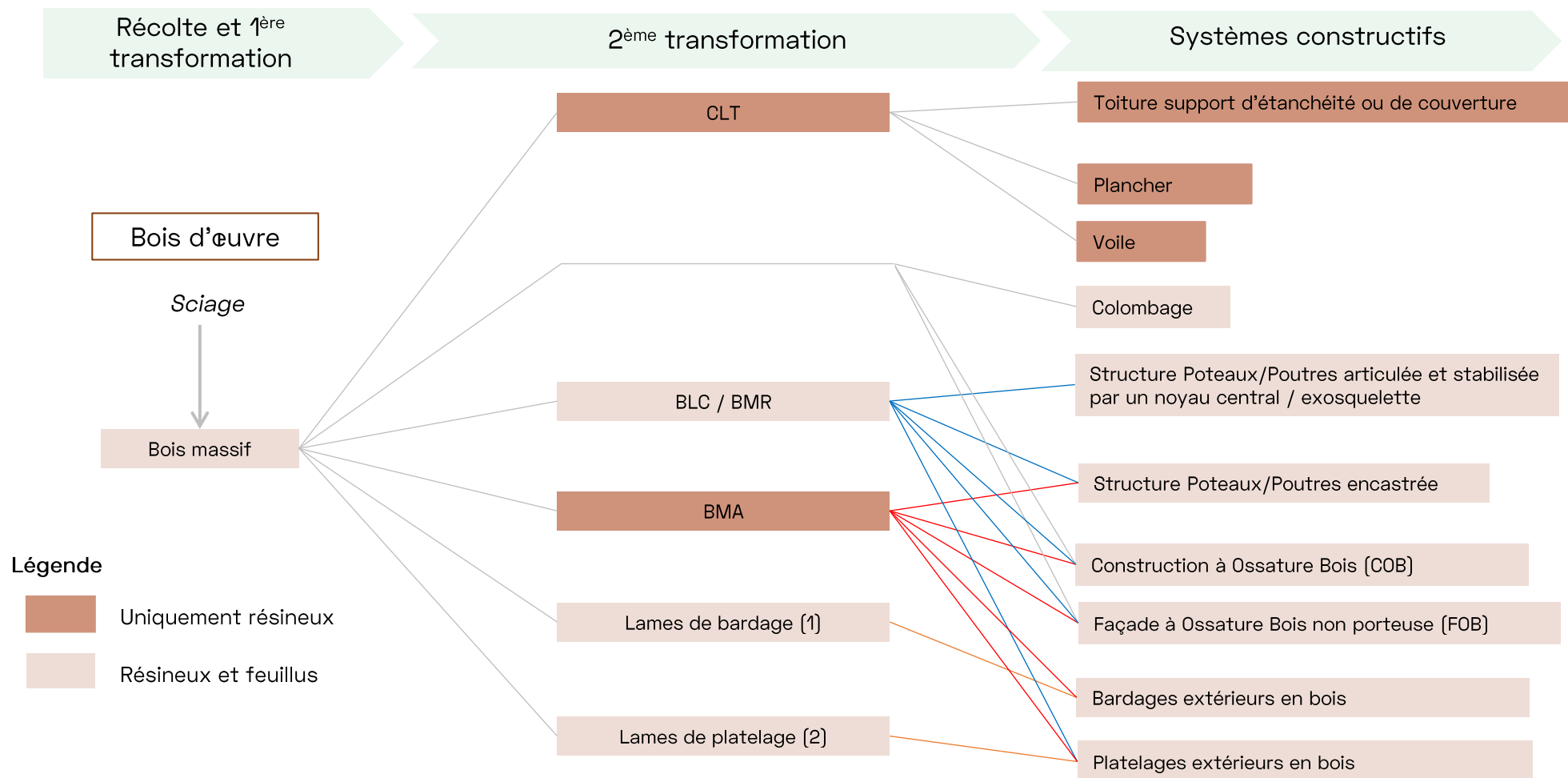
#### **Des appels à projet à l'échelle nationale directement adressés à la filière bois**

Des appels à projets (AAP) visent actuellement à soutenir la filière bois en accompagnant d'une part l'innovation en termes de solutions constructives et de massification, et d'autre part la consolidation et valorisation de la filière. Deux appels à projets ont ainsi été lancés dans le cadre du plan d'investissement « France 2030 » et de la stratégie « Ville Durable et Bâtiments innovants », afin d'anticiper la montée en puissance de la construction biosourcée.

L'AAP « Industrialisation de produits et systèmes constructifs bois et autres biosourcés » a pour objectif de renforcer les capacités de construction et rénovation bois grâce à l'extension des unités de production et le développement de technologies innovantes. Il s'adresse aux entreprises de production de gros-œuvre et de second-œuvre, de préfabrication et d'assemblage bois, et également aux producteurs de dispositifs mixtes bois et autres biosourcés (paille, chanvre).

L'AAP « Soutien à l'innovation dans la construction matériaux bois, biosourcés et géosourcés » a pour objectif de consolider la filière bois en caractérisant les matériaux et solutions génériques exploitables et ayant validé les performances requises par la réglementation (RE2020, labels). Ce travail permettra de favoriser le partage entre les acteurs au niveau national, de faciliter l'émergence de nouvelles solutions constructives et de renforcer la structuration de la filière (rédaction de règles professionnelles, compétitivité des acteurs industriels bois, etc.).

# Résineux ou feuillus : possibilités de débouché en bois d'œuvre structurel



[1] Au niveau des essences locales, le Chêne et le Hêtre peuvent être employés sous réserve que le référentiel technico-normatif soit respecté en tout point.

[2] Au niveau des essences locales, seul le Chêne peut être employé sous réserve que le référentiel technico-normatif soit respecté en tout point,

**NB** : L'évaluation de la possibilité ou non d'employer du feuillu pour un produit est un ouvrage, se fait ici au sens du référentiel technico-normatif, ce qui est indiqué ne préjuge pas de la faisabilité technique ni de la pertinence économique.

# Bois

Système constructif #1

## CLT en voiles et planchers (1/2)

Un 1<sup>er</sup> niveau de préfabrication pour ce produit d'importation



@ Simpson Strong Tie

### Synthèse du Cadre technico-normatif

#### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- *Avis technique ou Document technique d'application de CLT*
- *Norme produit : NF EN 16351*

#### Tests et essais performanciels

- *Voir le détail du Cadre technico-normatif*

### Applications constructives

#### L'importation des CLT de pays étrangers

Le panneau bois lamellé-collé croisé, communément appelé « (CLT) Cross Laminated Timber » a vu le jour en Autriche et en Allemagne durant les années 1990, il s'en fabrique aujourd'hui également en France. Les 4 fabricants identifiés à l'échelle nationale (hors du territoire d'étude) n'étant pas en mesure de répondre à toute la demande française, la majorité des CLT sont importés de pays étrangers.

Ce panneau est composé d'un empilement de couches (multi-plis) de bois, aboutées et collés. Dans leur immense majorité, ils sont fabriqués à partir d'essences résineuses de type Epicéa ou Sapin (parfois en Douglas). Les couches (plis) sont constituées de planches de bois, généralement de classe mécanique C24, rabotées, aboutées pour créer ainsi un panneau monocouche. Ces couches sont ensuite empilées avec une orientation de fil croisée perpendiculairement par couche. Le nombre de plis peut aller de 3 à 11 plis toujours en nombre impair. L'épaisseur de chacune des couches peut varier de 20 mm à 80mm.

#### Fonction dans le bâtiment

Aujourd'hui, l'utilisation de panneau CLT a pour objectif de créer des éléments de structure horizontaux monolithiques du type plancher, des éléments de structure verticaux monolithiques du type voile et des éléments de structure obliques de type panneau support de toiture. Le CLT est principalement utilisé pour les bâtiments d'une hauteur de plancher bas du dernier niveau compris entre 8 mètres

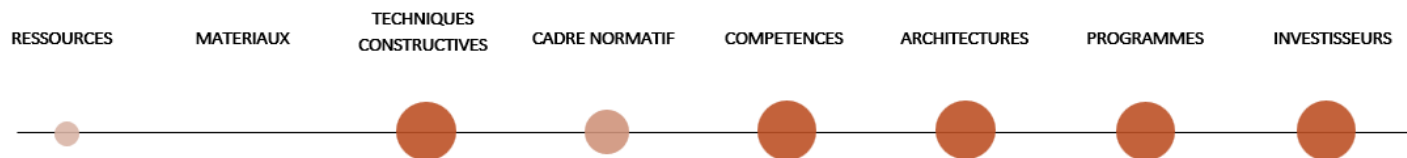
et 28 mètres.

#### Usinage et préfabrication des parois

Les panneaux de CLT sont majoritairement usinés en atelier, soit par l'industriel lui-même, soit par le charpentier. Ces usinages comprennent par exemple : les ouvertures pour les baies ; des réservations pour le passage des réseaux ; des feuillures pour les assemblages ; etc. Cela permet donc un premier niveau de préfabrication. Il est également possible d'intégrer en atelier un niveau de préfabrication plus avancé, par exemple en incluant l'isolation extérieure et le bardage.

#### Savoir-faire associés

Le dimensionnement de structures en CLT doit être réalisée par un bureau d'études référencé par le service d'assistance technique de l'industriel fabriquant le CLT. La qualification des entreprises de pose pour ce procédé peut être attestée par une certification Qualibat en Fourniture et pose de bâtiments en panneaux bois massifs croisés en technicité confirmée [qualification repérée 2382 dans le référentiel de certification].





## Bois

Système constructif #1

# CLT en voiles et planchers (2/2)

## Un 1<sup>er</sup> niveau de préfabrication pour ce produit d'importation



© Simpson Strong Tie

### Cadre technico-normatif

Les CLT sont des procédés non traditionnels qui relèvent encore de la démarche de l'Avis Technique, du Document Technique d'Application ou de l'Appréciation Technique d'expérimentation. Il existe de nombreux procédés bénéficiant de ce type d'évaluation, dont 4 producteurs français (PANNEAU XLAM INDUSTRIE - AT 3.3/21-1053\_V1, DALBOIS CLT M AT 3.3/17-943\_V2, TOT'm X AT 3.3/17-925\_V2, HEXAPLI 3.3/18-958\_V2).

On notera que les Avis Techniques ou les Document Technique d'Application (DTA) des CLT, peuvent viser des emplois en : Structure de Mur et de Plancher ; Toiture support de couverture ; Toiture support d'étanchéité. Pour ces emplois, lorsque l'évaluation technique les vise explicitement et que celle-ci figure bien nommément (marque commerciale dédiée) sur liste verte de la C2p, le procédé de CLT précis qui en fait l'objet, est reconnu pour lui-même, en technique courante.

### Une potentielle limitation indirecte du domaine d'emploi

Effectivement, si les Avis Technique et DTA des CLT visent des emplois pouvant aller jusqu'à des hauteurs de plancher bas du dernier niveau de 28m (voire plus), c'est généralement le procédé de revêtement extérieur qui limite le domaine d'emploi. L'origine étant que les procédés de revêtement extérieur sous évaluation technique disponibles à dates et visant l'emploi sur CLT couvrent au mieux un emploi pour une hauteur de façade jusqu'à 18m, mais la majorité des évaluations étant toutefois plutôt limitée à une hauteur de façade à 9m. De nombreuses actions sont engagées par les acteurs pour que les limites de hauteur atteignent des valeurs plus élevées, on peut notamment citer le travail d'Adivbois et du Club Des Industriels d'Adivbois (voir les publications du Club pour plus de précision).

### D'autres freins à la massification

Dans le même cas que l'offre disponible pour les revêtements extérieurs, celle de tous les ouvrages qui environnent les CLT et qui doivent bénéficier d'une évaluation technique reste fortement limitée. On peut par exemple citer les revêtements de sol en pièce

humide avec douche sans ressaut qui pour le moment ne visent pas les support bois. On retiendra cependant que ce constat est valable à l'échelle de la construction bois (en pleine massification), cela n'est donc pas forcément spécifique au CLT.

Les contraintes de sécurité incendie peuvent également freiner le développement du CLT, en bloquant par exemple, son emploi pour les circulations verticales.

# Bois

## Système constructif #2



@ maison-monde.com

### Synthèse du Cadre technico-normatif

#### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- NF DTU 31.1
- Eurocode 5

#### Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

# Colombage

*Une technique locale, principalement mobilisée en rénovation de bâti ancien*

## Applications constructives

### Un système constructif adaptée au contexte régional

Le procédé de colombage, également appelé à pans de bois, est une structure en bois composée d'éléments verticaux et horizontaux de grandes sections et petites sections (notamment pour les supports de fixation du torchis) [voir image ci-contre]. Cette technique traditionnelle est issue de régions où les bois feuillus dominent. Il s'agit donc d'une technique adaptée à la valorisation des essences régionales et du bois de petites sections (pour les colombages et les supports de fixation du torchis).

### L'association au remplissage entre ossature

Cette structure est généralement associée à un remplissage entre ossature. Les assemblages des différentes pièces se font par des assemblages dits "Bois/Bois", communément dénommé "Tenons et mortaises". Ces derniers peuvent être associés à des assemblages appelés "Embrèvements". La stabilité dans le plan de la structure bois est réalisée par des écharpes, ou des croix de Saint André. S'il est généralement associé à un élément de remplissage (hourdage), le colombage désigne bien la structure et non l'association de la structure et du remplissage.

### Fabrication et pose

Pour ce procédé de structure employant majoritairement des bois massifs de grandes sections, l'usinage des assemblages se fait soit en atelier, soit sur chantier dans des conditions appropriées. Cette technique présente l'avantage d'utiliser majoritairement des bois feuillus, les grandes sections étant utilisées pour les éléments structurels tandis que les colombes sont en petites sections.

### Hauteurs de bâtiment visées

Ce type de procédé est principalement utilisé pour les bâtiments dont la hauteur du plancher bas du dernier niveau est limitée à 8 mètres au sens de la réglementation incendie. Toutefois cette technique est essentiellement mise en œuvre lors de la restauration de bâti ancien.

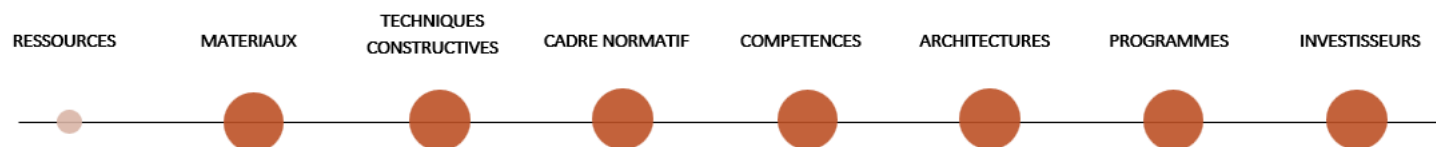
### Une technique constructive

Le maintien du savoir-faire de la technique du colombage est essentiel pour la restauration du bâti ancien : elle participe à la conservation d'un patrimoine culturel, architectural et paysager tout en répondant aux enjeux environnementaux de conservation du bâti existant.

## Cadre technico-normatif

Les structures en colombage peuvent être visées par le NF DTU 31.1. Si celui-ci est respecté en tous points, ces structures peuvent être reconnues en technique courante.

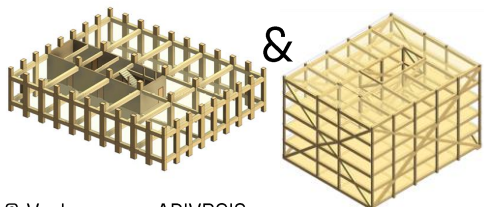
L'attention du lecteur est cependant attirée sur le fait qu'une vérification approfondie doit être menée pour que tous les autres ouvrages périphériques à la structure en colombage disposent bien eux-aussi, d'un référentiel reconnu en technique courante (Cœur de paroi, Revêtement de façade, etc...)



# Bois

Système constructif #3

## Structure Poteaux/Poutres articulée et stabilisée par un noyau central / exosquelette Un squelette bois pour le bâti de 8 à 28m



@ Vademecum ADIVBOIS

### Synthèse du Cadre technico-normatif

#### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- NF DTU 31.1
- Norme produit pour les bois lamellés collés : NF EN 14080
- Eurocode 5

#### Tests et essais performanciers

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

### Applications constructives

#### Définition

Ce système consiste à ériger le squelette d'un bâtiment avec des éléments verticaux (« poteaux ») et des éléments horizontaux (« poutres ») de fortes sections, permettant de reprendre les charges verticales. Ces éléments, généralement en bois lamellé collé, sont assemblés entre eux par des assemblages dits articulés. Ce squelette est stabilisé horizontalement/contreventé, soit par un exosquelette en bois ou métal et constitué de diagonales et/ou des croix de Saint André, soit, le plus fréquemment, par un noyau central en béton assurant les circulations intérieures verticales (escaliers et ascenseurs). Ce système de stabilisation est systématiquement associé à un système de diaphragme de plancher horizontal permettant la transition des efforts jusqu'aux points d'ancrages de la structure. Ce dernier étant le plus couramment réalisé en CLT, pour des bâtiments de hauteur de plancher bas supérieur à 8m.

#### Fabrication, pose, qualification

Pour ces procédés de structure employant majoritairement des bois lamellé-collé, plusieurs configurations de fabrication et de pose sont possibles :

- la fabrication et l'usinage sont réalisés par un industriel de bois lamellé collé (certifié ACERBOIS-GLULAM ou équivalent) et la pose par un charpentier (certifié QUALIBAT en fourniture et pose de charpentes et structures en bois lamellé-collé en technicité supérieure ou exceptionnelle, ou certification équivalente)
- la fabrication, l'usinage et la pose sont réalisées par une entreprise fabricant et posant du bois lamellé collé (elle est certifiée ACERBOIS-GLULAM ou équivalent et est également certifiée QUALIBAT en fabrication et pose de charpentes et structures en bois lamellé-collé en technicité supérieure ou

exceptionnelle, ou certification équivalente)

#### Hauteurs de bâtiment visées

Ce type de procédé est principalement utilisé pour les bâtiments dont la hauteur du plancher bas du dernier niveau au sens de la réglementation incendie est comprise entre 8 mètres et 28 mètres.

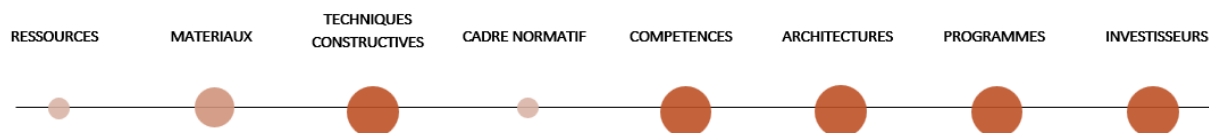
### Cadre technico-normatif

Les Structure Poteaux/Poutres articulées et stabilisées par un noyau central et/ou un exosquelette sont visées par le NF DTU 31.1. Si celui-ci est respecté en tous points, ces structures peuvent être reconnues en technique courante.

L'attention du lecteur est cependant attirée sur le fait qu'une vérification approfondie doit être menée pour que tous les autres ouvrages périphériques de cette structure disposent bien eux-aussi, d'un référentiel reconnu en technique courante (Cœur de paroi, Revêtement de façade, etc.).

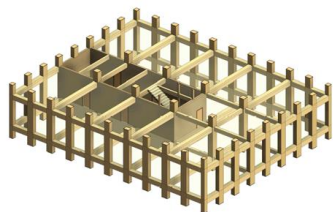
Effectivement, si le NF DTU 31.1 ne donne pas de limite de hauteur pour les ouvrages qu'il vise directement en lui-même, le système de façade généralement associé à ce type de structure, est de type FOB relevant du DTU 31.4 (voir système constructif 6). Or, pour ces façades, il n'existe à date aucun procédé revêtement extérieur visé par le DTU 31.4 (voir travaux d'Adivbois).

C'est donc sur l'émergence de solutions de procédés de parements extérieurs visant les FOB qu'un travail a été engagé auprès des industriels des procédés de revêtements extérieurs, notamment via le Club des industriels Adivbois.



# Structure Poteaux/Poutres encastrée

## Un SC bois performant, d'une grande technicité



© Vademecum ADIVBOIS

### Synthèse du Cadre technico-normatif

#### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- NF DTU 31.1
- Norme produit pour les bois lamellés collés : NF EN 14080
- Eurocode 5
- Avis Technique de Goujon collé

#### Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

### Applications constructives

#### Un système constructif d'une grande technicité

Ce système consiste à ériger le squelette du bâtiment avec des éléments verticaux (« poteaux ») et des horizontaux (« poutres ») de fortes sections, permettant de reprendre les charges verticales. Ces éléments, généralement en bois lamellé collé, sont assemblés entre eux par des assemblages dits « encastrés ». Ces structures sont contreventées, soit uniquement par ces assemblages, soit par ces assemblages et complétées par des diagonales. En comparaison à une Structure Poteaux/Poutres articulée décrite précédemment, la Structure Poteaux/Poutres encastrée nécessite une technicité plus avancée au niveau des assemblages et requiert généralement l'emploi de procédés d'assemblage sous évaluation technique. Il en découle le besoin d'avoir des concepteurs, fabricants et poseurs ayant une qualification plus poussée.

#### Fabrication, pose, qualification

Pour ces procédés de structure employant majoritairement des bois lamellé-collé ou des lamibois, et procédés pour lesquels les assemblages nécessitent une compétence particulière, plusieurs configurations de fabrication et de pose sont possibles :

- fabrication et usinage réalisés par un industriel de bois lamellé collé (certifié ACERBOIS-GLULAM ou équivalent) et pose réalisée par un charpentier (certifié QUALIBAT en fourniture et pose de charpentes et structures en bois lamellé-collé en technicité exceptionnelle, ou certification équivalente)
- fabrication, usinage et pose réalisés par une entreprise fabricant et posant du bois lamellé collé (elle est certifiée ACERBOIS-GLULAM ou équivalent et est également certifiée QUALIBAT en fabrication et pose de charpentes et structures en bois lamellé-collé en technicité exceptionnelle ou certification équivalente)

#### Hauteurs de bâtiment visées

Ce type de procédé est principalement utilisé pour les bâtiments dont la hauteur du plancher bas du dernier niveau au sens de la réglementation incendie est comprise entre 8 mètres et 28 mètres.

### Cadre technico-normatif

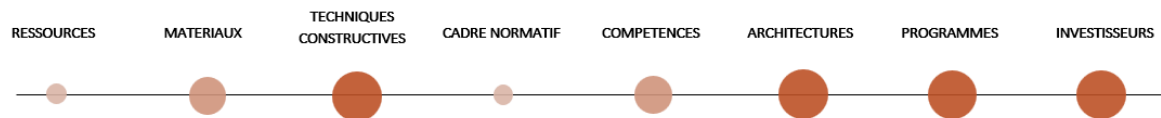
Les Structure Poteaux/Poutres à encastres peuvent être visées par le NF DTU 31.1. Si celui-ci est respecté en tous points, ces structures peuvent être reconnues en technique courante.

Pour ce procédé, il peut être fait appel à des procédés d'assemblages non traditionnels (par exemple par goujons collés). Si ces procédés sont visés par des Avis Techniques ou des Documents Techniques d'Application figurant sur la liste verte de la C2P ou encore une Appréciation Technique d'Expérimentation de cas "a" formulée favorablement, et que ces évaluations techniques sont respectées en tous points, lesdits procédés (nommément-parlant) peuvent être reconnus en technique courante.

L'attention du lecteur est cependant attirée sur le fait qu'une vérification approfondie doit être menée pour que tous les autres ouvrages périphériques à la structure disposent bien eux-aussi, d'un référentiel reconnu en technique courante (Cœur de paroi, Revêtement de façade, etc.) Effectivement, comme pour la famille #3, si le NF DTU 31.1 ne donne pas de limite de hauteur pour les ouvrages qu'il vise directement en lui-même, le système de façade généralement associé à ce type de structure, est de type FOB relevant du DTU 31.4 (voir système constructif 6). Or, pour ces façades, il n'existe à date aucun procédé revêtement extérieur les visant (voir travaux d'Adivois).

C'est donc sur l'émergence de solutions de procédés de parements extérieurs visant les FOB qu'un travail a été engagé auprès des industriels des procédés de revêtements extérieurs, notamment via le Club des industriels Adivois.

Ces assemblages présentent comme avantages d'être invisibles et d'avoir une forte capacité de reprise de charge. Néanmoins, comme ils requièrent un savoir-faire et une technicité élevée, il n'y a à priori à date qu'un seul industriel bénéficiant d'un Avis Technique.

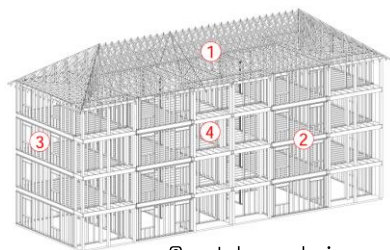


# Bois

Système constructif #5

## Construction à Ossature Bois (COB)

### Un procédé de préfabrication paroi+structure



@ catalogue-bois-construction.fr

#### Synthèse du Cadre technico-normatif

##### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- NF DTU 31.2
- Norme produit pour les bois d'ossature: NF EN 14081-1
- Eurocode 5

##### Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

#### Applications constructives

##### Définition

Ce système constructif consiste à ériger des éléments de construction de parois à ossature bois, généralement en bois massif de résineux et de section courante 45x145mm. Les éléments d'ossature sont porteurs et espacés (vide entre deux éléments d'ossature) au maximum de 600mm. Un panneau bois est fixé sur cette ossature et sert de voile de contreventement dans le cas de murs, et de diaphragme dans le cas des planchers (voir les toitures selon les configurations). Pour les murs, le vide entre montants est comblé par un isolant. Cette solution permet d'optimiser la quantité de bois utilisé par rapport à un mur massif en CLT. L'étanchéité à l'air est généralement assurée par un pare-vapeur (côté chaud).

##### Fabrication et pose

L'ossature bois et les panneaux de contreventement sont généralement assemblés en ateliers, formant ainsi des panneaux de murs. Ces panneaux intègrent de préférence le pare-pluie de façon à assurer une partie de la protection aux intempéries du panneau de mur pendant la phase de transport et de chantier. Cette préfabrication peut intégrer de nombreux autres éléments, dont, notamment (cumulatif) : l'isolant et le pare-vapeur, le parement extérieur, les menuiseries. Lorsque la préfabrication intègre le pare-vapeur et l'isolant, une attention particulière sera apportée à la gestion de l'humidité en phase chantier.

##### Qualification

La certification "CTB composant-système bois", certifie que l'entreprise certifiée réalise des constructions à ossature bois conformes au NF DTU 31.2.

La qualification Qualibat "235 Fourniture et pose de bâtiments à ossature bois", donne des garanties sur les compétences techniques de l'entreprise à construire des constructions à ossature bois. Cette certification donne notamment des garanties sur les administratifs, juridiques et financière de l'entreprise certifiée.

#### Hauteurs de bâtiment visées

Les COB sont principalement utilisées pour des bâtiments dont la hauteur du plancher bas du dernier niveau (au sens de la réglementation incendie) est inférieure ou égale à 8m. Les COB sont également utilisées en attique ou en surélévation de bâtiments existants, dans la limite de 4 niveaux cumulés et d'une hauteur de plancher bas du dernier niveau à 28m au sens de la réglementation incendie.

#### Cadre technico-normatif

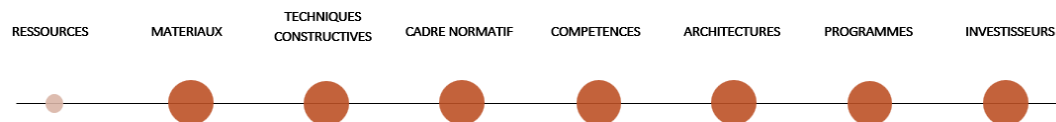
Les Construction à Ossature Bois (COB) sont visées par le NF DTU 31.2. Si celui-ci est respecté en tous points, ces constructions peuvent être reconnues en technique courante.

L'attention du lecteur est cependant attirée sur le fait qu'une vérification approfondie doit être menée pour que tous les autres ouvrages périphériques à la construction ossature bois disposent bien eux-aussi, d'un référentiel reconnu en technique courante (Cœur de paroi, Revêtement de façade, Menuiserie, etc.)

#### Une limitation indirecte du domaine d'emploi

Pour l'utilisation des COB en attique ou en surélévation à des hauteurs de plancher bas du dernier niveau au sens de la réglementation supérieures à 8m et inférieures ou égales à 28m, c'est généralement le procédé de revêtement extérieur qui limite le domaine d'emploi. En effet, les procédés de revêtement extérieur sous évaluation technique disponibles à dates et visant l'emploi sur COB couvrent, au mieux, un emploi pour une hauteur de façade jusqu'à 18m, mais la majorité des évaluations sont plutôt limitée à une hauteur de façade à 9m.

De nombreuses actions sont engagées par les acteurs pour que les limites de hauteur atteignent des valeurs plus élevées, on peut notamment citer le travail d'Adivbois et du Club Des Industriels d'Adivbois (voir les publications du Club pour plus de précision).





# Façade à Ossature Bois non porteuse (FOB) Un procédé de préfabrication non porteur



© ambition-bois.fr

### Synthèse du Cadre technico-normatif

#### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- NF DTU 31.4
- Norme produit pour les bois d'ossature: NF EN 14081-1
- Eurocode 5

#### Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

## Applications constructives

### Définition

Les FOB sont des éléments de façades rapportés directement sur la superstructure du bâtiment. Elles sont non porteuses et non contreventantes, ces fonctions étant assurées par la superstructure du bâtiment.

Elles sont principalement constituées d'une ossature bois (montants, traverses, chevêtre), d'un panneau de stabilité (réalisé en panneau à base de bois), d'un isolant entre montants, de membranes pare-pluie, de membranes pare-vapeur.

Un projet de bâtiment bois avec une structure poteaux/poutres articulée et stabilisée par un noyau central béton et une FOB en l'enveloppe extérieure, peut, selon les configurations du projet (géométrie, situation géographique, classement incendie, etc.), permettre d'optimiser les quantités de bois sur le projet en comparaison à un projet entièrement CLT.

### Fabrication et pose

L'ossature bois et les panneaux de stabilité sont généralement assemblés en ateliers, formant ainsi des panneaux de FOB. Ces panneaux intègrent de préférence le pare-pluie de façon à assurer une partie de la protection aux intempéries du panneau de mur pendant la phase de transport et de chantier. Cette préfabrication peut intégrer de nombreux autres éléments, dont, notamment (cumulatif) : l'isolant et le pare-vapeur, le parement extérieur, les menuiseries.

Lorsque la préfabrication intègre le pare-vapeur et l'isolant, une attention plus particulière encore devra être apportée à la gestion de l'humidité tout au long de la phase chantier.

### Qualification

La certification "CTB composant-système bois", certifie que l'entreprise certifiée réalise des FOB conformes au NF DTU 31.4.

### Hauteurs de bâtiment visées

Ce type de procédé est principalement utilisé pour les bâtiments d'une hauteur du plancher bas du dernier niveau au sens de la réglementation incendie comprise entre 8 mètres et 28 mètres.

## Cadre technico-normatif

Les Façades à Ossature Bois (FOB) sont visées par le NF DTU 31.4. Si celui-ci est respecté en tous points, ces structures peuvent être reconnues en technique courante.

L'attention du lecteur est cependant attirée sur le fait qu'une vérification approfondie doit être menée pour que tous les autres ouvrages périphériques à la façade à ossature bois disposent bien eux-aussi, d'un référentiel reconnu en technique courante (Cœur de paroi, Revêtement de façade, Menuiserie, etc.)

Effectivement, même si le NF DTU 31.4 donne une limite de hauteur du plancher bas du dernier niveau à 28 mètres au maximum. Pour ces façades, il n'existe à date aucun procédé revêtement extérieur les visant (voir travaux d'Adivbois).

C'est donc sur l'émergence de solutions de procédés de parements extérieurs visant les FOB qu'un travail a été engagé auprès des industriels Adivbois.



# Bois

Système constructif #7

## Bardage extérieur en bois

### Un revêtement compatible avec les essences régionales



#### Synthèse du Cadre technico-normatif

##### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- NF DTU 41.2
- Norme produit : NF EN 14915

##### Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

#### Applications constructives

##### Définition

Ce procédé consiste à mettre en place un revêtement mural en bois sur une ossature, elle-même fixée à un support vertical (bois, béton, maçonnerie). Ce revêtement peut être constitué de lames, bardeaux ou de panneaux dérivés du bois. Ces revêtements sont fixés mécaniquement à l'ossature, tout en gardant une lame d'air ventilée entre le revêtement et le support de la paroi.

##### Fabrication, pose et qualification

Pour ces procédés de revêtements, la fourniture peut être effectuée soit par un scieur, soit par un revendeur. La certification CTB-B+ permet de certifier du traitement de préservation du bardage (quand nécessaire) et de son application. Pour la pose, de nombreuses entreprises certifiées QUALIBAT sont certifiées pour la mise en œuvre des bardage bois, ces entreprises sont certifiées dans les séries : 230, 231, 234, 235, 236, 381

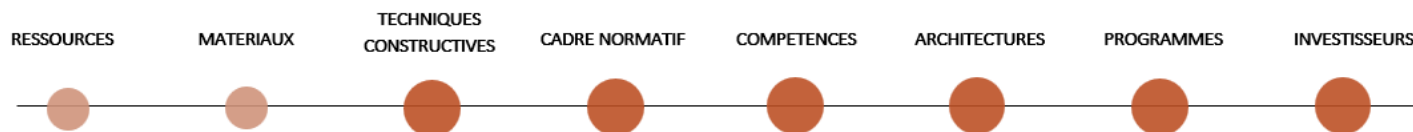
##### Hauteurs de bâtiment visées

Ce type de procédé est utilisé pour des bâtiments d'une hauteur jusque 28 mètres. L'attention du lecteur est cependant attirée sur les solutions techniques retenues pour l'intégration de menuiseries qui peuvent limiter à des hauteurs inférieures.

#### Cadre technico-normatif

##### Une technique courante qui intègre des essences régionales (chêne et hêtre)

Les bardages extérieurs en bois sont visés par le NF DTU 41.2. Si celui-ci est respecté en tous points, ces bardages extérieurs peuvent être reconnus en technique courante. L'attention du lecteur est cependant attirée sur le fait que toutes les essences de bois ne sont pas visées dans le NF DTU 41.2. On note cependant que pour le bardage, le chêne et le hêtre sont bien visés par le NF DTU 41.2 (à condition bien sûr de respecter les prescriptions de ce NF DTU et des normes attenantes).



# Bois

Système constructif #8

## *Platelages extérieurs en bois* *Un système constructif pour les espaces publics qui intègre le bois de chêne*



### Synthèse du Cadre technico-normatif

#### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- NF DTU 51.4
- Norme produit : NF B 54-040

#### Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

### Applications constructives

#### Définition

Ce procédé consiste à mettre en place un revêtement de sols extérieurs en bois à base de lames sur une ossature dénommée « lamourde » ou directement sur la structure support.

La hauteur entre la face supérieure du platelage et la surface continue sous-jacente est limitée à 1m.

L'ossature support du platelage doit être espacée à un entraxe maximum de 70cm si le platelage repose sur 3 appuis, sinon de 60 cm si le platelage repose sur 2 appuis.

Ce platelage est destiné à créer des cheminements ou des zones de stationnement extérieures dont des salons, ou des terrasses de restaurants.

#### Fabrication, pose et qualification

Pour ces procédés de revêtements, la fourniture peut être effectuée soit par un scieur, soit par un revendeur.

La certification CTB-B+ permet de certifier du traitement de préservation du platelage (quand nécessaire) et de son application. Pour la pose, de nombreuses entreprises certifiées QUALIBAT sont certifiées pour la mise en œuvre des bardage bois, ces entreprises sont certifiées dans les séries : 230, 231, 234, 235, 236.

### Cadre technico-normatif

#### Un cadre technico-normatif qui intègre le chêne mais pas le hêtre

Les platelages extérieurs en bois peuvent être visés par le NF DTU 51.4. Si celui-ci est respecté en tous points, ces platelages extérieurs peuvent être reconnus en technique courante.

L'attention du lecteur est cependant attirée sur le fait que toutes les essences de bois ne sont pas visées dans le NF DTU 51.4.

Ainsi, pour le platelage extérieur, le chêne est visé (à condition bien sûr de respecter les prescriptions de ce NF DTU et des normes attenantes), mais pas le hêtre.



# Actualités et perspectives d'évolution du cadre (1/2)

## **Une filière biosourcée puissante à l'échelle nationale et bénéficiant d'une maturité technico-normative élevée**

La filière bois a connu une nette montée en puissance depuis la création du CODIFAB (Comité professionnel De Développement des Industries Françaises de l'Aménagement et du Bois) il y a 13 ans. La mise en place de la taxe affectée a permis de financer un grand nombre d'actions techniques, scientifiques et de recherche. Les 3 générations de Plan Bois ont également joué un rôle structurant dans l'amorçage de la levée de freins scientifiques et techniques et dans l'appropriation des outils par les donneurs d'ordres: [Bilan des Plans Bois 1, 2 et 3 | CODIFAB](#)

Plus récemment (2017-2022), l'association ADIVBOIS a joué un rôle majeur en accompagnant la stratégie de développement des immeubles en bois de moyenne et de grande hauteur sur tout le territoire, et en particulier sur le Village Olympique PARIS 2024. Les bénéfices de cette action, déjà intégrés par les parties prenantes, sont maintenant en cours d'appropriation par l'ensemble des acteurs de la construction.

## **Mobiliser les exploitants en amont pour augmenter l'offre et orienter la filière vers le local**

Tous les acteurs de la filière de l'amont à l'aval ne sont pas encore coordonnés, mais les nouveaux architectes et les MOA sont de plus en plus sensibilisés à l'emploi du bois local. En Normandie, ce sont les entreprises sylvicoles et les exploitants qui constituent le maillon faible de la filière. Malgré un potentiel d'exploitation important, la sylviculture est encore peu développée. Une solution pourrait être de rassembler les propriétaires forestiers en groupements afin de faciliter l'exploitation de la ressource.

## **Augmenter les capacités locales de transformation**

Le maillage de scieries sur le territoire reste insuffisant en nombre et en diversité d'essences traitées. Afin d'attirer des acteurs prêts à traiter tous types d'essences et de volumes, la Région Normandie met en place des aides à l'investissement afin d'accompagner les acteurs dans l'achat de matériel de sciage, de séchage... Par ailleurs, le développement récent de scieries mobiles permet aux exploitants forestiers locaux de transformer de petits volumes

à la demande, alors qu'ils ont des difficultés à trouver des scieries capables de traiter des essences non standardisées. Cette piste de développement est prometteuse mais les scieries mobiles manquent encore de moyens pour s'équiper suffisamment et répondre à la demande.

La transformation du bois au niveau local est par ailleurs limitée par le manque de formation en sylviculture (*FIBOIS*)

## **Sensibiliser les acteurs publics et privés sur les débouchés du bois local**

Les débouchés pour les bois locaux existent déjà et les architectes et étudiants demandent de plus en plus à se former à l'emploi et la construction bois. Cette demande permettrait de pallier au manque de main d'œuvre et de BET structure spécialisés dans ces territoires, mais également de sensibiliser les autres acteurs en crédibilisant l'emploi du bois.

Les MOA et les acteurs privés ne connaissent pas encore la diversité des débouchés des bois locaux (notamment en bardage, pan de bois...) ainsi que les nombreuses possibilités d'emploi mixte avec des isolants biosourcés.

Les bois locaux suivent néanmoins une dynamique favorable sur ces territoires, avec notamment la Région Normandie qui pousse l'emploi du bois dans les haras, bâtiments agricoles, logements sociaux et maisons individuelles.

## **Objectiver le surcoût lié à l'emploi de bois local**

La sensibilisation des acteurs passe aussi par la levée de certaines barrières économiques. La filière bois doit objectiver le surcoût lié à l'emploi de bois local, par exemple en travaillant de paire avec le réseau des économistes de la construction.

## **Faciliter l'approvisionnement en matériaux bois**

Les entreprises de construction n'ont pas forcément le temps et les moyens de sourcer les matériaux disponibles localement, et n'utilisent donc pas tout le potentiel du territoire. Leur approvisionnement en matériaux locaux pourrait être facilité par le développement de négoce alternatifs rassemblant différents matériaux locaux de construction, directement accessibles aux constructeurs.

## *Actualités et perspectives d'évolution du cadre (2/2)*

### **Assurer la traçabilité du bois local**

Il y a une demande croissante de traçabilité du bois normand, notamment par les architectes. Cela pourrait se faire au moyen de la création d'une labellisation « bois normand », qui permettrait de favoriser le recours au bois local dans la commande publique, ce qui en ferait un outil supplémentaire d'exemplarité des bâtiments régionaux.

Mais cela pose le risque de limiter ses possibilités d'utilisation, conduisant alors à l'utilisation de bois « équivalents » en provenance de l'étranger. La filière émet aussi des réserves par crainte de ne pas pouvoir répondre à la demande et de limiter la commande publique en bois.

Une solution serait de plutôt utiliser une certification « bois français » ou des certifications existantes sur le territoire telle que le label PEFC. La Région Normandie a d'ailleurs commencé à travailler sur la provenance du bois en lien avec la certification PEFC, déjà présente sur le territoire régional.

### **Au niveau national, des appels à projet directement adressés à la filière bois**

Des appels à projets nationaux visent actuellement à soutenir la filière bois en accompagnant d'une part l'innovation en termes de solutions constructives et de massification, et d'autre part la consolidation et valorisation de la filière.

Deux appels à projets ont ainsi été lancés dans le cadre du plan d'investissement « France 2030 » et de la stratégie « Ville Durable et Bâtiments innovants », afin d'anticiper la montée en puissance de la construction biosourcée. Le dépôt des dossiers est ouvert jusqu'à octobre 2022 pour l'AAP « Industrialisation de produits et systèmes constructifs bois et autres biosourcés », et jusqu'à mars 2023 pour l'AAP « Soutien à l'innovation dans la construction matériaux bois, biosourcés et géosourcés ».



# Architectures

## Immeubles de bureaux et logements

### Bureaux PULSE – Saint-Denis (93)

- MOA : ICADE
- MOE : BFV Architecture
- Année : 2019
- Coût :
- Mode constructif : Poteau/Poutre + CLT en plancher



PULSE (93) @Frédéric Delangle

### Bureaux Green Office Enjoy – ZAC Clichy-Batignolles Paris 17e (75)

- MOA : Bouygues Immobilier + CDC Habitat
- MOE : Baumschlager Eberle Architekten + Offscape
- Année : 2018
- Coût : 34,5 Millions €
- Mode constructif : Poteaux/Poutres + CLT en Plancher



Green Office Enjoy (75) @Luc Boegly

### Bureaux Perspective – Bordeaux (33)

- MOA : Promotion Pichet
- MOE : Laisne Roussel Associés
- Année : 2018
- Coût : 18,4 Millions €
- Mode constructif : Poteau/Poutre + COB



Perspective (33) @Pyrénées Charpentes

### Logement collectif Calmette – Caen (14)

- MOA : CU Caen la Mer
- MOE : JV Archi et Associé / Archiviolette
- Année : 2019
- Coût : 1 903 223 € HT (hors foncier, hors VRD, hors honoraires)
- Mode constructif : ossature bois rapportée sur structure béton



Logements Calmette (14) @Archiviolette

# Architectures

## Equipements scolaires et de loisirs

### Reconversion d'une école en espaces socio-culturels Le Point du Jour – Alençon (61)

- MOA : Mairie d'Alençon
- MOE : Des Clics et Des Clacs
- Année : 2019
- Coût : 2 250 000 € HT (hors foncier, hors VRD, hors honoraires)
- Réhabilitation : FOB isolation fibre de bois
- Extension : caissons bois isolation paille

### Equipements de loisirs et culturels – Rouen Bruyères (76)

- MOA : Rouen Métropole Normandie
- MOE : Mutabilis Paysage & Urbanisme (75) Atelier Philippe Madec SAS (75)
- Année : 2021
- Coût : 3 911 465 € € HT (hors foncier, hors VRD, hors honoraires)
- Mode constructif : caissons bois

### Parc Aquatique Aqualagon – Marne-la-Vallée (77)

- MOA : Village Nature® PARIS
- MOE : Jacques Ferrier Architecture
- Année : 2017
- Coût : 73,8 Millions €
- Mode constructif : Poutre BLC + Assemblage tiges collées + Plancher CLT

### Groupe Scolaire Gill Géryl – Martin-Eglise (76)

- MOA : Schema (76)
- MOE : La Soda (75)
- Année : 2021
- Coût : 4 100 000 € HT (hors foncier, hors VRD, hors honoraires)
- Mode constructif : panneau ossature bois, poteau/poutre bois



Le Point du Jour (61)



Rouen Bruyères (76) @pierre-yves brunaud



Parc aquatique Aqualagon (77) @Jacques Ferrier Architecture / Photo Luc Boegly



Groupe Scolaire Gill Géryl (76) @Maxime Verret photographe



## Principales typologies

Le bois est aujourd'hui employé dans de nombreuses typologies de construction, comme le logement individuel ou collectif, en neuf, rénovation, extension ou surélévation, en bâtiment de bureau, en établissement recevant du public, etc.

En 2020, 32 840 logements ont été construits en construction bois avec la répartition suivante :

- 12 930 maisons individuelles en construction bois
- 9570 logements collectifs en construction bois avec une prédominance en réalisations mixte Bois-Béton ou Bois-Métal
- 10340 extensions ou surélévations

Et 2,9 millions de mètres carrés pour les bâtiments non résidentiels avec la répartition suivantes :

- 905 000 m<sup>2</sup> pour les bâtiments de bureaux et établissements recevant du public
- 1 310 000 m<sup>2</sup> pour les bâtiments agricoles
- 686 000m<sup>2</sup> pour les bâtiments industriels et artisanaux

La filière bois est la plus mature parmi les filières biosourcées en développement. Cependant, on constate un manque de connaissance des MOE sur le corpus technico-règlementaire de la filière. Une phase de portage de ces documents est donc à prévoir à destination des aménageurs, MOA et architectes.

## Des perspectives de développement sur le territoire

La construction bois fait l'objet d'attentes sociétales importantes. En Normandie, 87% des personnes prévoyant des travaux d'aménagement souhaitent utiliser du bois, et une majorité de normands est prête à payer plus d'impôts locaux pour privilégier l'usage de bois normand. Face à cette importante croissance de l'usage de matériaux biosourcés et d'origine géographique locale, les cartographies d'acteurs et de références "vitrines" pour la construction bois se multiplient. Les acteurs de la filière comme les collectivités appellent cependant à une meilleure structuration de la

chaîne de production. Il est à la fois nécessaire de faire le lien avec l'amont en traçant l'origine du bois pour généraliser les certifications de bois local ; et avec l'aval en intégrant les prescriptions d'usage de bois à la commande publique et en correspondant aux attentes des consommateurs.

*(Source : Valorisation des bois locaux : perspectives et besoins en Normandie, Rencontres de juin 2021 organisées par la Région Normandie et Europe en Normandie)*

Que ce soit en Normandie ou en Ile-de-France, il est nécessaire de développer les débouchés en aval du marché pour soutenir l'emploi de bois feuillus régionaux. Les aides publiques et les appels à projets permettraient de soutenir les promoteurs en prenant en charge la différence de coûts induite par l'emploi de bois régionaux pour l'instant moins compétitifs.

Les acteurs de la filière bois recherchent des débouchés pour les ressources locales, car les scieries ne tournent pas à 100% même en vendant toute leur production. Il faut se concentrer sur les pistes de débouchés les plus évidentes et éviter les égarements constatés jusqu'ici. Par exemple, alors que les scieries locales se sont d'abord concentrées sur les bois d'œuvre non structurels, leur développement sur le marché de la structure implique un investissement qui doit être justifié par des débouchés réellement intéressants.

L'utilisation de bois régionaux dans la construction requiert de développer la production de produits à plus haute valeur ajoutée, notamment le BLC du fait d'un usage croissant des techniques de poteau-poutre.

Il apparaît également important de sensibiliser et d'informer les maîtrises d'œuvre et les utilisateurs finaux quant à la résistance et la qualité des essences feuillues, notamment en comparaison aux résineux qui bénéficient d'une plus grande reconnaissance. FIBOIS a par exemple créé en 2020, avec la Ville de Paris et le Conseil régional d'Ile-de-France, un pacte « Bois biosourcé Ile-de-France ». Il faut aussi informer sur la bonne gestion de la forêt, alors que le grand public a souvent une perception négative de la coupe des arbres, pourtant nécessaire à l'entretien forestier.

*(FIBOIS dans Le Bois International, « Feuillus et construction : entre freins et perspectives », 2022)*

## *Des bois locaux en manque de débouchés malgré une filière mature et une ressource abondante*

### Atouts

- Ressource abondante localement et nombreuses scieries (bien qu'inégalement réparties à l'échelle du territoire d'étude)
- Filière puissante et mature à l'échelle nationale
- Filière très structurée par les interprofessions
- Systèmes constructifs nombreux et matures du point de vue technico-normatif
- Matériau compatible avec de nombreux autres biosourcés

### Verrous

- Manque de débouchés actuellement et de compétitivité des bois feuillus locaux
- Exploitants en amont faiblement intégrés à la filière, grande variabilité dans les modes de gestion complexifiant la massification
- Faible capacité de transformation de la ressource brute locale (besoins d'investissements importants identifiés)
- Manque de connaissances du cadre technico-réglementaire par les MOE

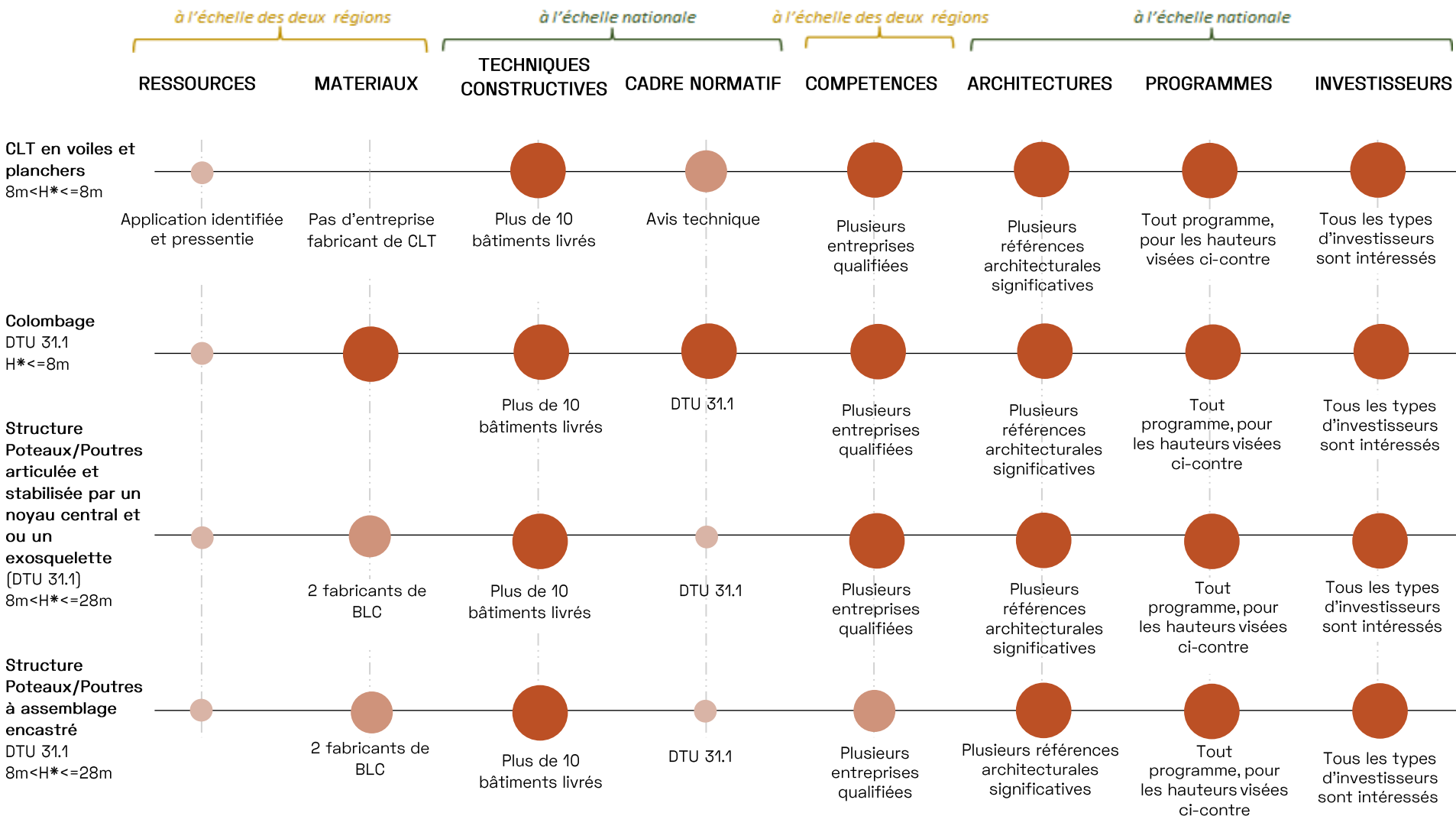
### Leviers d'action opérationnels

- Objectiver le surcoût du bois local pour lever les freins économiques
- Développer des négoce pour les matériaux locaux
- Accompagner les investissements nécessaires pour accompagner l'évolution des procédés de première transformation vers une intégration des bois de feuillus
- Utiliser les certifications « Bois français » et/ou PEFC pour assurer la traçabilité du bois local, et se faire le relai auprès des MOA pour assurer leur emploi dans les cahiers des charges
- S'appuyer sur les appels à projet nationaux pour encourager l'emploi du bois local dans la construction

### Pistes de développement à long terme

- Développer les capacités locales d'exploitation et de transformation du bois, y compris en foncier contraint (région Ile-de-France notamment)
- Sensibiliser la commande publique et privée sur les débouchés du bois local
- S'appuyer sur les attentes sociétales pour valoriser l'emploi du bois local et informer sur la gestion durable des forêts





*Obs:*  
 Ressource évaluée en terme d'exploitation à date  
 Pas d'usine de CLT sur les 2 régions à date; ACER  
 2 fabricants de BLC sur les 2 régions à date; ACER  
 Offre de rvt extérieurs relativement limitée sur sup  
 \*H = Plancher bas du dernier niveau au sens de la





	à l'échelle des deux régions		à l'échelle nationale		à l'échelle des deux régions		à l'échelle nationale	
	RESSOURCES	MATERIAUX	TECHNIQUES CONSTRUCTIVES	CADRE NORMATIF	COMPETENCES	ARCHITECTURES	PROGRAMMES	INVESTISSEURS
<b>COB</b> (DTU 31.2) H*≤8m pour COB tout hauteur H*≤28m pour COB en attique ou surélévation	Application identifiée et pressentie	Plus de 5 entreprises fabricantes de COB	Plus de 10 bâtiments livrés	Grand rond : DTU 31.2 (cas de la COB tout hauteur avec H≤8m) Petit rond : DTU 31.2 (cas de la COB en attique ou surélévation 8 < H≤28m)	Plusieurs entreprises qualifiées	Plusieurs références architecturales significatives	Tout programme, pour les hauteurs visées ci-contre	Tous les types d'investisseurs sont intéressés
<b>FOB</b> (DTU 31.4) 8m<H*≤28m	Application identifiée et pressentie	Plus de 5 entreprises fabricantes de FOB	Plus de 10 bâtiments livrés	DTU 31.4	Plusieurs entreprises qualifiées	Plusieurs références architecturales significatives	Tout programme, pour les hauteurs visées ci-contre	Tous les types d'investisseurs sont intéressés
<b>Bardage bois</b> (DTU 41.2)	Application identifiée	Entre 2 et 4 entreprises fabricantes	Plus de 10 bâtiments livrés	DTU 41.2	Plusieurs entreprises qualifiées	Plusieurs références architecturales significatives	Tout programme	Tous les types d'investisseurs sont intéressés
<b>Platelages extérieurs en bois</b> (DTU 51.4)	Application identifiée	Entre 2 et 4 entreprises fabricantes	>10 bâtiments livrés	DTU 51.4	Plusieurs entreprises qualifiées	Plus. réf. archi significatives	Tout programme	Tous les types d'investisseurs sont intéressés

*Obs : Ressource évaluées en terme d'exploitation à date sur les 2 Régions. Offre de rvt extérieurs très limitée à date (formellement quasi nulle) sur FOB ; voir travaux Adivbois*  
 \*H = Plancher bas du dernier niveau au sens de la réglementation incendie

	RESSOURCES	MATERIAUX	TECHNIQUES CONSTRUCTIVES	CADRE NORMATIF	COMPETENCES	ARCHITECTURES	PROGRAMMES	INVESTISSEURS	
CLT en voiles et planchers 8m < H* <= 28m	●		●	●	●	●	●	●	
Colombage DTU 31.1 H* <= 8m	●	●	●	●	●	●	●	●	
Structure Poteaux/Poutres articulée et stabilisée par un noyau central et ou un exosquelette (DTU 31.1) 8m < H* <= 28m	●	●	●	●	●	●	●	●	
Structure Poteaux/Poutres à assemblage encastré DTU 31.1 8m < H* <= 28m	●	●	●	●	●	●	●	●	

	RESSOURCES	MATERIAUX	TECHNIQUES CONSTRUCTIVES	CADRE NORMATIF	COMPETENCES	ARCHITECTURES	PROGRAMMES	INVESTISSEURS		
<b>COB</b> (DTU 31.2) H* ≤ 8m pour COB tout hauteur H* ≤ 28m pour COB en attique ou surélévation	●	●	●	● Grand rond : DTU 31.2 (cas de la COB tout hauteur avec H ≤ 8m) Petit rond : DTU 31.2 (cas de la COB en attique ou surélévation 8 < H ≤ 28m)	●	●	●	●	●	●
<b>FOB</b> (DTU 31.4) 8m < H* ≤ 28m	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
<b>Bardage bois</b> (DTU 41.2)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
<b>Platelages extérieurs en bois</b> (DTU 51.4)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	

### Entretiens

- Manubois Groupe Lefebvre BLC hêtre Normand – fabricant (26.04.22) ARPE Normandie
- FIBOIS Normandie Yves Mascart – interprofession (15.09.22) Zefco
- Région Normandie Mission Forêt-Bois Julia Ouallet – Conseil régional (15.09.22) Zefco

### Webinaire filière BOIS : 8 juin 2022

- Maxime Castel (Groupe Lefebvre)
- Yves Mascart (prescripteur bois construction FIBOIS Normandie)

**Bibliographie**

- [Bois | Codifab](#)
- [France Bois 2024 - filière bois construction aménagement](#)
- [ADIVbois - Immeubles à vivre bois](#)
- [Ambition Bois - Les réponses pour vous accompagner dans les étapes de votre projet \(ambition-bois.fr\)](#)
- [Accueil - Catalogue Bois Construction \(catalogue-bois-construction.fr\)](#)
- [Centre Scientifique et Technique du Bâtiment – CSTB](#)
- [Construction bois - Bonnes pratiques - Agence Qualité Construction \(qualiteconstruction.com\)](#)
- <https://youtu.be/1yWnbuz29fl>
- <https://youtu.be/x7cGP7nfSxU>
- <https://youtu.be/8wzDQ7UAfeg>
- <https://qualiteconstruction.com/espace-revue-abonnes/?iddoc=11733>
- <https://www.youtube.com/watch?v=PPhtmpNKA-U>
- <https://qualiteconstruction.com/publication/construction-bois-8-metres-hauteur-retours-experiences/>
- [Référencement de procédés propriétaires sur support bois | CODIFAB](#)
- [Construction bois et gestion de l'humidité en phase chantier | CODIFAB](#)
- [Balcons en bois sur façades et structures bois | CODIFAB](#)
- [Charpentes industrielles et respect de la RT212 | CODIFAB](#)
- *Etats des lieux des scieries normandes*, FNB, Décembre 2020
- *Programme régional de la forêt et du Bois d'Île-de-France 2019-2029*, Préfet de région d'Île-de-France, Janvier 2020
- *Plan Ambition Bois Construction*, CSFB, FBF, FBIE, FIBOIS France, Février 2021
- *Enquête nationale de la construction bois 2021*, FBF CODIFAB, FIBOIS France, FFB, UICB, Aout 2021



**Bibliographie**

- [www.panoramabois.fr](http://www.panoramabois.fr)
- [www.fibois-idf.fr-chiffres-cles-de-la-foret-en-ile-de-france](http://www.fibois-idf.fr-chiffres-cles-de-la-foret-en-ile-de-france)
- Valorisation des bois locaux : perspectives et besoins en Normandie, Rencontres de juin 2021, février et juin 2022 organisées par la Région Normandie
- I4CE, « Réorienter les usages du bois pour améliorer le puits de carbone »
- « Etats des lieux des scieries normandes, FNB, Décembre 2020 »
- Programme régional de la forêt et du Bois d'Île-de-France 2019-2029
- Les chiffres clés de la forêt en Île-de-France | FIBois Ile-de-France
- L'interprofession francilienne de la forêt et du bois (fibois-idf.fr)
- FIBOIS, Houtinfobois, Ligne Boise, OEWB, Valeur Bois, « Le bois local – Guide des usages »
- Réseau Rural, « Le bois local dans l'urbanisme et la construction »
- Anribois, « Le guide des bois locaux »
- FIBOIS dans Le Bois International, « Feuillus et construction : entre freins et perspectives », 2022
- Appel à projets - Industrialisation de Produits et Systèmes Constructifs bois et autres biosourcés (SCB) | Entreprises | Agir pour la transition écologique | ADEME
- Appel à projets - Soutien à l'innovation dans la construction matériaux bois, biosourcés et géosourcés (SIC) | Entreprises | Agir pour la transition écologique | ADEME

# 3. Filière Paille



© C. Desmichelle



© Up Straw



## Synthèse filière 1/2

### Une ressource disponible pour des débouchés ciblés



#### Etat de la filière

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### Perspectives de développement

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

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

Les enjeux pour la massification :

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

## Synthèse filière 2/2

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



#### Les systèmes constructifs

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

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

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

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

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

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

#### Les systèmes constructifs analysés

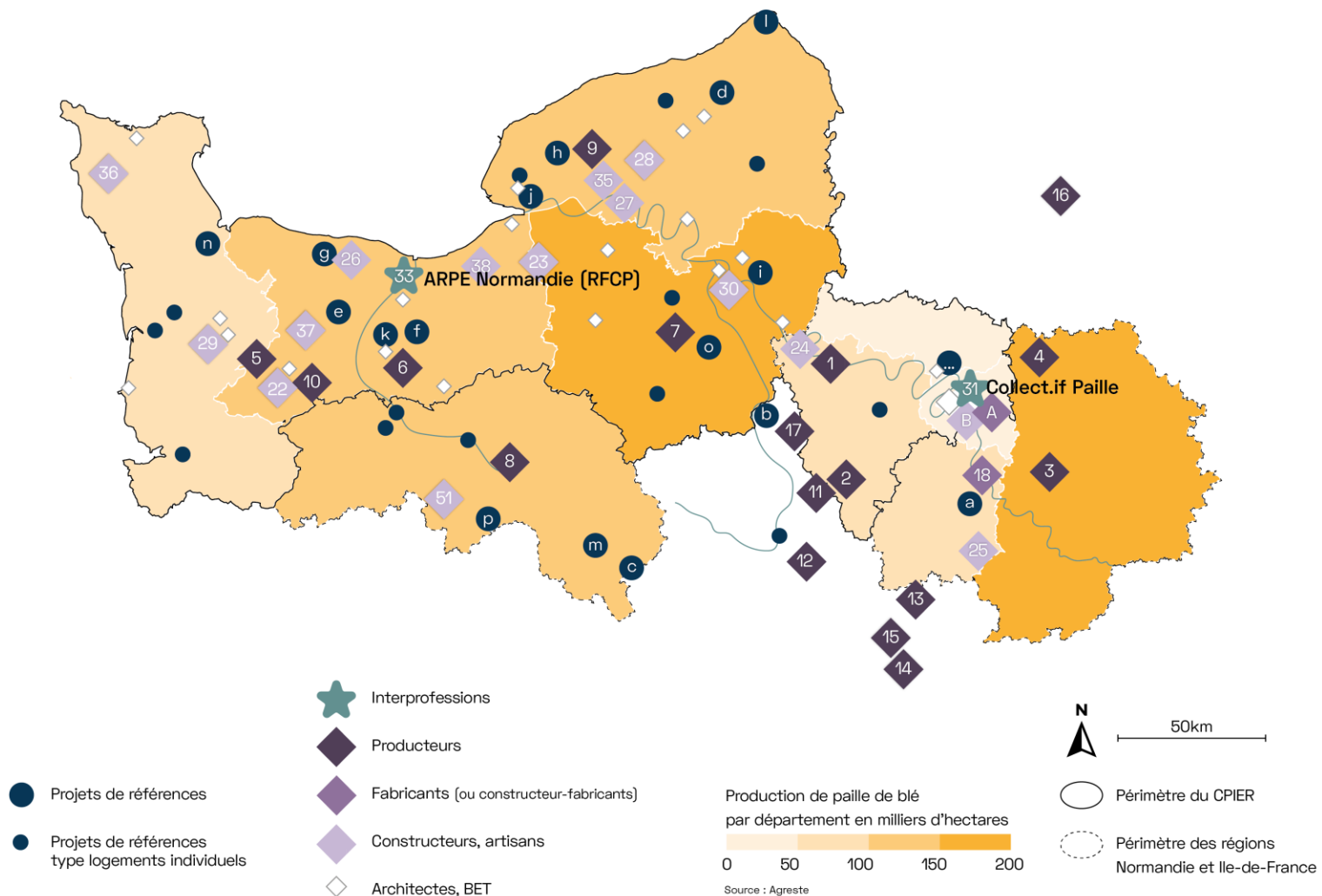
- Murs porteurs en bottes de paille
- Isolation thermique de murs et façades à ossature bois avec des bottes de pailles
- Isolation thermique de murs par l'extérieur avec des bottes de pailles
- **Paille hachée insufflée : isolation thermique en vrac de paroi à ossature bois**

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

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

# Aperçu de l'écosystème

## Une filière ancrée dans le territoire







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

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

# Paille

## Ressource

### Une agro-ressource abondante et dynamique



#### Données clés

##### Disponibilité

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

##### Quantités produites / transformées

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

##### Capacité annuelle de stockage

80-100% de la production selon cultures

##### Concurrences d'usage

Paillage / Alimentation animale / Energie

##### Adaptabilité au changement climatique

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

##### Coût des bottes de paille

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

#### Fournisseurs de matière première

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

#### Une agro-ressource abondante

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

#### Des céréales... aux pailles

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

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

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

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

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

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

#### Des pailles de plus en plus courtes

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

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

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

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

#### Exploiter les pailles biologiques ?

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

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

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

#### Le développement d'une filière paille

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

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

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

### Données clés

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

Fabricant industriel : 2

Fabricant semi-industriel (charpentier) : >20

Producteur (agriculteur) : >20

### Volume de production global

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

### Fabricants de matériaux

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

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

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

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

### Isolation des toitures

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

notamment l'été

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

### Un matériau local et durable

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

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

### Un matériau performant et vecteur de confort

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

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

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

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

# Paille

Système constructif #1

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



© Ville de Rosny-sous-Bois

### Applications constructives

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### Cadre technico-normatif à date

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

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

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

#### Données clés

##### Aire géographique d'approvisionnement

Rayon de 100 km

Pas de FDES

#### Synthèse du Cadre technico-normatif

##### Référentiels normatifs ou prénormatifs

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

##### Tests et essais performanciels

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





# Paille

Système constructif #2

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



© Ekopolis

### Données clés

Aire géographique d'approvisionnement :  
rayon de 100 km

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

Délais : environ 3 semaines selon  
disponibilité des stocks

FDES : 2 Collectives

### Synthèse du Cadre technico-normatif

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

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

### Applications constructives

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

#### Préfabrication en atelier

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

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

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

#### Coût concurrentiel

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

### Cadre technico-normatif à date

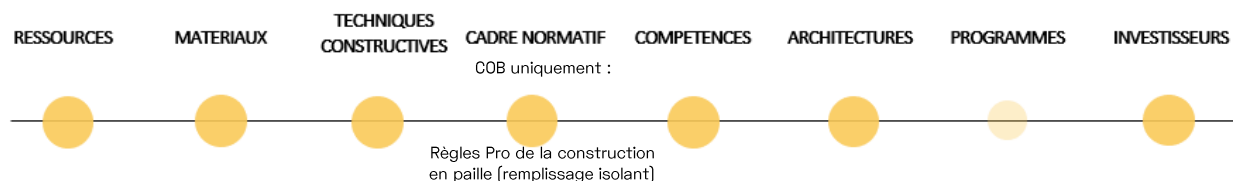
#### Isolation thermique de murs

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

#### Isolation thermique de façade

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

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



# Paille

Système constructif #2

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



© Ekopolis

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

# Paille

Système constructif #3

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



© David Madiot

### Données clés

#### Aire géographique d'approvisionnement

Rayon de 100 km

#### Délais

Env. 3 semaines (selon disponibilité des stocks)

#### Pas de FDES

### Synthèse du Cadre technico-normatif

#### Référentiels normatifs ou prénormatifs

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

#### Tests et essais performanciels

Voir le détail du Cadre technico-normatif.

### Applications constructives

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

#### Solutions constructives existantes

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

#### ITE épais

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

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

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

#### Rénovation des passoires énergétiques

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

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

Seine et Marne.

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

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

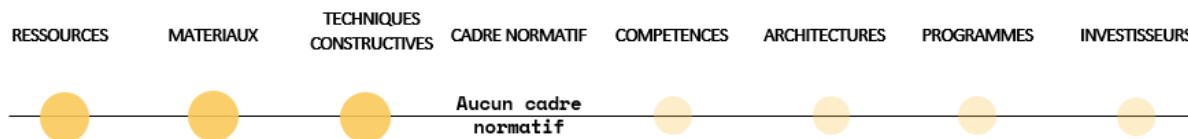
### Cadre technico-normatif à date

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

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

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

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



# Paille

Système constructif #4

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



@ ielo

### Données clés

#### Coût de fabrication

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

FDES : 1 Par défaut

### Synthèse du Cadre technico-normatif

#### Référentiels normatifs ou prénormatifs

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

#### Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

### Applications constructives

#### De la paille insufflée

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

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

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

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

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

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

### Cadre technico-normatif à date

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

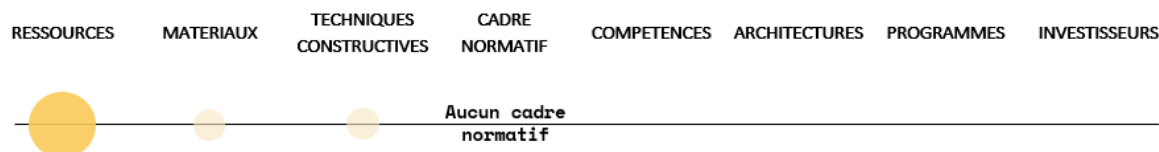
### Actualités, spécificités terrain constatées et perspectives d'évolution

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

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

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

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





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

### Historique de la filière

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

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

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

### Spécificités terrain constatées

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

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

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

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

### Actualités et perspectives de développement

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

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

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

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

#### **Mise à jour des FDES**

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

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

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

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

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

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



#### Normandie

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

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

Données Arpe Normandie

--

#### Ile-de-France

Nombre de personne Formés Pro Paille  
234 (depuis 2012)

40 / an :

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

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

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

Données RFCP

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

#### Des emplois locaux et qualifiés

Ressource abondante en Normandie et Ile de France et transformée sur le territoire inter-régional, la botte de paille contribue à l'économie locale. Elle vient en substitution de matériaux d'isolation produits hors de la Région Normandie/Ile de France. En amont, le pressage des andins en bottes de paille par les agriculteurs demande cependant un savoir-faire et un équipement spécifique, valorisé économiquement par les acteurs de la construction : une botte de paille conforme aux Règles Professionnelles est vendue plus chère qu'une botte de paille "standard".

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

#### Un enjeu de formation

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

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

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

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

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

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

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

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

#### Intelligence collective

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

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

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

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

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

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

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

## Architectures Références d'ERP

### Groupe scolaire Simone Veil (93)

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

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

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

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

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

### La Ferme du Rail (75)

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



Groupe scolaire Simone Veil @Juan Sepulveda



Centre de loisirs - Jacques Chirac



Groupe Scolaire - Les Boutours 2



La ferme du Rail @ Myr Muratet



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

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

### Groupe scolaire Louise Michel (92)

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

### Ecole Victor Schoelcher (93)

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

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

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



Ecole "Hessel - Zefirottes" de Montreuil (93)



Groupe scolaire Louise Michel (92)



Ecole Victor Schoelcher (93)



Restaurant universitaire Champlain, Poitiers (86)

### Cité scolaire de Tourny [27]

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



### Crèche "La Chaumière" [76]

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



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

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



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

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

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





### Logements sociaux (76)

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



Logements sociaux (76)

### Les Z'Ecobatisseurs (14)

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



Les Z'Ecobatisseurs (14)

### ITE Convention (75)

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

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

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



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



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



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

### Données clés

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

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

### Principales typologies

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

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

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

Les principales contraintes à anticiper sont :

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

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

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

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

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

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

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

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

### Maîtrises d'ouvrage impliquées

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

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

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

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

## Atouts

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

## Verrous

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

## Leviers d'action opérationnels

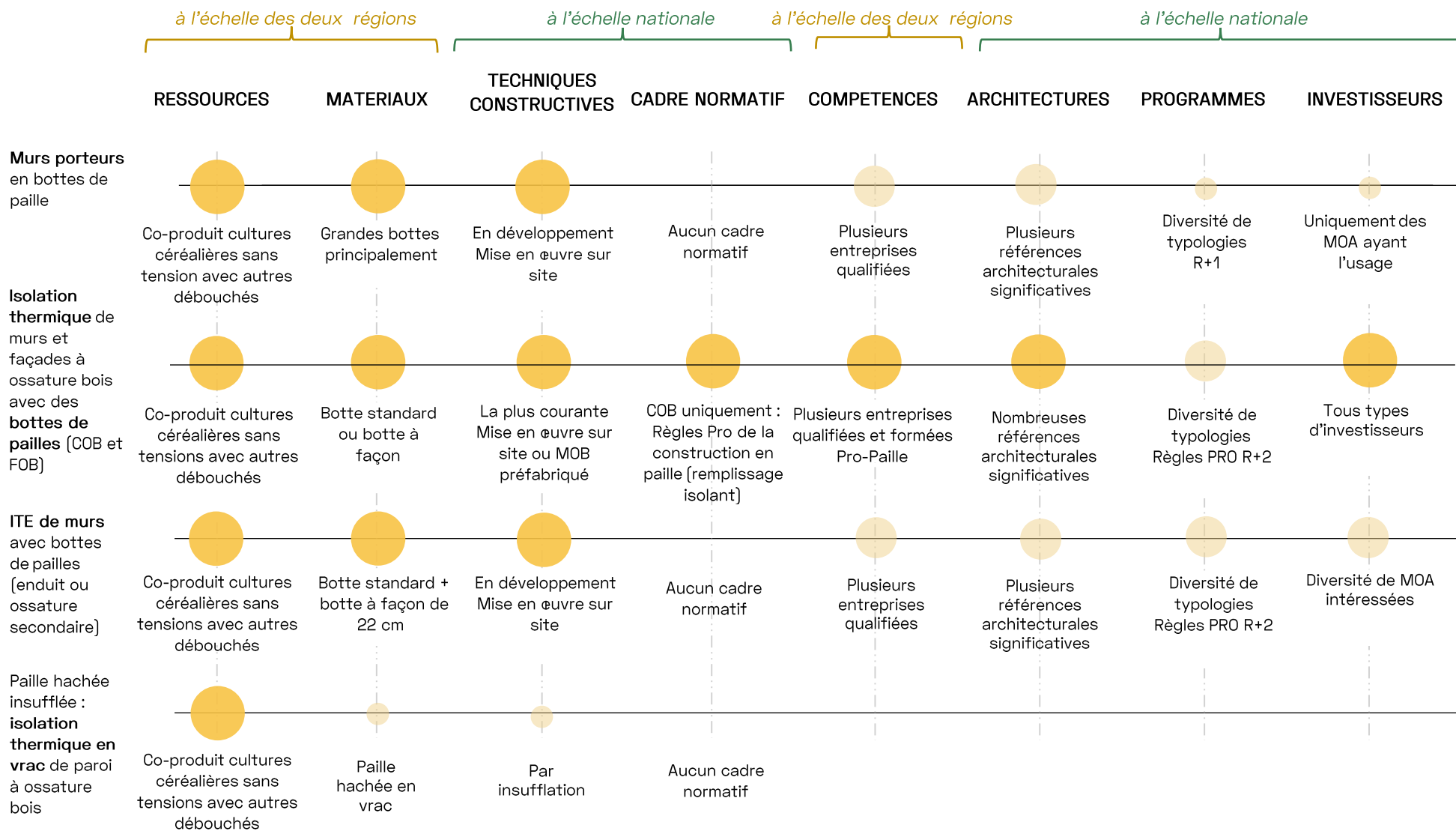
- Soutenir l'élargissement du corpus normatif pour intégrer les nouvelles techniques de construction paille ( ITE, paille hachée, FOB, hauteurs de bâti ...)
- Soutenir la réalisation d'ATEX de type A.
- Consolider l'aide financière pour le stockage auprès des agriculteurs et fabricants.
- Accompagner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

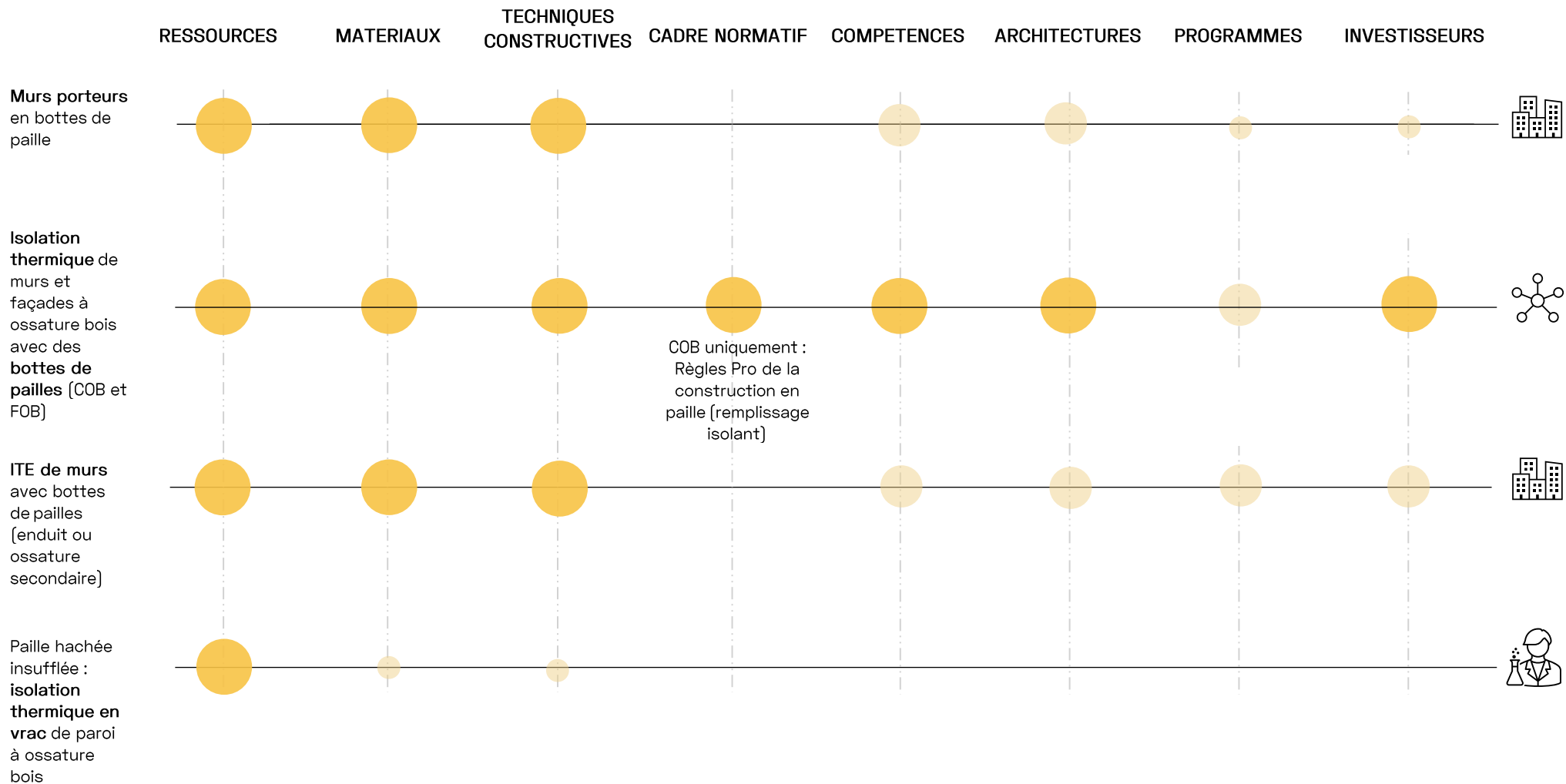
## Pistes de développement à long terme

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

# Paille

## Matrice de synthèse (+ texte)





### Entretiens

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

### Webinaire filière PAILLE : 19 mai 2022

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



**Bibliographie**

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

**Expertises techniques complémentaires identifiées**

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

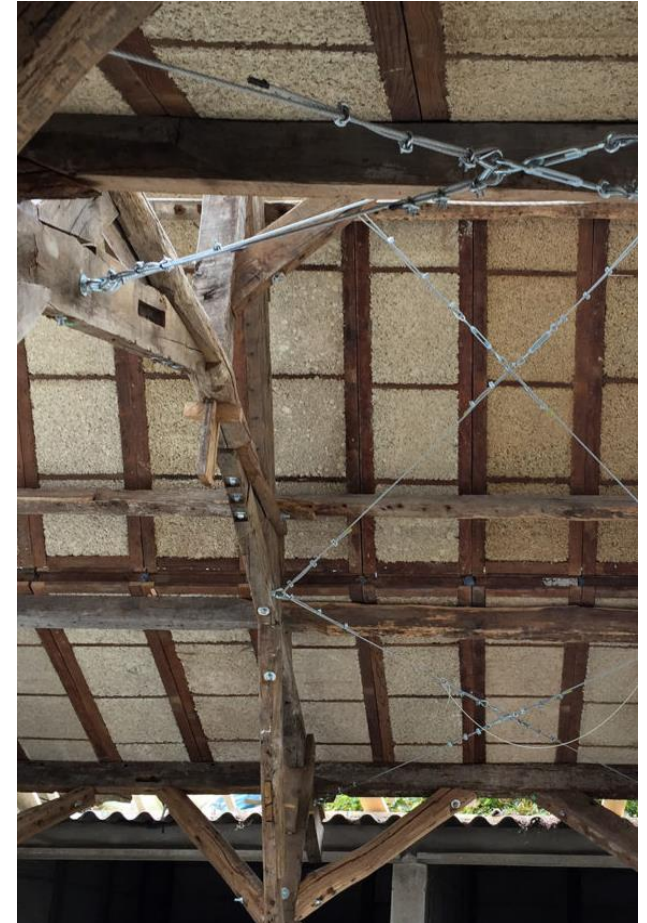
# 4. *Filière Chanvre*



© La Chanvrière



© La Chanvrière



© Topophile



## Synthèse filière 1/2

### La France : leader européen de la production de ce matériau innovant



© Planète Chanvre

#### Etat de la filière

##### **Une production agricole prête à suivre la demande**

La filière chanvre a le mérite d'être présente et active sur le territoire. Il y a actuellement suffisamment de paille disponible. Si la demande croît, les surfaces de culture pourront augmenter et les outils de production et de transformation sauront être mis en place.

##### **Une masse critique à atteindre pour les chanvrières**

Bien que quelques initiatives locales laissent place à une commercialisation du chanvre en circuit court, la grande majorité des surfaces font l'objet d'un contrat entre le producteur et un transformateur. Ces chanvrières traitent un volume de paille permettant une valorisation rentable de la ressource. Elles proposent à peu près toutes le même type de produits et les marchés qui donnent le plus de valeur ajoutée sont favorisés. Actuellement, le marché de la construction, en concurrence avec celui du paillage et des litières, a du mal à se développer et peut souffrir de délais de fourniture importants.

##### **Une valorisation de toutes les composantes de la plante**

Les graines sont utilisées dans l'alimentation humaine et animale. La tige du plant de chanvre, une fois rouie et séchée (la graine a déjà été récoltée), donne une paille de chanvre dont sont tirées de la fibre, issue de l'extérieur de la tige, et de la chènevotte, issue de l'intérieur de la tige :

- Environ 35% de la paille (en masse) est transformée en fibres, principalement destinées à l'isolation ;
- 55% de la paille est transformée en chènevotte dont les différents calibres vont permettre l'utilisation en béton de chanvre ou enduit de finition ;
- Les 10% restants correspondent à de la poussière de chanvre surtout utilisée en composite.

#### Perspectives de développement

##### **Des connaissances sur le matériau à approfondir**

Pour différentes raisons, les développements du chanvre concernant le secteur du bâtiment ont, en très grande partie, été démarrés en France, où ils continuent à être particulièrement dynamiques. Des acteurs et des financements sont à mobiliser pour faire encore avancer la recherche sur le béton de chanvre. Plusieurs axes d'étude apparaissent aujourd'hui comme stratégiques pour son développement : travail sur les FDES pour mieux valoriser le carbone biogénique, la fin de vie, quantification du gain en confort apporté par la forte inertie et la perspiration, affinement des conditions de hauteur limite de construction. Ces savoirs seraient des atouts dans la construction d'un argumentaire pour décider les MOA à mettre en œuvre du béton de chanvre dans leurs projets.

##### **Des opportunités en réhabilitation**

Le béton de chanvre est particulièrement performant lorsque mis en œuvre dans le bâti ancien, notamment en pierre et maçonnerie ancienne.

## Synthèse filière 2/2

### Diverses applications des produits issus du défibrage de la paille de chanvre



© Planète Chanvre

#### Les systèmes constructifs analysés

En bâtiment, le chanvre est utilisé pour ses qualités isolantes et ses propriétés hygrothermiques qui participent aux confort d'hiver et d'été. Il peut être mis en œuvre principalement :

- **Sous forme de béton ou de mortier de chanvre**, obtenus à partir de la chènevotte mélangée à un liant minéral généralement à base de chaux aérienne et hydraulique. C'est un matériel de construction isolant dans la masse qui peut former l'enveloppe d'un bâtiment. Les modes de mise en œuvre sont multiples : hourdage de blocs préfabriqués, remplissage et/ou projection, manuelle ou mécanique, sur une structure porteuse, généralement en bois ou encore par application d'un enduit isolant sur une surface maçonnée. On peut donc s'en servir pour la construction neuve ou en complément d'isolation lors de la rénovation;
- **En vrac**. Les fibres et la chènevotte peuvent être utilisées, servant surtout au remplissage d'alvéoles de structure de plancher ou de charpente en toiture;
- **Sous forme de laine**, réalisée à partir des fibres et commercialisée en rouleaux ou en panneaux semi-rigides. Utilisés aussi bien en construction neuve qu'en rénovation, ils peuvent se substituer aux autres isolants thermiques plus courants (laine de roche, de verre, etc.).

#### Béton ou mortier de chanvre

- ✓ Murs en maçonnerie en blocs de béton de chanvre à emboîtement
- ✓ Isolation de mur (entre ossature bois, intérieur en doublage) avec du béton de chanvre
- ✓ Isolation en béton de chanvre sous chape sèche ou humide

- ✓ Isolation en béton de chanvre de rampants de toiture
- ✓ Enduit mural int/ext en mortier de chanvre

#### Vrac

- ✓ Isolation thermique en vrac à base de fibres végétales

#### Laine

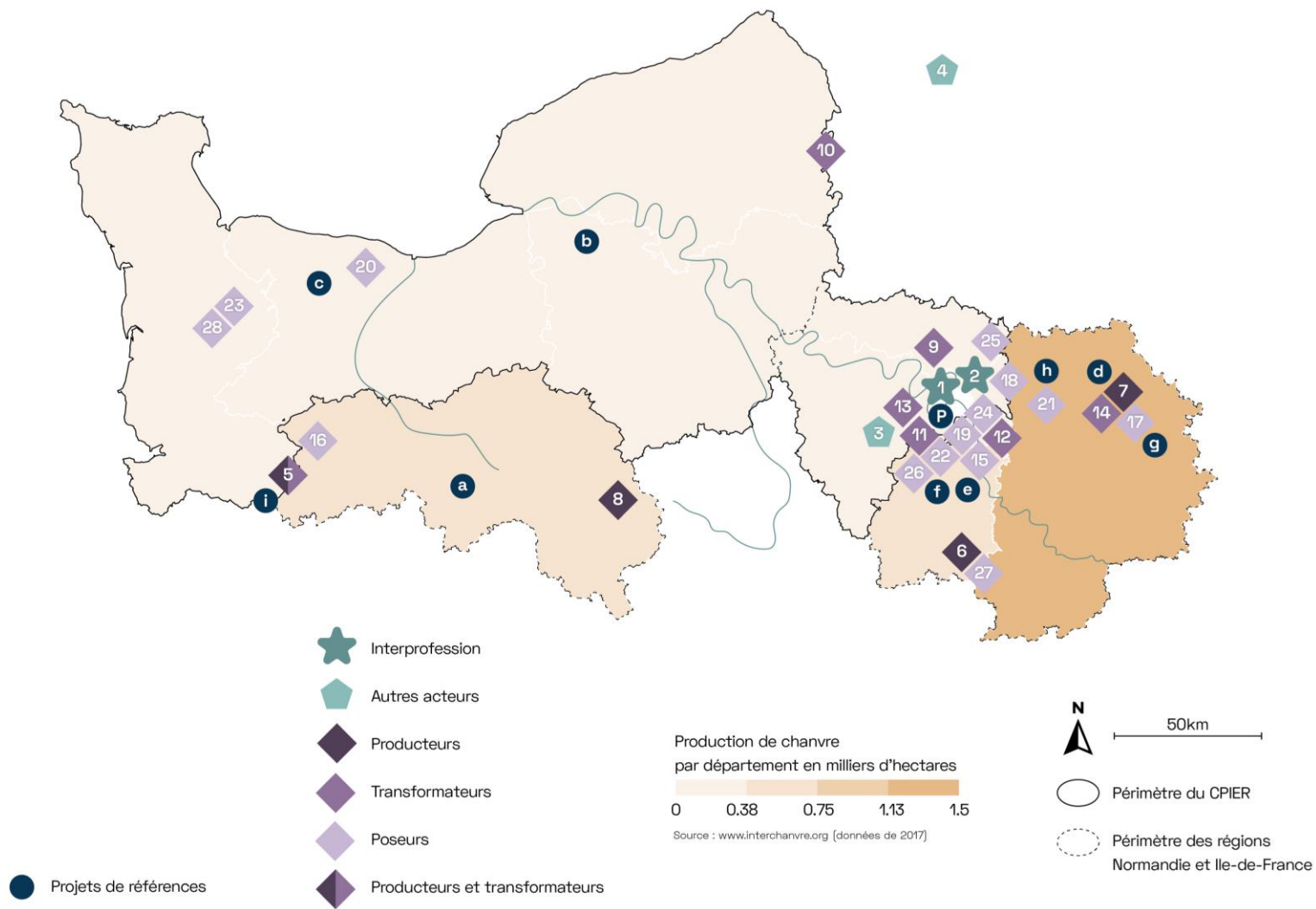
- ✓ Isolation thermique de mur par l'intérieur en panneau à base de fibres végétales
- ✓ Isolation thermique de combles perdus ou aménagés par l'intérieur en panneau à base de fibres végétales

Les procédés ci-dessous emploient également du chanvre mais en quantité plus marginale (se référer à la filière terre crue pour plus de précisions) :

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

## Aperçu de l'écosystème

Une filière inégalement représentée sur le territoire





1	Interchanvre	Paris	<a href="http://www.interchanvre.org/interchanvre">www.interchanvre.org/interchanvre</a>
2	Construire en Chanvre IDF	Paris	<a href="http://www.construire-en-chanvre.fr/missions">www.construire-en-chanvre.fr/missions</a>
3	CEREMA	Trappes	<a href="http://www.cerema.fr">www.cerema.fr</a>
5	Agrochanvre	Barenton	<a href="http://www.agrochanvre-ecoconstruction.com/">www.agrochanvre-ecoconstruction.com/</a>
6	Gâtichanvre	Prunay-sur-Essonne	<a href="http://www.gatichanvre.fr/">www.gatichanvre.fr/</a>
7	Planète chanvre	Aulnoy	<a href="http://www.planetechanvre.com/">www.planetechanvre.com/</a>
8	Eco-Pertica	Longny les Villages	<a href="http://www.ecopertica.com/">www.ecopertica.com/</a>
9	Plâtres Vieujot	Soisy sous Montmorency	<a href="http://www.vieujot.org/a-propos/">www.vieujot.org/a-propos/</a>
10	Carrelages de Saint Samson	Saint-Samson-la-Poterie	<a href="http://www.carrelages-de-st-samson.com/">www.carrelages-de-st-samson.com/</a>
11	Lafarge	Clamart	<a href="http://www.lafarge.fr/beton-de-chanvre-une-solution-biosourcee">www.lafarge.fr/beton-de-chanvre-une-solution-biosourcee</a>
12	BCB Tradical	Sucy-en-Brie	<a href="http://www.bcb-tradical.com/">www.bcb-tradical.com/</a>
13	Parexlanko	Issy-les-Moulinaux	<a href="http://www.parexlanko.com/produits/sheet/KIT%20CORPS%20D'ENDUIT%20CHANVRE%20810KG">www.parexlanko.com/produits/sheet/KIT%20CORPS%20D'ENDUIT%20CHANVRE%20810KG</a>
14	Wall'up Préfa	Aulnoy	<a href="http://www.wallup.fr/">www.wallup.fr/</a>
15	Meha	Valenton	<a href="http://www.meha.fr/">www.meha.fr/</a>
16	PiOeuvre	Chanu	<a href="http://www.pioeuvre.fr/">www.pioeuvre.fr/</a>
17	Burin Penet	Boissy le Châtel	<a href="http://www.burin-penet.fr/">www.burin-penet.fr/</a>
18	Agexea Agexis	Rosny-sous-bois	<a href="http://www.agexea.com/">www.agexea.com/</a>
19	Akta - BVP	Chevilly Larue	<a href="http://www.akta-bvp.com/">www.akta-bvp.com/</a>
20	Batir en terre	Basly	<a href="http://www.batirenterre.fr/">www.batirenterre.fr/</a>
21	JR bat	Torcy	<a href="http://www.jrbat.fr/">www.jrbat.fr/</a>
22	SMB - Sheta Maintenance bâtiment	Antony	<a href="http://www.smb-site.fr/">www.smb-site.fr/</a>
23	Enerterre	Saint-Lô	<a href="http://www.enerterre.fr/">www.enerterre.fr/</a>
24	Maître Cube	Paris	<a href="http://www.maitrecube.fr/">www.maitrecube.fr/</a>
25	Alter-Bâtir	Paris	www.-
26	Aux Charpentiers de France	Villebon-sur-Yvette	<a href="http://www.charpentiersdefrance.com/">www.charpentiersdefrance.com/</a>
27	Créaboïs 91	Prunay-sur-Essonne	<a href="http://www.creaboïs91.fr/">www.creaboïs91.fr/</a>
28	Les Chantiers de Demain	Canisy	<a href="http://www.leschantiersdedemain.fr/">www.leschantiersdedemain.fr/</a>

## Acteurs hors-carte

Amaco	Villefontaine	<a href="http://www.amaco.org/">www.amaco.org/</a>
Chanvre Mellois	Melleran	<a href="http://www.chanvre-mellois.com/">www.chanvre-mellois.com/</a>
Eurochanvre	Arc-lès-Gray	<a href="http://www.eurochanvre.eu/">www.eurochanvre.eu/</a>
La Chanvrière de l'Aube	Saint Lye	<a href="http://www.lachanvriere.com/">www.lachanvriere.com/</a>
Cavac biomatériaux	Saint Gemme La Plaine	<a href="http://www.cavac-biomateriaux.com/">www.cavac-biomateriaux.com/</a>
Terrachanvre	Quistinic	<a href="http://www.terrachanvre.fr/">www.terrachanvre.fr/</a>
PoitouChanvre	Melle	<a href="http://www.poitou-chanvre.com/">www.poitou-chanvre.com/</a>
Vieille matériaux	Etalans	<a href="http://www.vieille-materiaux.com/">www.vieille-materiaux.com/</a>
LB EcoHabitat	Bédée	<a href="http://www.lbecohabitat.fr/">www.lbecohabitat.fr/</a>
Batilibre	Haguenau	<a href="http://www.batilibre.com/">www.batilibre.com/</a>

Cette liste n'a pas vocation à être exhaustive. Pour plus de précisions sur les acteurs cités ou compléments, voir les sites d'[Ekopolis](http://www.ekopolis.com) et de [l'ARPE Normandie](http://www.arpe-normandie.org) et en particulier la cartographie dédiée au chanvre mise en place sur le site de l'ARPE Normandie à la demande de l'Agence de l'Eau : <https://arpenormandie.org/developpement-des-filieres/le-chanvre/>

a	Ancien relais de chasse du boulai pi œuvre	Orne (61)
b	Maison normande à colombages AKTA	Eure (27)
c	Abbaye de Juay Mondaye AKTA	Juay-Mondaye (14)
d	45 logements sociaux à Trilport	Trilport (77)
e	Gymnase	Vitry-sur-Seine (94)
f	Groupe scolaire	Chatenay Malabry (92)
g	La maison des enfants	La Ferté-Gaucher (77)
h	Collège	Montévrain (77)
i	Réhabilitation du groupe scolaire Camille Claudel	Buais-les-Monts (50)
p	Immeuble de logements rue de la Huchette	Paris (75)
p	15 logements en béton de chanvre	Paris (75)
	BDO pôle multi-services	Mur-de-Barrez (12)
	Société Triballat II	Noyal-sur-Vilaine (35)

Cette liste n'a pas vocation à être exhaustive. Pour plus de précisions sur les acteurs cités ou compléments, voir les sites d'[Ekopolis](#) et de [l'ARPE Normandie](#) et en particulier la cartographie dédiée au chanvre mise en place sur le site de l'ARPE Normandie à la demande de l'Agence de l'Eau : <https://arpenormandie.org/developpement-des-filieres/le-chanvre/>

## Ressource 1/2

### Une culture qui a la cote avec de nombreux débouchés

**Une ressource peu disponible le long de la Vallée de la Seine**

Deuxième pays mondial dans la production de chanvre, la France est également le principal pays européen producteur. Par exemple, sur l'année 2020, ce sont 17 236 hectares de chanvre qui ont été cultivés en France (source : Agreste - statistique agricole annuelle 2020).

La région leader française pour la production du chanvre est la région Grand Est avec environ 71 % des surfaces.

La région Normandie et la région Ile-de-France représentent chacune seulement 1% environ des surfaces cultivées de chanvre à l'échelle nationale.

#### Une agro-ressources quasi zéro produit phytosanitaire pour les semences non biologiques

Le chanvre est une bonne tête de rotation, il utilise très peu d'intrants (aucun produit phytosanitaire tels que les herbicides, fongicides, ou insecticides). Seul un traitement sur les graines non biologiques avant la semence est réalisé.

Au sein de l'Union Européenne, seules les variétés dosant moins de 0,2% de THC sont autorisées à la culture. Les semences utilisées doivent donc être obligatoirement certifiées et inscrites au catalogue européen. Ainsi elles sont achetées via la coopérative "Hemp-It" qui est la seule entreprise en France désignée par les textes Européens et agréée pour la fourniture de semences de chanvre industriel.

#### Le chanvre, une plante à fibres

La plante est semée de début avril à début mai. Lorsque les graines appelées chènevis arrivent à maturité au mois d'août, les moissonneuses entrent en action pour récolter en un passage les tiges et la graine. Lors de la récolte du chanvre, on laisse les tiges sécher afin qu'elles rouissent au soleil directement au champ. Une fermentation fongique permet le décollement de la couronne fibreuse du bois central, facilitant le défibrage. Après quelques semaines au sol, les presses réalisent des ballots de 400 kg avec les tiges de chanvre. Ces ballots seront ensuite acheminés à l'usine. Les tiges y sont défibrées mécaniquement et l'on obtient deux coproduits de l'industrie textile, ou alimentaire : la chènevotte et la fibre. Pour un hectare cultivé sont obtenus environ 1 tonne de chènevis et 7 tonnes de paille (source : InterChanvre).



@ Vegetal(e)

#### Données clés

##### Disponibilité

20 800 tonnes/an (brutes)

##### Quantités produites / transformées

~ 18 500 tonnes/an (paille) en France (2020)

##### Capacité annuelle de stockage

100% de la production

##### Concurrences d'usage

Paillage / Litière animale / Textile / Papeterie / Alimentaire / Cosmétique & Pharmaceutique

##### Adaptabilité au changement climatique

Moyenne

#### Fournisseurs de matière première

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

#### Des concurrences d'usage multiples

Il existe naturellement deux types de chanvre : le chanvre oléagineux et le chanvre textile, cultivés pour des objectifs différents.

- Les graines du chanvre oléagineux sont utilisées pour produire de l'huile. Cette huile de chènevis trouve parfois des applications en cosmétique. La graine oléagineuse du chanvre est aussi utilisée dans l'alimentation animale (oiseaux et appâts pour la pêche). Par ailleurs le marché de l'alimentation humaine est prometteur.
- Les fibres du chanvre textile quant à elles sont utilisées pour réaliser de l'habillement, du papier. Les fibres sont aussi utilisées pour la confection d'isolant, de bioplastiques, de textile non tissé thermocompressé et de mortier. La culture du chanvre oléagineux est très minoritaire par rapport à celle textile.

Actuellement, pour une grande majorité, ce sont les mêmes variétés qui sont utilisées pour la production de paille et celle de chènevis. Ainsi, dans une culture, l'ensemble de la plante est valorisé. Par ailleurs, le chanvre est une espèce dioïque à l'état naturel (fleurs mâles et fleurs femelles fleurissent sur des pieds distincts). Pour des questions de productivité, la sélection s'est attachée à obtenir des variétés monoïques : fleurs mâles et fleurs femelles sont sur le même pied. Les principales variétés cultivées en France sont aujourd'hui monoïques.

- La chènevotte est utilisée pour réaliser des enduits, des mortiers, des bétons, du papier, du paillage horticole et de la litière animale. En l'espace de 20 ans la chènevotte est passée du statut de déchet à celui de coproduit, tant et si bien que les principales chanvrières proposent un produit labellisé "chènevotte bâtiment" (plus de précisions à ce sujet dans la section matériaux).
- Par ailleurs la poussière, qui est réellement le coproduit de cette industrie, peut être utilisée en composite, comme amendement organique ou comme litière pour les bovins. Elle est aussi employée en compost ou en méthanisation. Compressée, elle peut servir de combustible dans les chaudières industrielles.

## **Ressource 2/2**

### *Une culture rémunératrice sous réserve de débouchés*

#### **Le stockage, une étape délicate**

Le stockage est une étape délicate, puisque la paille doit sécher en botte après la récolte. Elle doit rester à l'abri des intempéries et isolée de l'humidité du sol. Les balles de chanvre sont généralement entreposées après la récolte sous un hangar, chez l'agriculteur. De l'espace est à prévoir pour stocker les récoltes de chanvre.

A la récolte, le taux d'humidité du chènevis est souvent supérieur à 15 %. Compte-tenu de sa composition en acides gras, et afin d'éviter tout échauffement et l'altération de sa qualité, il doit être rapidement nettoyé et séché pour atteindre un taux d'humidité compris entre 8 et 10 % dans les 6 à 12 heures qui suivent sa récolte. Un silo sur le site de la chanvrière est habituellement dédié à son stockage.

#### **Une durabilité qui perdure grâce au respect des bonnes pratiques agricoles**

Les cultures de chanvre françaises ont un respect des bonnes pratiques agricoles, grâce au label "Chènevis français". Ce label repose sur une charte qui interdit l'utilisation de traitement phyto sanitaire, l'utilisation d'organismes génétiquement modifiés et l'irrigation des cultures. Ainsi, les différents procédés de transformation sont tous mécaniques et ne nécessitent aucun traitement chimique.



@ Vegetal(e)



@ Gatichanvre

## Données clés

### Sites de transformation :

2 chanvrières en IdF + 1 chanvrière en Normandie + 1 autre plus petite unité en Normandie (Ecopertica)

**Volume de production global, CPIER**  
4 600 tonnes/an (fibres)

8 300 tonnes/an (chênevotte)

**Volume moyen par producteur, CPIER**  
1 500 tonnes/an (fibres)

2 800 tonnes/an (chênevotte)

Données issues des entretiens

## Fabricants de matériaux

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

### La filière de production du chanvre industriel : des procédés variés à adapter au bâtiment

Les chaînes de 1<sup>ère</sup> transformation actuellement en service en France sont de dimensions et natures variées et tous les outils ne permettent pas de répondre à tous les marchés. Pour les utilisations chanvre dans le bâtiment, les chanvrières doivent, entre autres, afin de garantir les performances des matériaux finis, pouvoir fournir des matières premières présentant des caractéristiques maîtrisées et stables. Après la 1<sup>ère</sup> transformation les coproduits peuvent être utilisés directement (ex. des granulats pour la confection de bétons de chanvre), ou subir d'autres transformations pour obtenir des produits plus élaborés.

### Une chènevotte calibrée

Pour les mortiers et bétons de chanvre, ces caractéristiques sont garanties par le label Granulats Chanvre Construction. La chènevotte doit ainsi se conformer aux exigences suivantes :

- 100% de la matière doit être composée de chanvre pur
- Variation maximale annuelle de +/-15% de la masse volumique apparente du produit fini
- Suivi et stabilité de la granulométrie
- Taux d'humidité de la paille <19%
- Taux de poussière <2% de passant au tamis 0,25
- Moins de 5% de particules non conformes en couleur

En investissant dans un outil adapté, la grande majorité des producteurs proposent aujourd'hui une chènevotte conforme.

### Des matériaux normés et un bon comportement au feu

Certains matériaux à base de chanvre sont sous avis techniques ou agréments européens (laines isolantes, vrac...), tandis que d'autres (par exemple les bétons) bénéficient de Règles professionnelles acceptées par le C2P de l'Agence Qualité Construction.

Ses qualités de résistance au feu font du béton de chanvre un matériau qui peut également être utilisé pour des bâtiments plus importants (logements collectifs, bâtiments tertiaires, ERP, etc...) en association avec une structure béton, bois ou bois/béton.

### Matériau non émetteur de COV et EGES

Le couple chaux/chanvre est un matériau non émetteur de COV. L'absence de recours aux fongicide, insecticide et herbicide dans la culture du chanvre a une influence directe sur la qualité de l'air intérieur des logements.

Matériau à croissance rapide, le chanvre a un fort potentiel de stockage carbone (périodes de rotation courte). Cette capacité de stockage augmente lorsqu'il est utilisé comme isolant épais pour les murs extérieurs, en raison de l'absorption rapide de CO<sub>2</sub> dans les champs de culture. Un hectare de chanvre capte, avant sa maturité, autant de CO<sub>2</sub> qu'1 ha de forêt, soit 15 tonnes. Par ailleurs 1 m<sup>2</sup> de mur en béton de chanvre emmagasine 35 kg d'équivalent CO<sub>2</sub> sur 100 ans (source Terres Inovia).

### Liants utilisés pour bétons ou mortiers de chanvre

La diversité des produits utilisables pour construire en chanvre implique des caractéristiques distinctes propres à chaque béton et mortier. Le liant doit être adapté à la fois à la mise en œuvre et aux caractéristiques intrinsèques du granulat, et il est primordial d'utiliser les quantités d'eau recommandées. Trop ou pas assez d'eau risquerait de diminuer la résistance mécanique du béton. Ainsi, en parallèle de la mise en œuvre d'une chènevotte conforme au référentiel du label, il est nécessaire que le couple liant/granulat soit validé par un laboratoire en respectant les valeurs seuils de performances mécaniques. Parmi les paramètres variables, on peut citer la résistance mécanique à la compression (minimum 0,2 MPa à 60/90 jours) et le module d'élasticité. La liste des couples liant/granulat validés est disponible auprès de CenC. Il existe plusieurs produits sur le marché à base de chaux aérienne, de chaux ayant des propriétés plus ou moins hydrauliques, de ciment prompt naturel. Les chaux aériennes apportent une capillarité intéressante pour le béton de chanvre mais peuvent difficilement être utilisées seules.

### Confort hygrothermique

Régulateur d'hygrométrie, le béton de chanvre, par ses propriétés hygroscopiques, régule le taux d'humidité dans l'air. La paroi perspirante laisse transiter la vapeur d'eau dans le mur et joue un rôle important dans le confort autant en hiver qu'en été. C'est une paroi dynamique qui fonctionne naturellement par changement de phase : augmentation de la température de paroi l'hiver, et baisse l'été grâce à la chaleur latente de changement d'état de la vapeur d'eau dans le mur. Le chanvre modifie la température de paroi, ce qui affecte positivement la perception du confort intérieur.



# Chanvre

Système constructif #1



© Biosys

## Données clés

### Coût de fabrication

33-100€ / m<sup>2</sup> (fourniture)

### Délais

30m<sup>2</sup>/jour à 2 compagnons, structure comprise.

FDES : 3 Par défaut, 1 Individuelle (hors territoire)

## Synthèse du Cadre technico-normatif

### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- Avis Technique 16/20-781\_V1 du BIOSYS

### Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

# Murs maçonnerie en blocs de béton de chanvre à emboîtement 1/2

## Populariser le biosourcé, avec des limites

## Applications constructives

### Un matériau sain pour un procédé aisé

Le bloc de béton de chanvre se présente comme un substitut sain et écologique au bloc de béton de granulat ou de terre cuite couramment utilisé pour la construction de maison individuelle. Il a les mêmes dispositions générales, mais a quelques avantages sur le plan de la mise en œuvre, comme sa légèreté et sa pose par emboîtement sans mortier. Ainsi, il est tout à fait apte à être approprié par les entreprises de maçonnerie traditionnelles, dans des constructions courantes.

### Du béton de chanvre mis en œuvre sec

Les blocs de béton de chanvre ont l'avantage de fournir un isolant support sans délai de séchage. Ces blocs sont parfois utilisés en ITI.

### Des perspectives de développement, mais pas forcément d'élargissement à une diversité de typologies

Le marché de la maison individuelle est porteur et le coût des blocs de chanvre est relativement compétitif face aux blocs conventionnels. De plus, vis-à-vis d'un MOB avec remplissage béton de chanvre, le prix du système est attractif. En revanche, sa faible capacité portante limite son emploi à des bâtiments en R+1 maximum avec toiture légère.

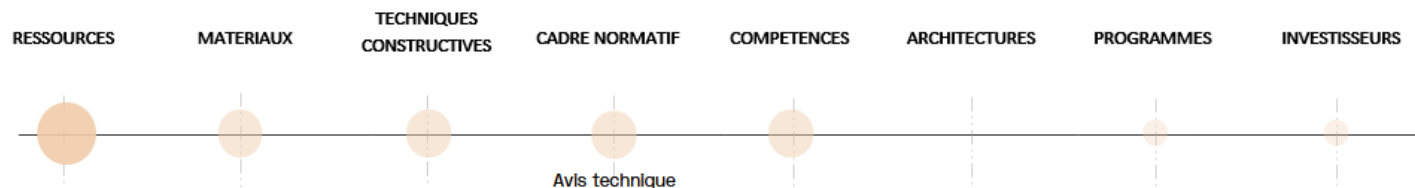
### Une technique économique avec ses contreparties

Par ailleurs, si la FDES du bloc démontre un bon bilan carbone, le dispositif Biosys reste tributaire d'un chaînage vertical et horizontal en béton armé. De plus, ces chaînages réguliers créent des ponts thermiques qui, une fois pris en compte, donnent à la paroi une résistance thermique de  $R_{\text{Biosys}}=3,8\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ . Le nombre de poteaux peut être diminué si l'étude structure le permet et on peut

atteindre au mieux un  $R_{\text{Biosys}}=4,21\text{m}^2\text{K}/\text{W}$  si l'on enlève tous les poteaux (idéal mais impossible). A noter aussi que le liant utilisé dans la confection des Biosys, Bio Prompt, est à base de ciment naturel prompt. Ces liants fonctionnent par mouillage de la chènevotte et n'apportent pas les mêmes caractéristiques que les liants à base de chaux aérienne.

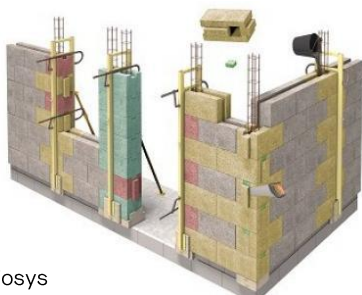
$$\rho = 320-420 \text{ kg/m}^3$$

$$\lambda = 0,07 \text{ W/(m.K)}$$



# Chanvre

Système constructif #1



© Biosys

## Murs maçonnerie en blocs de béton de chanvre à emboîtement 2/2

*Populariser le biosourcé, avec des limites*

### Cadre technico-normatif à date

A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel technique traditionnel visant ce procédé, mais il existe un Avis Technique (ATec) sur liste verte de la C2P pour le procédé de blocs de chanvre à emboîtement BIOSYS, enregistré sous le numéro 16/20-781\_V1, auprès du CSTB.

Dans la mesure où tous les points de cet Avis technique sont respectés, ce procédé peut être reconnu en technique courante.

Ce procédé vise les murs en maçonnerie en bloc de béton de chanvre à emboîtement, associés à une structure porteuse en béton armée de type poteau-poutre coulé dans des blocs spécifiques prévus à cet effet.

Ce procédé est destiné à la réalisation de bâtiments à usage courant au sens du DTU 20.1 à destination de bâtiments d'habitation de 1ère et de 2ème famille, de bâtiments relevant du Code du Travail et d'Établissements Recevant du Public dans la limite de construction R+1 (hauteur d'étage ≤ 3,00 m) avec toiture légère.

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

#### Autres marques

Bien que non décrite dans les règles professionnelles, la mise en œuvre par maçonnerie de blocs en béton de chanvre préfabriqués se développe depuis plusieurs années. Vicat possède un Atec pour son système Biosys mais ce n'est pas le seul fabricant. Il y a également Chanvribloc en France et IsoHemp en Belgique. Les produits Agglochanvre et Multichanvre ne se situent pas à la même échelle d'industrialisation. L'ensemble de ces acteurs peut continuer à avancer vers la normalisation.

#### Développer des produits locaux ?

La perspective de développement pour les régions Normandie et Île-de-France pourrait être de réaliser un procédé équivalent en matériaux locaux, en faisant reconnaître celui-ci par une ATEc de cas A favorable, pour en permettre son emploi.

#### Vers des solutions de plus en plus vertueuses ?

Comme évoqué, la maçonnerie en blocs de béton de chanvre dépend parfois d'une structure béton. Cela désavantage le procédé d'un point de vue carbone et thermique. Peut-être pourrait-il être adapté à davantage d'options constructives, comme un remplissage d'ossature bois. Cela représente une opportunité pour continuer à expérimenter sur la complémentarité bois / chanvre.

# Chanvre

Système constructif #2

## Isolation de mur (entre ossature bois, intérieur en doublage) en béton de chanvre 1/2 Mise en œuvre simple d'un matériau complexe



@ LB Eco Habitat

### Applications constructives

#### Le béton de chanvre, caractéristiques d'emploi

Le béton de chanvre est obtenu par le mélange homogène de chènevotte (tige du chanvre), d'un liant (souvent de la chaux), et d'eau de gâchage. En mise en œuvre manuelle, le mélange est confectionné à la bétonnière ou au malaxeur directement sur chantier. Ensuite, ce béton peut isoler un MOB, donc être banché entre panneaux par couches successives. Il peut aussi être mis en œuvre mécaniquement à l'aide de machines qui permettent de projeter sous pression le béton de chanvre sur une surface verticale ou de le déverser sur des surfaces obliques ou entre des banches. Il peut aussi servir en doublage intérieur, ce qui ne nécessite une ossature qu'au-delà d'une certaine épaisseur.

#### Un temps de séchage à prendre en compte

Le séchage du matériau est à considérer dans le phasage du chantier. Pour un mur neuf de 30 cm d'épaisseur on compte environ 8 semaines en projection contre 12 semaines en application manuelle. On parle également de 2cm par semaine pour le mur neuf et d'1cm par semaine dans le cas d'un doublage, mais il ne s'agit pas d'attendre un séchage complet pour poser les finitions car un séchage superficiel sur plusieurs centimètres de profondeur suffit. De plus le temps de séchage dépend de plusieurs paramètres (climat, géométrie, ventilation, support, produits, mise en œuvre, finitions). Quoiqu'il en soit un ouvrage en béton de chanvre nécessitera de nombreux mois avant de complètement sécher à cœur et ce n'est qu'un an après réception de l'ouvrage que l'on profitera pleinement des qualités hygrothermiques du béton de chanvre.

#### L'option de la préfabrication

Le matériau est également compatible avec la préfabrication, dans le respect des Règles Professionnelles. Au-delà d'offrir des pistes d'optimisation de coût, cette mise en œuvre facilite le chantier, elle permet de mieux maîtriser la qualité du matériau en usine. Les réseaux peuvent être intégrés à la conception. La pose requiert toutefois une attention particulière : levage et étanchéité à l'air demeurent des points de vigilance.

#### Des finitions pour garantir la perspiration de la paroi

Le béton de chanvre est un isolant, qui a en plus des propriétés de régulations hygrométriques et d'inertie. Il convient donc de l'employer dans le respect de ses propriétés perspirantes. La nature du revêtement, son épaisseur et son application peuvent influencer le pouvoir tampon hydrique de la paroi. Ainsi le matériau peut être recouvert par un enduit ou par une plaque de parement. Les avantages de l'enduit sont multiples en termes de confort thermique mais il nécessite d'anticiper le passage des réseaux et la fixation de charges lourdes.

$\rho$ Tradical THERMO = 280 kg/m<sup>3</sup>  
 $\lambda$ Tradical THERMO = 0,076 W/(m.K)

#### Données clés

##### Coût de fabrication

550€ / m<sup>3</sup> (fourniture + pose béton de chanvre uniquement)

FDES : 1 Par défaut, 1 Collective, 1 Individuelle

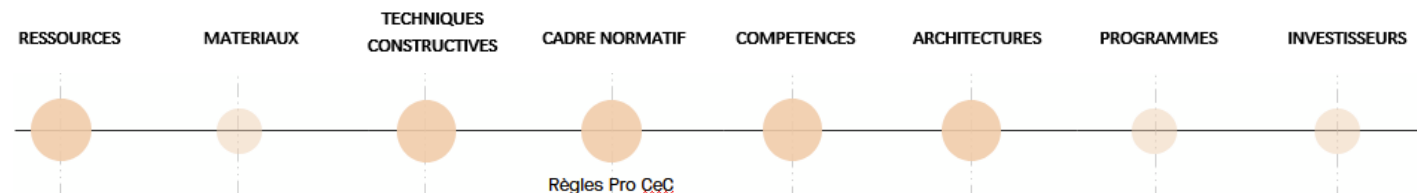
#### Synthèse du Cadre technico-normatif

##### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- Règles professionnelles « Exécution d'ouvrages en bétons de chanvre : Mur en béton de chanvre, isolation de sol en béton de chanvre, isolation de toiture en béton de chanvre, enduits en mortiers de chanvre » accepté par la C2P avec suivi du retour d'expérience RP-B

##### Tests et essais performanciers

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.



# Chanvre

Système constructif #2

## *Isolation de mur (entre ossature bois, intérieur en doublage) en béton de chanvre 2/2* *Mise en œuvre simple d'un matériau complexe*



@ LB Eco Habitat

### Cadre technico-normatif à date

A la date de réalisation du sourçage, il existe des règles professionnelles « Exécution d'ouvrages en béton de chanvre : Mur en béton de chanvre, isolation de sol en béton de chanvre, isolation de toiture en béton de chanvre, enduits en mortiers de chanvre », acceptées par la C2P avec un suivi du retour d'expérience (RP-B).

Ces règles regroupent quatre procédés en béton de chanvre dont le procédé d'isolation de mur avec du béton de chanvre.

Ainsi, dans la mesure où le référentiel est respecté en tous points, le présent procédé est reconnu en technique courante, associé à un suivi du retour d'expérience de l'Agence Qualité Construction.

Pour rappel, ces règles professionnelles visent l'isolation de mur en remplissage entre ossature, en doublage de paroi verticale ou de cloisons de distributions. Elles visent les murs des locaux de type EA, EB, EB+ privatif à faible ou moyenne hygrométrie, pour la rénovation ou construction neuve.

Les types de bâtiments visés sont les logements jusqu'à R+2+combles et les établissements recevant du public de 5ème catégorie dont la hauteur est limitée à R+2.

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

#### Rachat de Tradical

Depuis le 1er mai 2022, Saint-Gobain Weber France est devenu le canal exclusif de vente pour le marché français de la gamme Tradical® et des autres liants à base de chaux aérienne. Jusqu'à présent cette offre était couverte par BCB, filiale du groupe belge producteur de chaux Lhoist. BCB Tradical a participé au développement de la filière à travers ses recherches. La chaux aérienne utilisée fait notamment la notoriété de la marque.

L'expertise de Saint-Gobain apporte de nouvelles perspectives pour développer encore cette gamme de produits. L'entreprise offre également au chanvre l'opportunité de gagner en visibilité.

#### Béton de chanvre et réglementation environnementale

Il s'agit en réalité d'un sujet commun aux bio et géo-sourcés : de manière générale les certifications et calculs réglementaires ne prennent pas en compte toutes les caractéristiques de ces systèmes constructifs (déphasage, régulation de l'humidité). Pourtant les ouvrages bio et géo-sourcés sont plus performants que les valeurs montrées par les moteurs de calculs. Le béton de chanvre ne fait pas exception. La réglementation thermique met d'ailleurs à disposition une procédure appelée Titre V spécifiant la possibilité d'ajouter ce type d'avantage au calcul. Cependant, un Titre V représente un lourd investissement financier et en temps. De plus la modélisation d'une paroi en béton de chanvre et la simulation d'un bâtiment complet restent complexes. Bien que la physique des phénomènes mis en jeu à l'échelle du béton de chanvre soit aujourd'hui connue et maîtrisée, leur traduction en termes d'économies d'énergie constitue un verrou scientifique assez difficile à lever. L'évolution de la RT 2012 vers la RE2020 ne présage pas de simplification de cette procédure.

#### Appréciation de laboratoire

Le programme d'étude du comportement au feu des parois de béton de chanvre, mené en étroite collaboration par le CERIB et Construire en Chanvre pendant trois ans a conduit à l'établissement et la parution de l'AL (Appréciation de laboratoire) n°026090 visant la « Justification de la conformité d'une façade à ossature bois remplie de béton de chanvre projeté ou banché et recouvert côté extérieur d'un enduit chaux/sable » vis-à-vis du risque de propagation du feu par la façade conforme à la réglementation incendie applicable. Cette AL s'appuie notamment sur un essai LEPIR II concluant qui a été réalisé au CERIB en octobre 2020. Ces documents sont disponibles sur le site de Construire en Chanvre.



# Chanvre

Système constructif #3

## Isolation béton de chanvre sous chape (sèche ou humide) Un matériau adapté en construction et en rénovation

Applications constructives

### Isolation thermique et régulation hygrométrique : les 2 grands avantages du chanvre au sol

En dallage sur terre-plein, le mélange a deux avantages majeurs : isolation thermique par le sol et régulation d'hygrométrie. Posée sur un plancher, l'isolation sera phonique en étage mais pourra également être thermique si la chape est appliquée au-dessus d'un vide sanitaire.

### La mise en œuvre

Le béton de chanvre, préparé à la bétonnière ou au malaxeur, est déversé sur la surface à isoler, étalé au râteau, dressé à la règle puis taloché. La projection mécanique peut aussi être utilisée. En terre-plein, un drain périphérique et un hérissos ventilé d'une épaisseur de 15 à 20 cm sont réalisés. En isolation de sol, les bétons de chanvre sont mis en œuvre sur des épaisseurs minimum de 15 cm.

### Un procédé pertinent en bâti ancien

La chape isolante va laisser fonctionner l'existant, en termes mécaniques et de perméance tout en apportant un niveau de confort important, dans la durée.

- En rdc, la solution hérissos ventilé plus chape béton de chanvre permet de s'adapter aux épaisseurs disponibles et surtout de préserver l'équilibre hygrique de la base du bâti. La migration des remontées capillaires doit se faire sans obstacle pour faciliter l'assèchement naturel de la construction ancienne.
- A l'étage la solution béton de chanvre est un moyen idéal pour reniveler le sol, à l'avancement, par simple déversement, en adaptant le remplissage aux fluctuations des niveaux.

### De nombreuses finitions admissibles

Après séchage (supérieur à 30 jours), les bétons de chanvre en

isolation de sol peuvent avoir différents revêtements pour un rendu traditionnel ou contemporain :

- parquet flottant ou sur lambourdes
- carrelages (céramiques, terre cuite)
- revêtements souples

$$\rho_{\text{Tradical THERMO}} = 325 \text{ kg/m}^3$$

$$\lambda_{\text{Tradical THERMO}} = 0,087 \text{ W/(m.K)}$$

## Cadre technico-normatif à date

A la date de réalisation du sourçage, il existe des règles professionnelles « Exécution d'ouvrages en béton de chanvre : Mur en béton de chanvre, isolation de sol en béton de chanvre, isolation de toiture en béton de chanvre, enduits en mortiers de chanvre », acceptées par la C2P avec un suivi du retour d'expérience (RP-B).

Ces règles regroupent quatre procédés en béton de chanvre dont le procédé d'isolation en béton chanvre ou chape sèche ou humide. Ainsi, dans la mesure où le référentiel est respecté en tous points, le présent procédé est reconnu en technique courante, associé à un suivi du retour d'expérience de l'Agence Qualité Construction.

Pour rappel, ces règles professionnelles visent l'isolation en béton chanvre sous chape sèche ou humide pour une application d'isolation de sol sur terre plein ou sur plancher d'étage.

Elles visent des locaux de type EA, EB, EB+ privatif à faible ou moyenne hygrométrie, ayant une sollicitation mécanique P2 au plus. Les types de bâtiments visés sont les logements et les établissements recevant du public de 5ème catégorie.



© Weber Tradical

### Données clés

#### Coût de fabrication

195€/m<sup>2</sup> (fourniture + pose complexe dalle béton chanvre/chanvre 30cm)

Pas de FDES

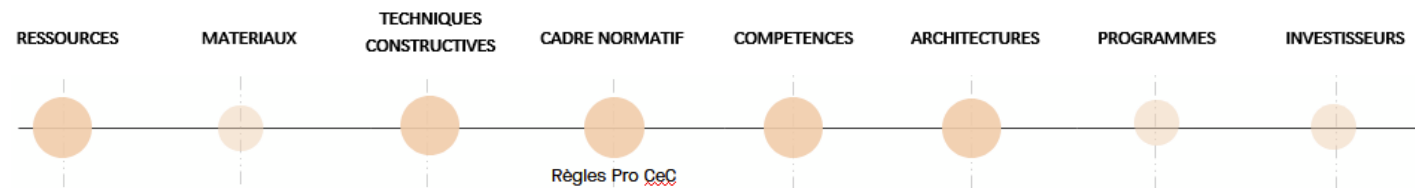
### Synthèse du Cadre technico-normatif

#### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- Règles professionnelles « Exécution d'ouvrages en bétons de chanvre : Mur en béton de chanvre, isolation de sol en béton de chanvre, isolation de toiture en béton de chanvre, enduits en mortiers de chanvre » accepté par la C2P avec suivi du retour d'expérience RP-B

#### Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.





# Chanvre

Système constructif #4

## Isolation béton de chanvre de rampants de toiture

Apporter de l'inertie en toiture



© Weber Tradical

### Données clés

#### Coût de fabrication

550€ / m<sup>3</sup> (fourniture + pose béton de chanvre uniquement)

Pas de FDES

### Synthèse du Cadre technico-normatif

#### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- Règles professionnelles « Exécution d'ouvrages en bétons de chanvre : Mur en béton de chanvre, isolation de sol en béton de chanvre, isolation de toiture en béton de chanvre, enduits en mortiers de chanvre » accepté par la C2P avec suivi du retour d'expérience RP-B

#### Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

### Applications constructives

#### Conditions de mise en œuvre

La mise en œuvre du béton de chanvre est réalisée avant la mise en place de la couverture hors période de gel et sous vent sec. Il est déversé sur un plafond coffrant fixé sur la charpente. Ce support rigide de sous-face peut être continu ou discontinu (lattis, métal déployé...). Le béton de chanvre est ensuite dressé à la taloche. Dans le cas d'une mise en œuvre toiture, les mélanges étant peu dosés en eau et en liant, les temps de séchage ne sont pas problématiques. On admet habituellement qu'ils peuvent être mis en œuvre lorsque la température ambiante est comprise entre 8°C et 30°C.

#### Confort d'été

En toiture, le matériau devient très pertinent pour les régions connaissant des étés chauds.

$$\rho_{\text{Tradical THERMO}} = 190 \text{ kg/m}^3$$

$$\lambda_{\text{Tradical THERMO}} = 0,056 \text{ W/(m.K)}$$

### Cadre technico-normatif à date

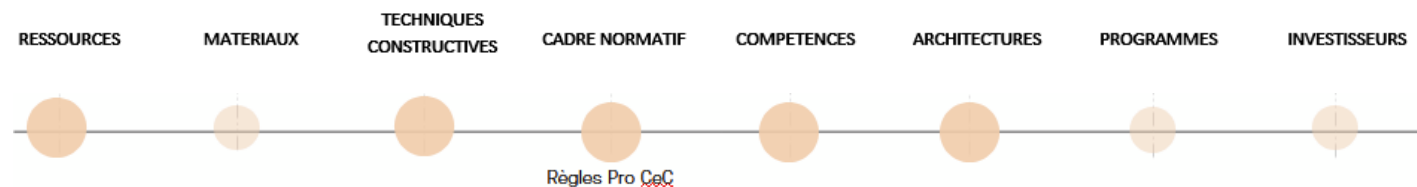
A la date de réalisation du sourçage, il existe des règles professionnelles « Exécution d'ouvrages en béton de chanvre : Mur en béton de chanvre, isolation de sol en béton de chanvre, isolation de toiture en béton de chanvre, enduits en mortiers de chanvre », acceptées par la C2P avec un suivi du retour d'expérience (RP-B).

Ces règles regroupent quatre procédés en béton de chanvre dont le procédé d'isolation en béton de chanvre de rampant de toiture.

Ainsi, dans la mesure où le référentiel est respecté en tous points, le présent procédé est reconnu en technique courante, associé à un suivi du retour d'expérience de l'Agence Qualité Construction.

Pour rappel, ces règles professionnelles visent l'isolation de rampant de toiture pour, a priori, les logements jusqu'à R+2+ combles et les établissements recevant du public de 5<sup>ème</sup> catégorie dont la hauteur est limitée à R+2.

Elles visent, implicitement, des locaux de type EA, EB, EB+ privatif à faible ou moyenne hygrométrie, pour la rénovation ou construction neuve.



# Chanvre

Système constructif #5

## Enduit mural int/ext en mortier de chanvre Un bon rénovateur thermique



© Batir en terre

### Données clés

#### Coût de fabrication

50-100€ / m<sup>2</sup> (fourniture + pose)

FDES : 1 Individuelle

### Synthèse du Cadre technico-normatif

#### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- Règles professionnelles « Exécution d'ouvrages en bétons de chanvre : Mur en béton de chanvre, isolation de sol en béton de chanvre, isolation de toiture en béton de chanvre, enduits en mortiers de chanvre » accepté par la C2P avec suivi du retour d'expérience RP-B

#### Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

### Applications constructives

L'enduit chanvre peut être mis en place manuellement ou mécaniquement en plusieurs couches successives :

1. Le gobetis
2. Le corps d'enduit
3. La couche de finition

### Une forte compatibilité avec le bâti existant

Les enduits ainsi réalisés assurent les fonctions d'isolation thermique, d'esthétique et améliorent l'acoustique des pièces dans lesquelles ils sont mis en œuvre. L'enduit chaux-chanvre peut être utilisé sur des supports variés tels que la pierre, la brique, etc. et il permet de conserver l'inertie des murs anciens tout en enlevant la sensation de paroi froide. Il est ainsi particulièrement indiqué en rénovation pour homogénéiser un support fait de plusieurs matériaux ou sujet à fissures et pour éviter les ponts thermiques. Il corrige les défauts de planéité des murs traditionnels car il peut s'appliquer en très forte épaisseur (jusqu'à 8cm). Il respecte le fonctionnement du bâti existant en favorisant les échanges hygriques. La gestion de l'humidité relative en intérieur empêche le développement de bactéries, améliorant la qualité de l'air.

### Une bonne ouvrabilité

Cet enduit est applicable par les maçons, les professionnels de la rénovation, les entreprises de décoration en manuel ou en projection. Il peut être mis en œuvre aussi bien en intérieur qu'en extérieur. Il bénéficie d'un fort rendement de mise en œuvre. En 2 ou 3 semaines l'enduit est sec.

$\rho = 800 \text{ kg/m}^3$

$\lambda = 0.15 \text{ W/(m.K)}$

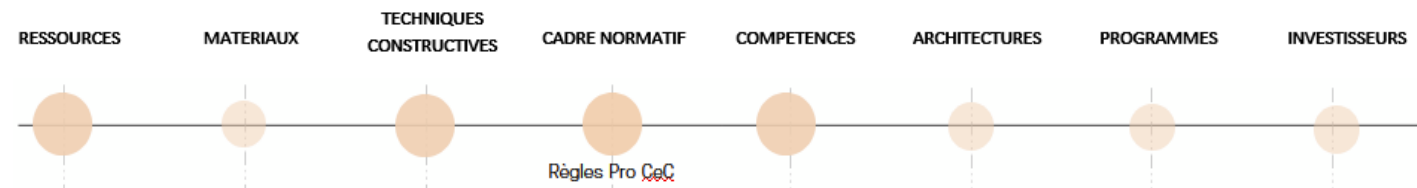
### Cadre technico-normatif à date

A la date de réalisation du sourçage, il existe des règles professionnelles « Exécution d'ouvrages en béton de chanvre : Mur en béton de chanvre, isolation de sol en béton de chanvre, isolation de toiture en béton de chanvre, enduits en mortiers de chanvre », acceptées par la C2P avec un suivi du retour d'expérience (RPB).

Ces règles regroupent quatre procédés en béton de chanvre dont le procédé d'enduit mural intérieur et extérieur en mortier de chanvre.

Ainsi, dans la mesure où le référentiel est respecté en tous points, le présent procédé est reconnu en technique courante, associé à un suivi du retour d'expérience de l'Agence Qualité Construction.

Pour rappel, ces règles professionnelles visent les locaux de type EA, EB, EB+ privatif à faible ou moyenne hygrométrie, pour la rénovation ou construction neuve. Les types de bâtiments visés sont les logements jusqu'à R+2+ combles et les établissements recevant du public de 5ème catégorie dont la hauteur est limitée à R+2.



# Isolation thermique en vrac à base de chènevotte

## De la chanvrière au chantier



© DRIEA

### Données clés

**Coût de fabrication**  
200€ / m<sup>3</sup> (fourniture)

FDES : 2 Par défaut

### Synthèse du Cadre technico-normatif

#### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel normatif ou prénormatif sur le procédé d'isolation thermique en vrac à base de chènevotte

#### Tests et essais performanciers

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

### Applications constructives

#### Un isolant peu transformé

Déversée en vrac dans un espace vide, la chènevotte assure la fonction d'isolation. Au-delà de ses propriétés d'isolant thermique, la chènevotte en vrac améliore l'inertie thermique et l'atténuation acoustique.

#### Une mise en œuvre très aisée

Facile et agréable à mettre en œuvre (absence de découpe, légèreté...), la chènevotte en vrac est un produit de construction qui peut être utilisé pour isoler plusieurs ouvrages (voir applications ci-dessous).

La mise en œuvre se fait manuellement par déversement ou mécaniquement par soufflage ou insufflation.

#### Une variété d'applications

La chènevotte en vrac est utilisée pour isoler :

- Des murs maçonnés (parpaings, moellons, briques, bétons banchés, pierres...). Dans ce cas la chènevotte est mise en place entre le mur et le parement intérieur.
- Des parois de maison avec ossature. Dans ce cas, la chènevotte en vrac est mise en place entre les pièces d'ossature verticales.
- Des planchers. Elle est mise en place par déversement ou soufflage sur plancher ou à l'intérieur du plancher.
- Des rampants. Quelle que soit la configuration de charpente (pannes et chevrons ou fermettes), la chènevotte en vrac est déversée par le dessus, donc avant mise en place de la couverture, sur le parement intérieur et entre les pièces de

charpente.

$$\rho = 100 \text{ kg/m}^3$$

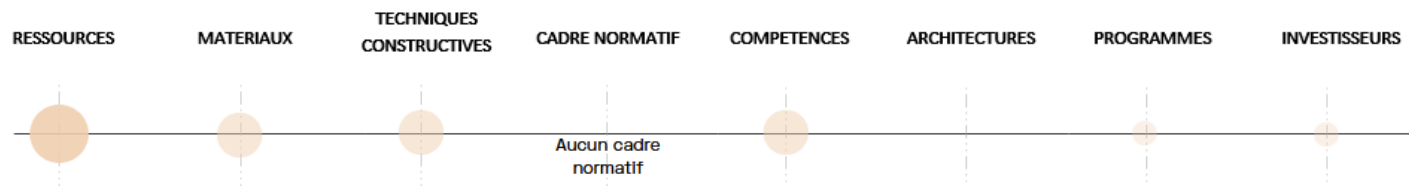
$$\lambda = 0,048 \text{ W/(m.K)}$$

### Cadre technico-normatif à date

A la date de réalisation du sourçage, il n'existe aucun référentiel technique visant un procédé d'isolation thermique en vrac à base de chènevotte. Ce procédé relève ainsi, à date, de la technique non courante.

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

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



# Chanvre

Système constructif #7

## ITI de mur en panneau à base de fibres végétales (chanvre, lin, coton) 1/2

Un isolant simple mais pas seul sur le marché



© Technichanvre

### Données clés

**Coût de fabrication**  
25€ / m<sup>2</sup> (fourniture)

FDES : 2 Par défaut, 2 Individuelles

### Synthèse du Cadre technico-normatif

#### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- Avis Technique 20/14-329\_V1 du Biofib\*Trio
- Avis Technique 20/21-487\_V1 du BUITEX Végétal

#### Tests et essais performanciers

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

### Applications constructives

#### Des produits standards existent, mais sont en concurrence avec d'autres fibres

Les laines de chanvre sont des produits d'isolation qui se présentent sous forme de rouleaux ou de panneaux rigides ou semi-rigides. Elles sont produites à partir de fibres de chanvre et d'un liant (polyester, polyoléfin, amidon de maïs). Certains produits ont un liant 100% végétal grâce à l'amidon de maïs. Les fibres de chanvre peuvent être mélangées à d'autres fibres végétales telles que le lin, le bois ou le coton. Les fibres de bois et la ouate de cellulose représentent des alternatives fortement concurrentielles car moins chères.

Quelques industriels ont obtenu la certification ACERMI pour leurs laines isolantes. Cette certification leur garantit les performances thermiques de leurs matériaux. Cependant cette procédure est longue et compliquée.

#### Une isolation à la mise en œuvre conventionnelle

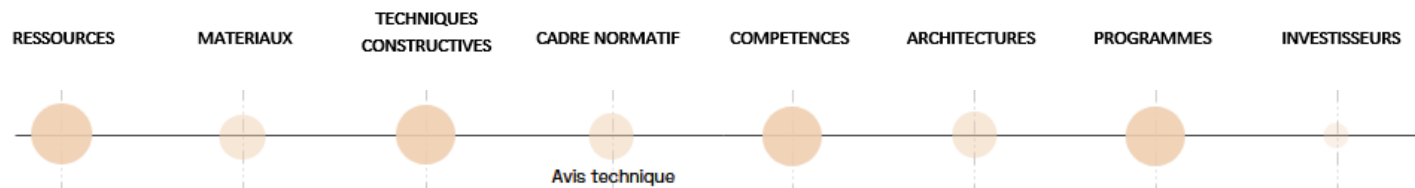
Ces produits assurent la fonction d'isolation thermique et contribuent au confort d'hiver et d'été des bâtiments. Les laines de chanvre peuvent être utilisées pour isoler des mur maçonnés (parpaings, moellons, briques, béton banchés, pierre...). Dans ce cas, la laine de chanvre est mise en place entre tasseaux bois, fixés sur une lisse haute et sur une lisse basse, ou dans une ossature métallique pour parement en plaques de plâtre. Elle peut être également utilisée pour isoler des parois de maisons avec ossature. Dans ce cas, la laine de chanvre est mise en place

entre les pièces d'ossature verticales.

Les fibres ont un effet ressort, ce qui facilite la pose des panneaux. Sur le chantier ces produits se substituent facilement aux isolants habituels (laine de roche, laine de verre). Le poseur ne change pas ses habitudes et n'a pas besoin de protections. Malgré tout, la fibre reste utilisée principalement par les autoconstructeurs.

$\rho = 25-80 \text{ kg/m}^3$

$\lambda = 0,038-0,042 \text{ W/(m.K)}$



# Chanvre

Système constructif #7

## *ITI de mur en panneau à base de fibres végétales (chanvre, lin, coton) 2/2*

*Un isolant simple mais pas seul sur le marché*



© Technichanvre

### Cadre technico-normatif à date

A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel technique traditionnel visant ce procédé, mais il existe deux Avis Techniques (ATec) sur liste verte de la C2P pour des procédés d'isolation thermique de mur en panneau des produits à base de fibres végétales, enregistrés sous les numéros 20/14-329\_V1 et 20/21-487\_V1, auprès du CSTB. Dans la mesure où tous les points de ces Avis techniques sont respectés, ces procédés peuvent être reconnus en technique courante.

Ces avis techniques sont destinés à l'isolation thermique de mur des locaux de type EA, EB, EB+ privatif à faible ou moyenne hygrométrie, pour la rénovation ou construction neuve. Les types de bâtiments visés sont les logements individuels ou collectifs, les locaux relevant du code du travail et les établissements recevant du public dont le dernier plancher haut est à moins de 8 mètres.

Les supports visés sont les murs banchés conformément au NF DTU 23.1 et les murs maçonnés de petits éléments conforme à la norme NF ENTU 20.1, sous certaines exigences concernant l'enduits. Les murs des constructions à ossatures bois, conformes à la norme NF DTU 31.2, sont également visés comme support.

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

#### **Pas de fabricants sur le territoire de l'étude**

La perspective de développement pour les régions Normandie et Île-de-France pourrait être de réaliser un ou des procédés équivalents en local et que les acteurs visent une ATEx de cas a pour en permettre son emploi.



# Chanvre

Système constructif #8

## ITI de combles perdus ou aménagés en panneau de fibres végétales (chanvre, lin, coton) Utilisation différente, mêmes enjeux



© Biofib'Isolation

### Données clés

**Coût de fabrication**  
25€ / m<sup>2</sup> (fourniture)

FDES : 2 par défaut

### Synthèse du Cadre technico-normatif

Référentiels normatifs ou prénormatifs

- ATec 20/14-330\_V1 Biofib'Trio
- ATec 20/21-488\_V1 BUITEX Végétal

Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

### Applications constructives

Les laines de chanvre sont aujourd'hui aussi utilisées pour isoler des combles perdus, des rampants de toiture, des planchers. Dans le cas d'une charpente pannes et chevrons (pannes horizontales et chevrons fixés sur ces pannes), la laine de chanvre est généralement mise en œuvre entre chevrons et contre-chevrons ou entre chevrons et suspentes métalliques.

Dans le cas d'une charpente constituée de fermettes inclinées, la laine de chanvre est mise en place entre les fermettes (première couche) et sur une ossature métallique (deuxième couche).

La laine de chanvre peut également être mise en place sur plancher de combles non aménagés ou entre solives.

$\rho = 25-80 \text{ kg/m}^3$

$\lambda = 0,038-0,042 \text{ W/(m.K)}$

### Cadre technico-normatif à date

A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel technique traditionnel visant ce procédé, mais il existe deux Avis Techniques (ATec) sur liste verte de la C2P pour des procédés d'isolation thermique de combles perdus ou aménagés par l'intérieur en panneau à base de fibres végétales, enregistrés sous les numéros 20/14-330\_V1 et 20/21-488\_V1.

Dans la mesure où tous les points de ces Avis techniques sont respectés, ces procédés peuvent être reconnus en technique courante.

Ces avis techniques sont destinés à l'isolation thermique de toiture des locaux de type EA, EB, EB+ privatif à faible ou moyenne hygrométrie, pour la rénovation ou construction neuve. Les types de bâtiments visés sont les logements individuels ou collectifs, les locaux relevant du code du travail et les établissements recevant du public dont le dernier plancher haut est à moins de 8 mètres.

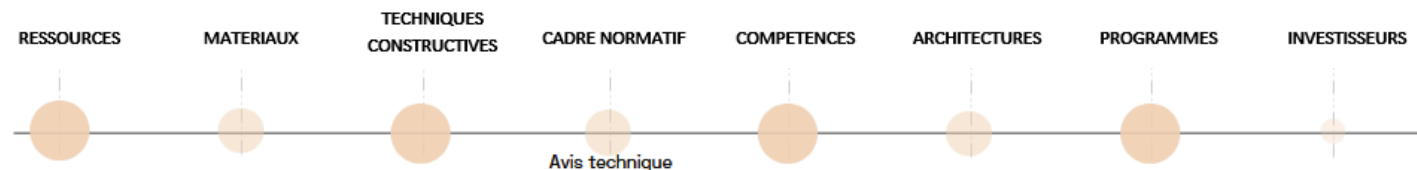
Le procédé peut être appliqué dans les situations suivantes :

- Combles perdus non aménagés :
  - Isolation déroulée sur plancher de combles
  - Isolation entre solives
- Combles aménagés :
  - Isolation sous rampants en ossature secondaire en bois
  - Isolation sous rampants en ossature secondaire métallique

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

#### Pas de fabricants sur le territoire de l'étude

La perspective de développement pour les régions Normandie et Île-de-France pourrait être de proposer un procédé équivalent en matériaux locaux, en faisant reconnaître celui-ci par une ATEc de cas a favorable, pour en permettre son emploi large.



### Dates clefs de la filière

1986 : première maison rénovée en béton de chanvre à Nogent sur Seine

1989 : première présentation du béton de chanvre à Batimat

1998 : fondation de Construire en Chanvre

1998-2007 : essais et développement des liants

2006 : ACV du béton de chanvre

2007 : parution des Règles Professionnelles d'Exécution et d'Ouvrage en Béton de Chanvre

2012 : mise à jour des règles pro pour intégration du label granulat

2018-2020 : Programme Pacte Livre avec les règles de l'art de la construction, tests au feu, enduit, propriétés thermiques et extension des domaines d'applications dans les règles professionnelles

### Historique de la filière

#### Une plante cultivée en France depuis longtemps

Originnaire d'Asie centrale, le chanvre, *Cannabis sativa* L., est cultivé depuis plus de 8 000 ans pour sa fibre textile et sa graine oléagineuse. En France, après avoir connu son apogée au milieu du XIXe siècle (176 000 ha) avec pour débouchés la papeterie et la marine à voile, ses surfaces ont été réduites à quelques centaines d'hectares en 1960 (700 ha) du fait de l'émergence du coton, des fibres synthétiques et de l'arrivée de la marine à moteur. Jamais abandonnée, la culture connaît un regain d'intérêt depuis les années 1970 pour les marchés papetiers (papiers à cigarettes, papiers techniques...).

#### Emergence de nouveaux débouchés

Au début des années 90, les professionnels de différentes régions françaises réalisent des essais multiples sur le "béton de chanvre". Quelques architectes, maîtres d'œuvres, entreprises, fabricants de liant (chaux) et de chènevotte se réunissent pour échanger sur leurs expériences et s'accorder sur la technique. Depuis les années 2000 (8 000 ha), les surfaces en chanvre connaissent une croissance régulière du fait de la progression des débouchés traditionnels et de la naissance de nouveaux marchés : renforts plasturgiques et évidemment bâtiment. En 2016, les surfaces se montent à 15 000 ha. Puis avec près de 300 salariés et 17 900 ha cultivés en France en 2020, le pays s'est imposé comme leader européen du chanvre.

#### Structuration de la filière

Depuis 20 ans, la filière chanvre travaille à la construction en béton de chanvre via l'association Construire en Chanvre. Cette association élabore tous les outils pour sécuriser ce mode constructif. Elle établit les Règles Professionnelles, conçoit les formations et rédige des ouvrages de référence pour déployer les savoir-faire via les retours d'expérience terrain. En 2006, la filière chanvre a été la première à réaliser une ACV sur la construction biosourcée en béton de chanvre.

InterChanvre, interprofession du chanvre, créée en 2003, est constituée d'un collège producteurs (issus de la FNPC) et d'un collège transformateurs (UTC). Son rôle principal est de représenter l'ensemble de la filière, et développer sa notoriété. Les axes de communication s'articulent autour des atouts écologiques,

agronomiques et éco-responsables

### Actualités et perspectives de développement

#### Un manifeste pour la construction durable

Pour accélérer le déploiement de la filière et démocratiser le recours au chanvre dans la construction et la rénovation, Construire en Chanvre (CenC) formule 5 propositions :

- Faire de la commande publique, par son devoir d'exemplarité, un levier de la massification des filières biosourcées par la mise en œuvre de mesures incitatives à destination des collectivités territoriales et des acheteurs publics ;
- Corréler l'obtention des aides à la rénovation énergétique à des critères liés aux caractéristiques environnementales des matériaux ;
- Intégrer dans l'ensemble des cursus de formation du bâtiment des cours portant sur la construction biosourcée et les critères environnementaux ;
- Lancer une campagne de communication à grande échelle à destination des collectivités, du grand public et des professionnels, mettant en avant les produits de la bioéconomie ;
- Soutenir le développement industriel de la filière pour rester leader européen du secteur par la création de guichets dédiés aux filières biosourcées dans le cadre du plan d'investissement France 2030.

D'autre part, CenC et le CSTB ont lancé une campagne d'essais sur le sujet de l'influence de la pluie battante sur les façades bois chanvre, dont les résultats seront édités début 2023.

## ***Actualités, spécificités terrain constatées et perspectives d'évolution de la filière 2/2***

### **Autres formes de valorisation du chanvre en BTP**

#### **BIOFIB'CHAPE**

Les granulés compacts Biofib'Chape, commercialisés par la CAVAC, ont fait l'objet d'une évaluation technique de produits et matériaux (ETPM). Ces granulats, composés de particules de chanvre et de lin servent à la réalisation des formes d'égalisation des ouvrages de type flottants selon le DTU 51.3 ou chape sèche sous Avis Technique sous réserve d'une conception et de conditions de mise en œuvre permettant de limiter le risque de reprise d'humidité, de conserver les granulés dans une ambiance sèche.

#### **SATIS**

Charier, entreprise de Travaux Publics de la région Nantaise a développé un nouvel enrobé formulé à base de fibres de chanvre. Cet enrobé breveté est déposé sous le nom de SATIS® et permet d'obtenir un revêtement solide, résistant aux manœuvres des semi-remorques au fil des années. La culture du chanvre est réalisée en Île-de-France par Gatichanvre.

## Ressource humaine

### L'importance de la formation

#### Données clés

Nombre de formateurs CeC : 23

Nombre de professionnels formés : plus de 1600

Nombre d'adhérents CeC : 160

- Tous les industriels du liant
- Architectes, ingénieurs, laboratoires, artisans, bureaux d'études

*Données CeC*

#### Des enjeux contrastés selon la mise en œuvre du chanvre

Comme évoqué dans la description des techniques constructives le chanvre nécessite plus ou moins de connaissance au préalable selon sa mise en œuvre. Le panneau d'isolant industriel se substitue très simplement aux isolants que savent utiliser la plupart des entreprises de construction. Le chanvre en vrac reste d'un emploi très facile, bien que l'utilisation du vrac soit assez rare. Le béton de chanvre préfabriqué permet de faire appel sur le chantier à un plus large éventail d'entreprises que celles expertes en chaux-chanvre. Un charpentier pourrait assurer la pose de panneaux préfabriqués MOB béton de chanvre et un maçon le montage d'un mur constitué de blocs préfabriqués. Toutefois l'enveloppe reste un ouvrage sensible et le béton de chanvre un matériau spécifique. C'est pourquoi l'entreprise experte chaux-chanvre saura sur le chantier assurer l'intégrité de la paroi perspirante, réaliser l'étanchéité à l'eau et à l'air, ... Pour mettre en œuvre le béton de chanvre projeté ou banché l'entreprise doit quoi qu'il en soit être formée.

#### Une formation obligatoire

L'obligation d'apporter la preuve de la maîtrise des savoir-faire, ainsi que l'application du contenu des Règles Professionnelles, permet l'assurabilité en garantie décennale des ouvrages en béton de chanvre. Des formateurs sont formés et agréés pour animer les formations et certifier que les entreprises sont en capacité de réaliser des ouvrages selon les règles pro. L'association Construire en Chanvre est garante de cette formation. Une procédure de validation des acquis de l'expérience est également définie.

#### Divers publics visés

Les formations sont destinées à la maîtrise d'œuvre, aux entreprises et aux maîtrises d'ouvrage.

Trois modules de formation visent les prescripteurs : architectes et maître d'œuvre. Nécessairement sont concernés aussi les bureaux d'études et bureaux de contrôle. Concevoir, dimensionner, superviser la réalisation d'ouvrages en bétons et mortiers de chanvre nécessite une connaissance approfondie des matériaux, de leurs caractéristiques, des modes de mise en œuvre et phases de chantier.

Huit modules de formation concernent la mise en œuvre. Ils visent aussi bien les chefs d'entreprise, chefs d'équipes que les compagnons en charge de l'exécution. Construire en chanvre se fait en connaissance des qualités et particularités du matériau. Les

publics vont apprendre à mettre en œuvre lors d'exercices pratiques, différents usages des bétons et mortiers de chanvre, après une session théorique où ils découvriront les bases pour construire en chanvre.

Pour faire aboutir un projet de construction en chanvre, les maîtres d'ouvrage, élus et techniciens de collectivités, constructeurs professionnels ont besoin de connaître les intérêts, les atouts et les contraintes de ce mode constructif. Construire en chanvre élabore un programme à destination de ce public. A partir d'exemples de réalisations, la formation abordera les thématiques pour concilier projet, faisabilité, en toute sécurité. Il existe par ailleurs 5 formations dispensées par l'Ecole Nationale du chanvre

#### Des compétences présentes en Normandie

L'ARPE Normandie et le CEREF BTP organisent 2 sessions Pro-chanvre par an en Normandie. L'association dispose d'une cartographie des professionnels de la construction en chanvre (voir l'*Aperçu de l'écosystème territorial* de ce document).

#### Un besoin en applicateurs

Sur les matériaux géo et biosourcés on constate la nécessité de former davantage d'entreprises du bâtiment car certains projets manquent d'applicateurs.

La formation des entreprises du bâtiment est un sujet récurrent. Le recours sur les chantiers à des corps de métier plus traditionnels amène à se demander quelle est la place de la préfabrication (blocs, panneau de façade) dans la massification de l'emploi du béton de chanvre.

#### Valoriser les compétences locales

Il est nécessaire d'adopter également une approche sur les compétences existantes sur le territoire. Une approche partant à la fois de la ressource et de la commande doit intégrer aussi l'analyse du tissu d'entreprises locales. La mise en œuvre du matériau chanvre, même dans des techniques constructives innovantes, sera d'autant plus efficace si elle correspond aux façons de faire des travailleurs locaux.

## Architectures Références d'ERP

### Maison de la ruralité - Noroy-le-bourg (70)

- MOA : Commune de Noroy-le-bourg
- MOE : Claude Eichwald & Baobab Architecture
- Année : 2010
- Coût : 368 198 €
- Mode constructif : MOB béton de chanvre + toiture et sol en béton de chanvre



Maison de la ruralité (70) @ BAT'Life

### Maison diocésaine Sœur Odette Prévost - Châlons-en-Champagne (51)

- MOA : Association diocésaine de Châlons-en-champagne
- MOE : Méandre, Atelier d'Architecture Emmanuelle Patte-Collardelle et Christian Hackel, architectes associés
- Année : 2004
- Coût global de construction : 1 494 600€
- Mode constructif : réhabilitation enduit chaux chanvre



Maison diocésaine Sœur Odette Prévost (70) @ Méandre

### Société Triballat II - Noyal-sur-Vilaine (35)

- MOA : Triballat Noyal
- MOE : Koutev architecture
- Année : 2017
- Coût : NC
- Mode constructif : panneaux préfabriqués béton de chanvre



Société Triballat II (35) @ LB Eco Habitat

### L'arche des petites bêtes - Thoiry (78)

- MOA : Parc zoologique et de Loisirs de Thoiry
- MOE : Pascal Bas
- Année : 2012
- Coût : NC
- Mode constructif : mur bombé et courbe en béton de chanvre



L'arche des petites bêtes(78) @ BioDivers



## Architectures Références de logements

### Réhabilitation et extension d'un immeuble du XVIIIème siècle - Paris (75)

- MOA : RIVP
- MOE : Dumont Legrand Architectes
- Année : 2015
- Coût : 1,7 M HT
- Mode constructif : isolation extérieure en béton de chanvre



Réhabilitation et extension d'un immeuble du XVIIIème (75) @ DLA

### 15 logements en béton de chanvre - Boulogne-Billancourt (92)

- MOA : I3F
- MOE : NXNW
- Année : 2022
- Coût : 1 723 000 HT
- Mode constructif : béton de chanvre projeté en R+8



15 logements en béton de chanvre (92) @ Groupe3f

### Charmante et biosourcée - Caen (14)

- MOA : Privé
- MOE : Archiviolette
- Année : 2015
- Coût : 93 500 TTC
- Mode constructif : isolation entre montants des murs en laine de chanvre + ITE en panneau de chanvre



Charmante et biosourcée (14) @ Archiviolette

### Maison d'habitation - Sevrans (93)

- MOA : Privé
- MOE : Jean-Marc Naumovic
- Année :
- Coût :
- Mode constructif : surélévation et isolation des rampants de toiture avec de la chènevotte vrac



Maison d'habitation (93) @ Batiactu

#### Données clés

Campagne de référencement CenC :  
215 projets chanvre en juillet 2021

Béton de chanvre :  
50 000 m<sup>3</sup> / an de béton de chanvre avec  
de la chènevotte labellisée

Isolant :  
140 000 m<sup>3</sup> / an de production  
soit  
1,7 millions de m<sup>2</sup> vendu  
→ "N°1 du végétal" dans tous les circuits  
de distribution

*Données CeC*

#### Maîtrises d'ouvrage impliquées

##### **La construction en chanvre doit gagner en crédibilité et légitimité**

Les arguments avancés en faveur du béton de chanvre (et du surcoût par rapport au système de murs conventionnels avec ITI) portent principalement sur les gains en confort thermique, que le bâtiment apportera à son usager durant son utilisation. Mais ils ne sont pas toujours entendus, notamment car ils ne répondent pas directement à des contraintes de projet quantifiées. De plus ce ne sont pas ses seuls avantages. Son impact environnemental permet au système de produire des opérations au-delà des seuils d'exigence minimums. Les qualités du matériau concernent aussi la réaction au feu, l'acoustique, la sismique. Malgré tout, le béton de chanvre reste assez méconnu et la construction en chanvre peine parfois à convaincre les maîtrises d'ouvrage, notamment indirectes.

##### **Multiplier les opérations**

Si elle n'y est pas contrainte, la MOA doit être porteuse pour mener jusqu'au bout un projet. Certains bailleurs font le choix du chanvre, mais la plupart des MOA avancent contraintes et forcées. Les projets en chanvre sont pourtant valorisants pour les territoires et les acteurs locaux. Il est important de remarquer que la filière a besoin d'ATEX, la mobilisation des MOA (publiques en premier lieu) permet de porter ces dossiers techniques complexes dans le cadre d'opérations pionnières. En bref la filière a besoin de réalisations.

#### Principales typologies

On retrouve aujourd'hui du béton de chanvre dans des logements collectifs, sociaux ou non, dans le secteur tertiaire et dans l'individuel.

##### **Domaine d'application limité en hauteur**

A l'heure actuelle, les Règles Professionnelles d'exécution de mur en béton de chanvre concernent les locaux d'habitation jusqu'à R+2+combles et les ERP de 5ème catégorie limités à R+2.

L'élargissement de ce domaine d'application est attendu avec la réédition de ces règles, mais il n'y a pas de réelle visibilité sur la date de leur mise à jour et quelles en seront les conditions.

##### **Concentration des efforts sur les prescriptions, la recherche et le développement**

La recherche et le développement, comprenant la meilleure caractérisation du procédé et l'extension du domaine d'emploi de la technique, sur lesquels l'association CenC concentre ses efforts, devraient à terme permettre la réédition des règles professionnelles et ainsi de gagner en légitimité. Ceci est un premier pas vers la normalisation, avec dans un temps plus long, la rédaction des DTU qui devrait être envisageable.

La prescription des procédés de chanvre, bien qu'étroitement liée à tout ce qui a été décrit précédemment, fait également parti des sujets sur lesquels l'association CenC se concentre afin d'aller vers une multiplication des opérations réalisées.

##### **Freins réglementaires et financiers**

Les difficultés ne sont plus sur l'habitat individuel, mais des blocages persistent. Pour les projets les plus complexes et ambitieux les données existantes ne permettent pas toujours de répondre à toutes les interrogations des bureaux de contrôle, et les vérifications demandées représentent un coût. On peut tout de même noter que c'est au maître d'ouvrage qu'incombe la responsabilité de choisir une équipe de maîtrise d'œuvre et de contrôleurs techniques selon leurs compétences face aux enjeux du projet.

Des aides financières sont donc nécessaires pour accompagner des démarches d'ATEX, capables de répondre aux demandes légitimes des bureaux de contrôle, d'essais complémentaires permettant de valider des aspects techniques lorsque l'on sort du domaine d'application strictes des Règles Professionnelles. Ces démarches pionnières pourront aider au développement du cadre des Règles Professionnelles.

### Atouts

- Outil industriel et savoir-faire
- Production locale valorisée dans les réseaux de distribution
- Des formations existent
- Règles Professionnelles permettant l'assurabilité des constructions et rénovations

### Verrous

- Faible notoriété et donc manque de prescription
- Manque de solutions à grande échelle industrialisée
- Manque de moyens de R&D
- Cadre normatif et réglementaire actuels limités

### Leviers d'action opérationnels

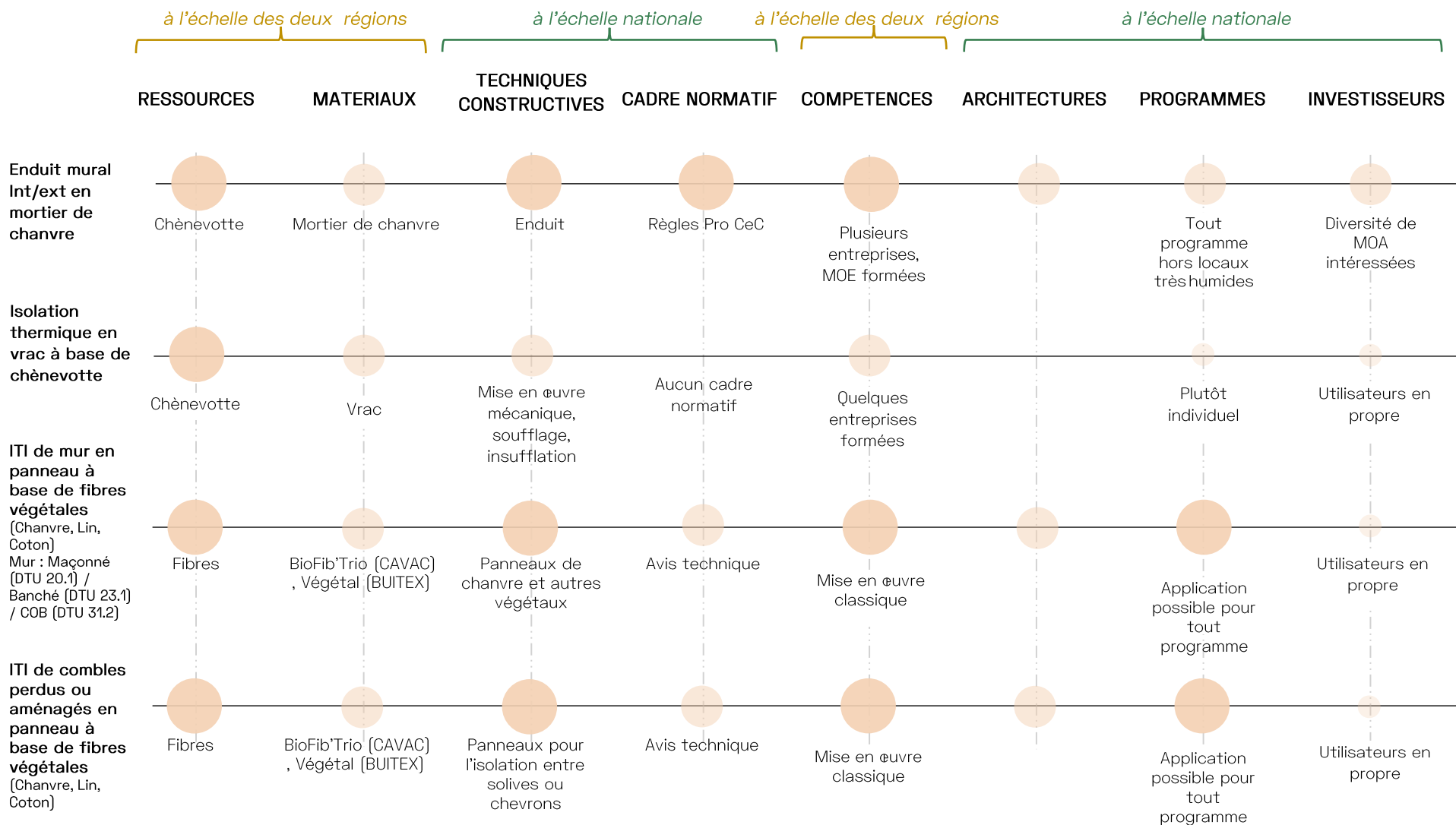
- Etablir une ATEx de cas A pour le MOB remplissage béton de chanvre au-delà du R+3
- Mettre en place une aide financière pour la recherche sur :
  - ACV (carbone biogénique, fin de vie)
  - comportement hygrothermique en lien avec la performance du bâti
  - confort en lien avec les besoins en chauffage et en refroidissement,
  - conditions de hauteur limite de construction
- Multiplier les retours d'expérience
  - Instrumentation de bâtiments

→ Consommations énergétiques

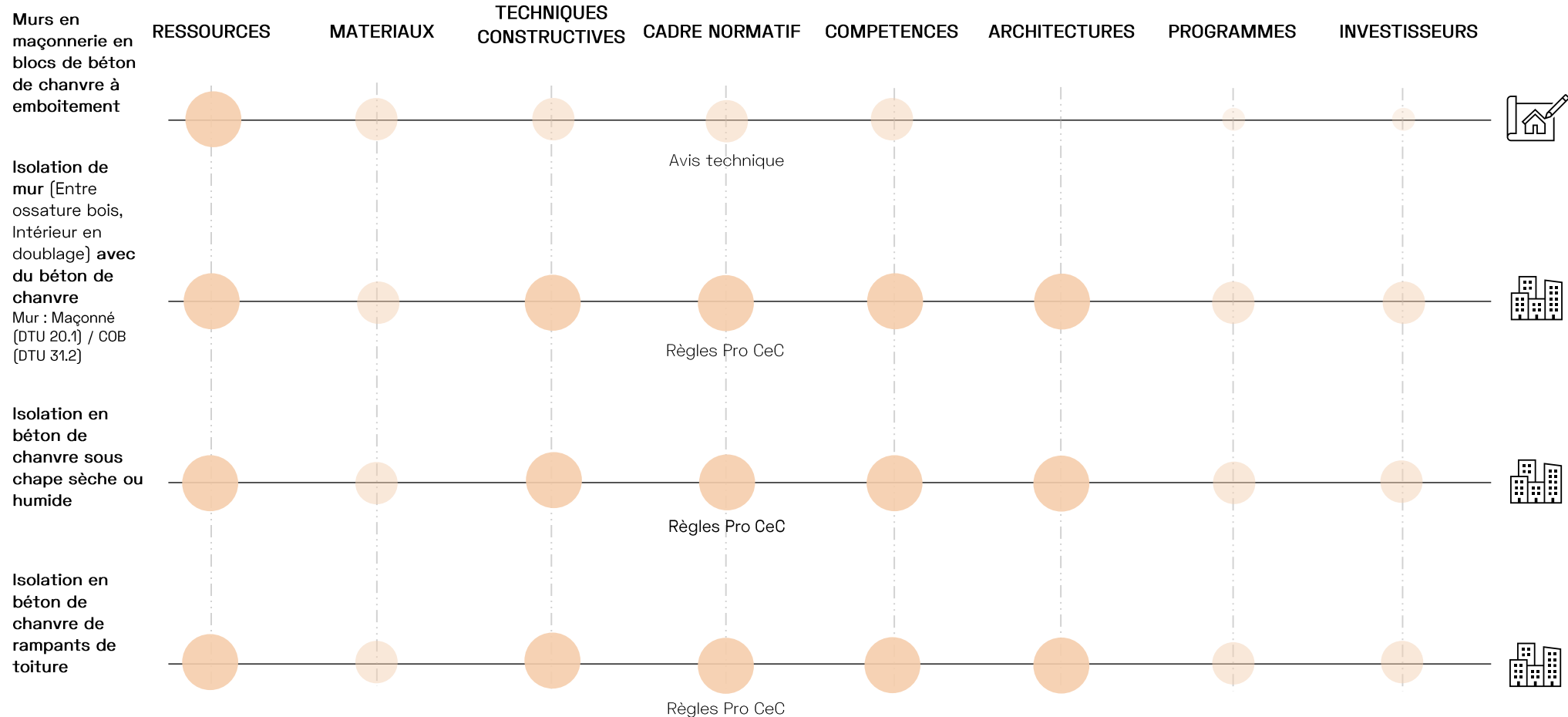
### Pistes de développement à long terme

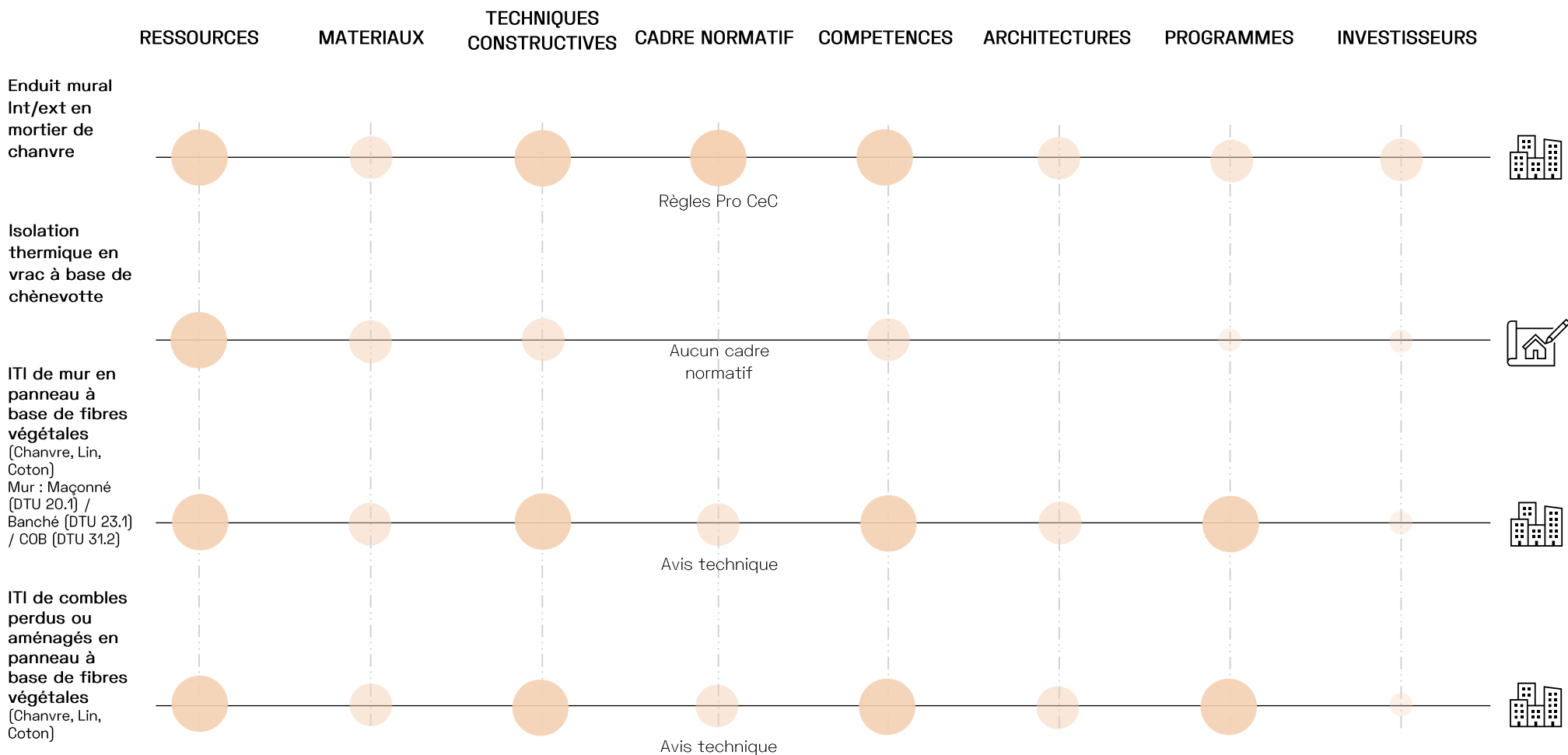
- Prendre en compte les performances du béton de chanvre dans les calculs réglementaires de performance thermique (titre V ?)
- Former plus de formateurs CenC
- Développer une filière de recyclage des ouvrages en béton de chanvre

	à l'échelle des deux régions		à l'échelle nationale		à l'échelle des deux régions		à l'échelle nationale	
	RESSOURCES	MATERIAUX	TECHNIQUES CONSTRUCTIVES	CADRE NORMATIF	COMPETENCES	ARCHITECTURES	PROGRAMMES	INVESTISSEURS
<b>Murs en maçonnerie en blocs de béton de chanvre à emboîtement</b>	Chênévotte	BIOSYS	Mur de petits éléments	Avis technique	Entreprises de maçonnerie, quelques MOE formées		R+1 avec toiture légère	Utilisateurs en propre
<b>Isolation de mur (Entre ossature bois, Intérieur en doublage) avec du béton de chanvre</b> Mur : Maçonné (DTU 20.1) / COB (DTU 31.2)	Chênévottes	Béton de chanvre	Banchage, projection, préfabrication	Règles Pro CeC	Plusieurs entreprises, MOE formées		Diversité de typologies, R+2+C	Diversité de MOA intéressées
<b>Isolation en béton de chanvre sous chape sèche ou humide</b>	Chênévottes	Béton de chanvre	Déversement et étalement sur coffrage perdu ou sur hérisson	Règles Pro CeC	Plusieurs entreprises, MOE formées		2 MPa max, toutes hauteurs	
<b>Isolation en béton de chanvre de rampants de toiture</b>	Chênévottes	Béton de chanvre	Banchage, projection, préfabrication	Règles Pro CeC	Plusieurs entreprises, MOE formées		Diversité de typologies, toutes hauteurs	









### Entretiens

- **AgroChanvre** – coopérative (24.03.22) UniLaSalle
- **Gatichanvre** – coopérative (27.04.22) LM Ingénieurs
- **Planète Chanvre** – producteur (15.04.22) LM Ingénieurs
- **Wall'Up Préfa** – fabricant (19.04.22) LM Ingénieurs
- **Burin Penet** – applicateur (19.04.22) LM Ingénieurs
- **AKTA BVP** – applicateur (30.05.22) LM Ingénieurs

### Webinaire filière CHANVRE : 19 mai 2022

- Cassandra Guntz (CEREMA)
- Lauff Mathias (Wall'up Préfa)
- Anael Ristord (Parc naturel Brière)
- Margaux Lebègue (ML Architecture)
- Yannick Lehagre (LB EcoHabitat)
- Isabelle Ghestem (Chambre d'agriculture)
- Guillaume Charrier (Les Chantiers de Demain)
- Laurent Bouyer (Enerterre)
- Ronald Beauvue (Gatichanvre)
- Arthur Cordelier (Wall'up Préfa)

+ **Webinaire à venir sur le cadre technico-normatif**

**Bibliographie**

- *Règles professionnelles d'exécution des ouvrages en béton de chanvre – CenC (2012)*
- *Guide des bonnes pratiques, tome 1, base pour construire en chanvre – CenC*
- *Catalogue de formation – Construire en chanvre*
- *Matériaux de construction à base de chanvre – DRIEA d'Ile-de France (2014)*
- *Les filières lin et chanvre au cœur des enjeux des matériaux biosourcés émergents – Catherine Chabaud (2015)*
- *Plan filière de l'interprofession du chanvre – Interchanvre (2017)*
- *Rapport sur la filière chanvre construction – Interchanvre, Construire en chanvre (2019)*
- *Manifeste pour la construction durable – CenC*
- *Guide de culture, Chanvre – Terres Inovia (2017)*

**Expertises techniques complémentaires identifiées**

- Terres Inovia
- Construire en Chanvre
- Interchanvre
- Cerema
- Fédération Nationale des Producteurs de Chanvre (FNPC)
- Coopérative centrale des Producteurs de Semences de Chanvre (CCPSC)
- Union des Transformateurs de Chanvre (UTC)
- Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux et du Chanvre (CETIOM)

---

# 5. *Filière Lin*





# Synthèse filière 1/2

## L'or bleu de Normandie



### Etat de la filière

#### **Lin fibre, une culture emblématique de la Normandie**

La France est le premier pays producteur de lin fibre, dont 65% de la production française sont situés en Normandie. Les cultures de lin ont un impact limité sur l'environnement puisqu'elles ne nécessitent pas d'irrigation, peu de produits phytosanitaires (voir aucuns pour les cultures biologiques), elles constituent une bonne tête de rotation et un fertilisant naturel.

Le lin a une croissance rapide (soit 100 jours) et il est très capteur des gaz à effet de serre, essentiellement le CO<sub>2</sub>.

#### **Des investissements nécessaires pour poursuivre le développement et préserver les savoirs-faires**

Cette ressource abondante est aujourd'hui sous-utilisée faute de capacité de production tant chez les agriculteurs que chez les industriels.

L'augmentation des capacités de production nécessite alors des investissements pour améliorer les outils industriels existants et aussi permettre à de nouveaux acteurs de se développer (développement de nouvelles usines, augmentation des surfaces de productions, relocalisation des filatures du lin, de la teinture, de la confection, tissage, etc.).

En termes de process le stockage est une étape particulièrement délicate dont la maîtrise est cruciale, notamment pour les anas de lin qui sont volumineux : une surface de stockage importante est nécessaire et doit être à l'abri de l'humidité et de la lumière.

Au-delà des outils et des moyens de production, il s'agit également de (re) développer un savoir-faire autour des métiers du lin, présent dans la région mais dont la tendance observe un déclin (au profit d'autres fibres : le coton).

### Perspectives de développement

#### **Pas de cadre technico-normatif favorable**

Aujourd'hui, l'absence de cadre technico-normatif bloque le développement de matériaux à base de lin dans la construction. Cependant, des pistes d'Atex existent et sont envisagées.

#### **Une culture de 100 jours très délicate face aux aléas climatiques**

Le lin est une culture très sensible aux aléas climatiques, les rendements pouvant varier du simple au triple selon les années. Les conditions pédoclimatiques sont déterminantes pour l'ancrage des racines et la qualité du rouissage.

L'adaptation climatique de cette culture pourrait passer par un travail de sélection variétale permettant de limiter les pertes de rendement en cas de mauvaise récolte.

## Synthèse filière 2/2

### Une ressource abondante mais encore peu valorisée dans le bâtiment



#### Les systèmes constructifs

Les fibres longues sont valorisées uniquement dans le secteur du textile. Pour le bâtiment deux co-produits sont utilisables : les anas, ou les étoupes.

**Groupe de systèmes techniques n°1 : Isolation thermique de mur par l'intérieur en panneau à base de fibres végétales + n°2 : Isolation thermique de combles perdus ou aménagés par l'intérieur en panneau à base de fibres végétales**

Cela comprend par exemple BioFib'Trio de la Cavac, composé de fibre de chanvre, coton et lin, ou encore VEGETAL FLEX 40 de BUITEX composé de fibres végétales et vieux tissus recyclés. Ils sont utilisés pour l'isolation thermique des murs maçonné, banché, pour la construction entre ossature en bois, etc.

**Groupe de systèmes techniques n°3 : Isolation thermique en vrac à base de végétaux (Anas)**

Des anas de lin en vrac peuvent être utilisés pour faire du remplissage en tant qu'isolant dans des zones difficiles d'accès.

**Groupe de systèmes techniques n°4 : Isolation thermique de mur par l'extérieur ou entre ossature en bloc Bâtilin**

Les mortiers biosourcés sont fabriqués à partir d'anas de lin, un co-produit majoritaire. Ils sont enrobés avec un liant comme le ciment.

**Groupe de systèmes techniques n°5 : Isolation par l'extérieur de rampant avec isolant réflecteur respirant + écran HPV et laine de lin intégrée + n°6 : Ecran souple de sous toiture + n°7 : Sous-couche d'isolation acoustique sous parquets en pose flottante**  
Des isolants de sous-toiture ont été élaborés à partir des fibres naturelles du lin (exemples : flaxline fabriqué en Normandie et Ile de France, ou Iso Lin HPV fabriqué à Lyon).

#### Les systèmes constructifs analysés

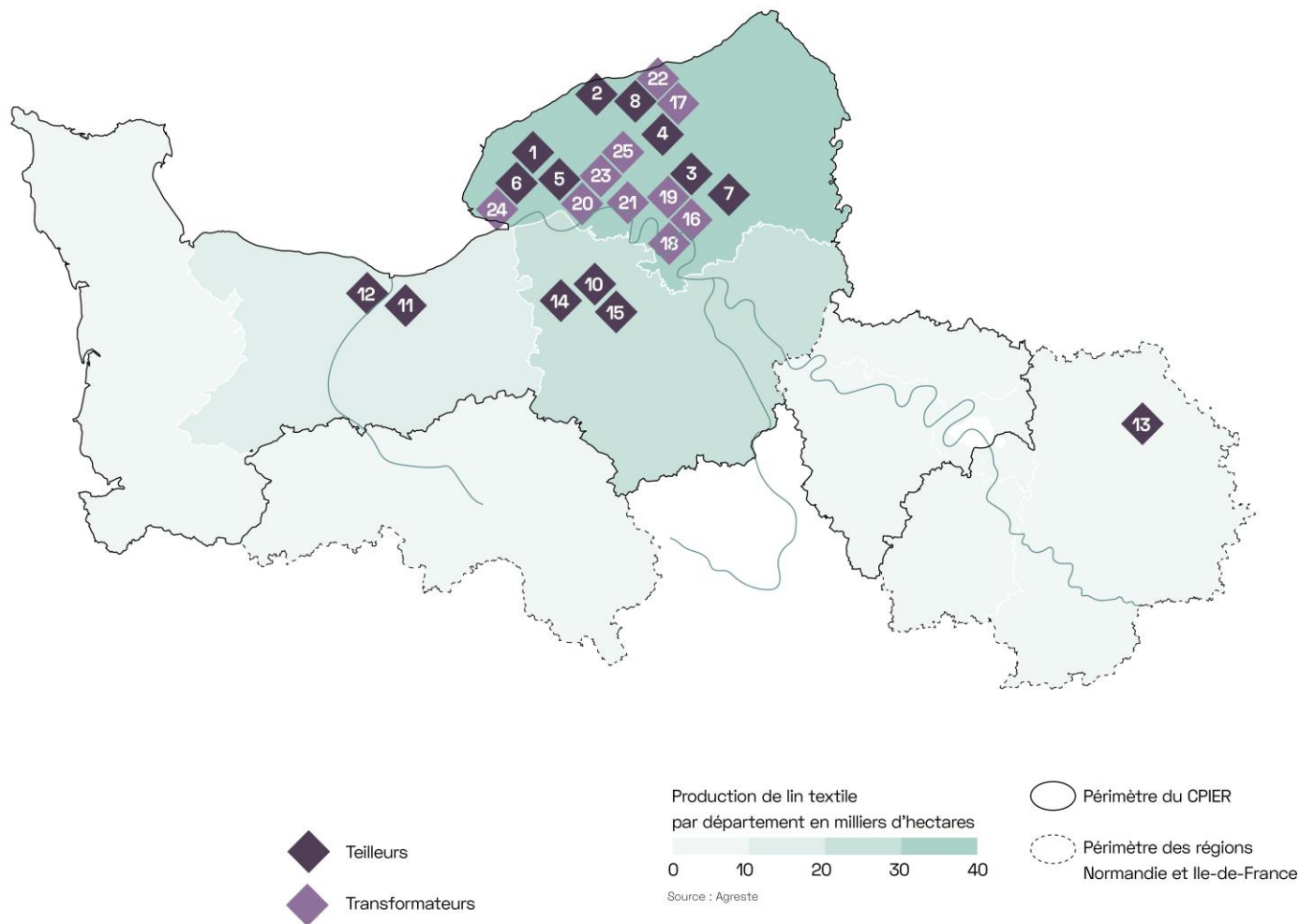
- Isolation thermique de mur par l'intérieur (ITI) en panneau à base de fibres végétales (chanvre, lin, coton)
- Isolation thermique par l'intérieur (ITI) de combles perdus ou aménagés en panneau à base de fibres végétales (chanvre, lin, coton)
- Isolation thermique en vrac à base de végétaux (anas)
- Isolation thermique de mur par l'extérieur ou entre ossature en bloc Bâtilin
- ITE de rampant avec l'isolant réflecteur respirant avec écran HPV et laine de lin intégrés
- Ecran souple de sous toiture
- Sous-couche d'isolation acoustique sous parquets en pose flottante

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

- Remplissage entre ossature bois à base de terre crue et de paille (Torchis, Terre allégée) remplace Terre allégée et Torchis
- Enduit mural Int/ext de terre crue ou de chaux, fibré avec de la paille Support : Bottes de pailles remplace Enduits
- Enduit mural Int/ext à la chaux, fibré avec de la paille Support : Terre crue remplace Enduits

# Aperçu de l'écosystème

## Une localisation principalement normande



# Lin

## Aperçu de l'écosystème territorial

### Acteurs et projets démonstrateurs

#### Acteurs

1	Agy Lin	Goderville, Baons Le Comte
2	Terre de lin	Vittefleury, St Pierre le Viger, Douvrend
3	Linière de Bosc Nouvel (groupe Depestele)	Biville la Rivière
4	Linière Vandembulcke	Val de Seine
5	Teillage Bellet et Cie	Bolbec
6	Teillage Six	Goderville
7	SCA du Vert Gallant	St André sur Cailly
8	Goemare et Barry	St Pierre le Viger
9	Teillage Vandecandelaere (groupe Depestele)	Bourguébus
10	Linière Ressault	Ressault
11	Linière Cagny	Cagny
12	Coopérative Agricole Linière du Nord de Caen	Caen
13	Teillage Devogèle	Chailly-en-Brie
14	Teillage de St. Martin	Saint-Martin-du-Tilleul
15	SCA de teillage Plateau Neubourg	Crosville-la-Vieille
	Teillage Vandecandelaere (Depestele)	Bourguébus
16	Linex Panneaux	Allouville, Bellefosse
17	De Sutter Frères	Biville la Rivière
18	Eco-Technilin	Valiquerville
19	Deren & Cie	Barentin
20	Naturaulin	Notre Dame de Gravenchon
21	Terreau flore bleue	Notre Dame de Bliquetuit
22	Tissage du ronchay Lardens & Cie	Luneray
23	Texlibris	Notre Dame de Bondeville
24	Cematerre	Oudalle
25	Lineo	Mont St Aignan

#### Projets démonstrateurs

	Ateliers Gîte de l'Ânerie	Marais Vernier (27)
	La Tiny des Alpes	Hautes-Alpes (05)

*Ces données n'ont pas vocation à être exhaustives.*

## Ressource

### Une agro-ressource très abondante, emblématique de la Normandie



#### Lin fibre une culture emblématique de la Normandie

La France est le premier pays producteur de lin fibre. La culture du lin est très présente en Normandie, elle y est considérée comme l'or bleu.

En 2020, cette culture représentait 7 455 680 quintaux sur 141 346 ha en France, soit environ 60% en Normandie (84 975 ha) et 2,6% en Ile-de-France (3 730 ha). [source : Agreste-Statistique agricole annuelle, 2020]

La culture de lin a un impact limité sur l'environnement, puisqu'elle nécessite peu d'irrigation, peu de produits phytosanitaires et constitue une bonne tête de rotation.

#### Une culture de 100 jours très sensible aux aléas climatiques

Le lin est une culture très sensible aux aléas climatiques, les rendements peuvent varier du simple au triple selon les années. Les conditions pédoclimatiques sont déterminantes pour l'ancrage des racines et la qualité du rouissage.

L'adaptation climatique de cette culture pourrait passer par un travail de sélection variétale permettant de limiter les pertes de rendement en cas de mauvaise récolte.

#### Un co-produit compatible avec l'industrie textile

Le lin fibre est cultivé pour l'industrie textile, mais on obtient plusieurs produits et co-produits.

- Les fibres longues sont utilisées et réservées exclusivement pour l'industrie textile.
- Les fibres courtes, appelées étoupes, les anas de lin et les poussières sont des co-produits directs de l'industrie textile. Ils sont utilisables et valorisables de différentes manières.

A titre d'exemple sur 1 hectare de lin fibre, on obtient 1 à 1,5 tonnes de fibres longues, 0,6 à 0,7 tonnes de fibres courtes, 3 à 3,5 tonnes d'anas de lin, des poussières, des graines et quelques débris (capsules des graines, feuilles, paillettes).

#### Lin fibre, une culture non alimentaire mais très demandée, en concurrence avec d'autres usages

Les cultures de lin fibre sont en concurrence directe avec les parcelles d'autres fibres textiles. En revanche, il n'existe pas de monoculture c'est-à-dire que les parcelles de lin sont présentes tous les 6-7 ans et le reste du temps ce sont des parcelles alimentaires; Les anas sont des co-produits qui représentent 50% de la masse de la plante, leur valorisation est en concurrence avec le paillage, les litières et les panneaux de particules.

#### Des investissements nécessaires pour poursuivre le développement et préserver les savoir-faire

Les usines et les producteurs sont au maximum de leur capacité. Des investissements sont nécessaires pour développer et améliorer les outils industriels existants (développement de nouvelles usines, augmentation des surfaces de productions, relocalisation des filatures du lin, de la teinture, de la confection, tissage, etc.). Les savoir-faires existent sur le territoire, malgré un abandon des métiers du lin au profit d'autres fibres telles que le coton. Le stockage est un sujet délicat : il doit être réalisé à l'abri de la lumière et de l'humidité. De plus, les anas sont légers mais très volumineux : ils nécessitent donc une grande surface de stockage.

#### Données clés

##### Disponibilité

53 223 à 62 094 tonnes/an de fibres courtes

266 115 à 310 468 tonnes/an d'anas

##### Quantités produites / transformées

88 705 à 133 058 tonnes/an de fibres longues, en France (2020)

##### Capacité annuelle de stockage

100 % de la production

##### Concurrences d'usage

Textile/ culture alimentaire / paillage / litière / panneaux particules

##### Adaptabilité au changement climatique

Faible

#### Fournisseurs de matière première

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



## Matériaux (1<sup>ère</sup> transformation)

De nombreuses possibilités : isolants à base de fibres ou d'anas, ciments, mortiers ou écrans de sous toiture

### Données clés

**Sites de transformation :** ~24 en Normandie et 1 en Ile-de-France

**Coopératives :** 11

**Volume de production global**  
53 223 à 62 094 tonnes/an de fibres courtes  
266 115 à 310 468 tonnes/an d'anas

**Volume moyen par producteur**  
~ 50 milles tonnes/an (net)

### Fabricants de matériaux

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

### Caractérisation

#### Les différentes ressources utilisées

Les fibres longues sont réservées uniquement à l'industrie textile. Deux co-produits sont obtenus : les étoupes (fibres courtes) et les anas.

Les anas sont souvent valorisés dans les mortiers, mélangés avec un liant comme la chaux, ou le ciment, ou en vrac pour l'isolation. Les étoupes sont plutôt valorisées dans les panneaux et les laines isolantes.

#### Des outils traditionnels utilisés par tous

Toutes les linières utilisent les mêmes machines traditionnelles, le teillage est réalisé par un broyage et battage mécanique électrique. Le temps de rouissage, et les différentes conditions pédoclimatiques jouent sur la qualité des fibres et des anas.

#### Un produit local mais une distribution internationale

La grande majorité du lin fibre cultivé est normande, la majorité des linières et des teillages sont implantés en Normandie. Une seule linière est implantée en Ile-de-France. Le produit est local (fibres longues ou courtes, anas) mais il est possible de l'exporter nationalement, voire à l'international pour les fibres. Le transport des anas de lin étant très coûteux puisque c'est un co-produit très volumineux, sa valorisation se fait essentiellement localement.

#### Des coûts variables ?

Les coûts dépendent de la qualité, du volume et du conditionnement. Par exemple, Depestele propose trois granulométries différentes en fonction des différentes applications pour les anas, allant de 0,8 mm à 3 mm. La qualité est également variable en fonction des applications et joue sur le prix. Si les poussières, les racines et les graines doivent être enlevés, les prix augmentent mécaniquement.

Le conditionnement peut augmenter les prix, il se fait principalement en sacs de 20 kg mais il est possible de faire du vrac en benne, ce qui a également un coût (surtout pour les

anas). De plus, il est nécessaire d'avoir de grands hangars pour pouvoir stocker à l'abri de l'humidité et de la lumière.

#### Des transformateurs locaux ?

Il existe deux entreprises de panneaux de particules localisées en Normandie : Linex et De Sutter. Aujourd'hui, il n'existe pas de cadre normatif pour les matériaux biosourcés à base d'étoupes ou d'anas de lin, mais il existe des règles de bonnes pratiques. Les volumes de production sont très variables d'une linière, d'un teillage, à l'autre.

Depestele, par exemple, produit 70 milles tonnes de pailles alors que Terre de lin produit 40 milles tonnes de fibres longues et courtes par an.

Selon Sophie Mayer de CIPALIN, le Comité Interprofessionnel de la Production Agricole du LIN, en 2020, 623 milles tonnes de pailles de lin ont été produites dont 113 milles tonnes de lin fibres en France. Selon Hector Cuadrado de Depestele, 10000 tonnes d'anas de lin par an pourraient être utilisées dans le bâtiment en 2030.

# Lin

Système constructif #1



## Données clés

**Aire géographique d'approvisionnement**  
Normandie

### Coût de fabrication

7,50 €/ m<sup>2</sup> TTC : BioFib'Trio 45 mm de Cavac  
30 €/ m<sup>2</sup> TTC : BioFib'Trio 200 mm de Cavac  
5,95€/ m<sup>2</sup> TTC : Végétal Flex40 BUITEX 45 mm  
23,90€/ m<sup>2</sup> TTC : Végétal Flex40 BUITEX 200 mm

### Délais

Très variable : dépend du fabricant

FDES : 2 Par défaut, 1 Individuelle

## Synthèse du Cadre technico-normatif

### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- Avis Technique 20/14-329\_V1 du Biofib'Trio
- Avis Technique 20/21-487\_V1 du BUITEX Végétal

### Tests et essais performanciels

Voir le détail du Cadre technico-normatif.

# ITI de mur en panneau à base de fibres végétales (chanvre, lin, coton)

## Des fibres reconnues pour la rénovation et la construction

### Applications constructives

#### Laine de lin en vrac, panneaux, ou rouleaux

Utilisée en vrac, en panneaux ou en rouleaux, la laine de lin permet d'isoler thermiquement ou phoniquement les sols, les plafonds, les cloisons, etc.

En vrac, les fibres proviennent des étoupes inutilisables de l'industrie textile (chute, textile usagé). Les panneaux et les rouleaux sont plus ou moins souples, plus ou moins denses en fonction de leur application.

En application verticale, il y a un risque de tassement.

Actuellement il n'existe aucune réglementation pour la laine de lin pure, peu de retour de professionnels sur la filière et peu de disponibilité de retours d'expériences. De plus, elle est plus couteuse que les isolants conventionnels comme la laine de verre.

#### Associer les fibres pour être plus performant et plus respectueux

BioFib Trio est l'alliance de fibres de chanvre, de coton et lin pour fabriquer des panneaux semi-rigides ou des rouleaux et permet une meilleure isolation thermo acoustique que les fibres de lin seules. Cet isolant proposé par la Cavac, une coopérative agricole située en Vendée est disponible avec plusieurs épaisseurs allant de 45 mm à 200 mm (prix croissant en fonction de l'épaisseur).

#### Des fibres végétales et des textiles recyclés

Végétal Flex 40 proposé par Buitex, une entreprise située dans la Loire est un panneau isolant biosourcé en fibre végétale naturelle qui permet l'isolation des murs intérieurs ou planchers intermédiaires. Différentes épaisseurs sont disponibles en fonction de la résistance thermiques souhaité allant de 45 mm (R 1,15), jusqu'à 200 mm (R 5,25). Son prix est croissant en fonction de l'épaisseur.

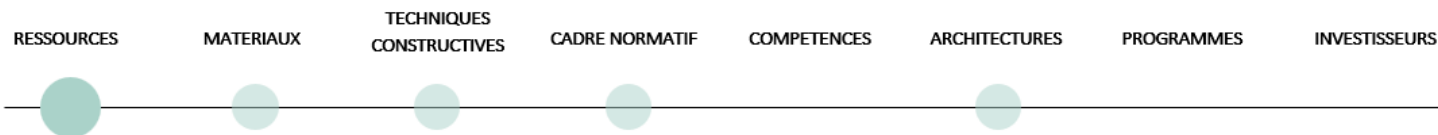
### Cadre technico-normatif

A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel technique traditionnel visant ce procédé, mais il existe deux Avis Techniques (ATec) sur liste verte de la C2P pour des procédés d'isolation thermique de mur en panneau des produits à base de fibres végétales, enregistrés sous les numéros 20/14-329\_V1 et 20/21-487\_V1, auprès du CSTB. Dans la mesure où tous les points de ces Avis techniques sont respectés, ces procédés peuvent être reconnus en technique courante.

Ces avis techniques sont destinés à l'isolation thermique de mur des locaux de type EA, EB, EB+ privatif à faible ou moyenne hygrométrie, pour la rénovation ou construction neuve. Les types de bâtiments visés sont les logements individuels ou collectifs, les locaux commerciaux et les établissements recevant du public dont le dernier plancher haut est à moins de 8 mètres.

Les supports visés sont les murs banchés conformément au NF DTU 23.1 et les murs maçonnés de petits éléments conforme à la norme NF ENTU 20.1, sous certaines exigences concernant l'enduits. Les murs des constructions à ossatures bois, conformes à la norme NF DTU 31.2, sont également visés comme support.

La perspective de développement pour les régions Normandie et Île-de-France pourrait être de réaliser un ou des procédés équivalents en local et que les acteurs visent une ATEc de cas « a » pour en permettre son emploi.



# Lin

Système constructif #2



## Données clés

**Aire géographique d'approvisionnement**  
Normandie

### Coût de fabrication

7,50 €/ m<sup>2</sup> TTC : BioFib'Trio 45 mm de Cavac  
30 €/ m<sup>2</sup> TTC : BioFib'Trio 200 mm de Cavac  
5,95€/ m<sup>2</sup> TTC : Végétal Flex40 BUITEX 45 mm  
23,90€/ m<sup>2</sup> TTC : Végétal Flex40 BUITEX 200 mm

### Délais

Très variable : dépend du fabricant

FDES : 2 Par défaut

## Synthèse du Cadre technico-normatif

### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- ATec 20/14-330\_V1
- ATec 20/21-488\_V1

### Tests et essais performanciers

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

# ITI de combles perdus ou aménagés en panneau à base de fibres végétales (chanvre, lin, coton)

## Des panneaux souples ou semi-rigides pour faciliter la pose

## Applications constructives

Voir principes décrits pour le système constructif « *ITI de mur en panneau à base de fibres végétales* ».

## Cadre technico-normatif

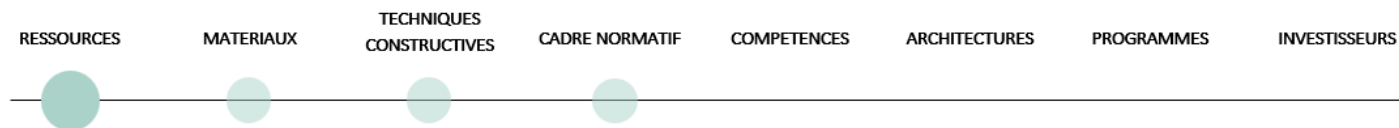
A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel technique traditionnel visant ce procédé, mais il existe deux Avis Techniques (ATec) sur liste verte de la C2P pour des procédés d'isolation thermique de combles perdus ou aménagés par l'intérieur en panneau à base de fibres végétales, enregistrés sous les numéros 20/14-330\_V1 et 20/21-488\_V1. Dans la mesure où tous les points de ces Avis techniques sont respectés, ces procédés peuvent être reconnus en technique courante.

Ces avis techniques sont destinés à l'isolation thermique de toiture des locaux de type EA, EB, EB+ privatif à faible ou moyenne hygrométrie, pour la rénovation ou construction neuve. Les types de bâtiments visés sont les logements individuels ou collectifs, les locaux commerciaux et les établissements recevant du public dont le dernier plancher haut est à moins de 8 mètres.

Le procédé peut être appliqué dans les situations suivantes :

- « Combles perdus non aménagés »
  - Isolation déroulée sur plancher de combles.
  - Isolation entre solives.
- Combles aménagés :
  - Isolation sous rampants en ossature secondaire en bois.
  - Isolation sous rampants en ossature secondaire métallique.»

La perspective de développement pour les régions Normandie et Île-de-France pourrait être de proposer un procédé équivalent en matériaux locaux, en faisant reconnaître celui-ci par une ATEx de cas « a » favorable, pour en permettre son emploi large.



# Lin

Système constructif #3



## Données clés

**Aire géographique d'approvisionnement**  
Normandie

**Coût de fabrication**  
Dépendent des prix de la litière

**Délais**  
Très variable : dépend du fabricant

**Pas de FDES**

## Synthèse du Cadre technico-normatif

### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel normatif ou prénormatif sur le système d'isolation thermique en vrac à base de végétales (Anas)

### Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

**Isolation thermique en vrac** à base de végétaux (anas, textiles recyclés, chute)

*Mobiliser les textiles recyclés ou le vrac dans les zones difficiles d'accès*

## Applications constructives

### Une utilisation dans les endroits difficile d'accès

Certains endroits sont difficiles d'accès et ne permettent pas la pose de rouleaux ou de panneaux. L'utilisation du vrac pour l'isolation thermique permet alors de pallier à ce problème, en mobilisant des fibres inutilisables provenant d'autres secteurs (chutes de rouleaux et panneaux, textiles usagés effilochés...).

### L'absence du cadre technico-normatif

Actuellement il n'existe aucune réglementation pour l'utilisation de ces matériaux pour l'isolation. Il y a peu de retours de professionnels sur la filière et peu de disponibilité de retours d'expériences.

Voir cadre technico-normatif

### Des prix dépendant de ceux de la litière et des fabricants

Pour les anas de lin, les tarifs dépendent de ceux appliqués pour la litière allant de 150 € à 165 € la tonne.

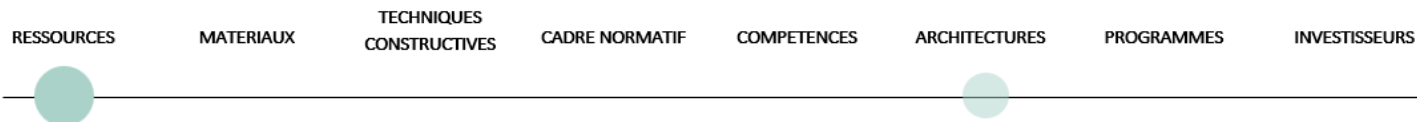
## Cadre technico-normatif

A la date de réalisation du sourçage, il n'existe aucun référentiel technique visant un procédé d'isolation thermique en vrac à base d'anas de lin. Ce procédé relève, ainsi à date, de la technique non courante.

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

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

Nb: Pour démontrer l'atteinte de la fiabilité attendue, il est rappelé que ces démarches sont des démarches exigeantes, qui mobilisent souvent une expertise très élevée, du temps et des financements substantiels pour les mener de façon probante.



# Lin

Système constructif #4



## Données clés

**Aire géographique d'approvisionnement**  
Hauts-de-France

**Coût de fabrication**  
N.C. et inconnue pour le moment

**Délais**  
N.C.

**Pas de FDES**

## Synthèse du Cadre technico-normatif

### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- *A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel normatif ou prénormatif sur le procédé d'isolation thermique de mur par l'extérieur ou entre ossature en bloc de Bâtilin*

### Tests et essais performanciers

- *Voir le détail du Cadre technico-normatif*

# Isolation thermique de mur par l'extérieur ou l'intérieur entre ossature en bloc Bâtilin

## Un bloc de béton biosourcé à base d'anas

## Applications constructives

### Un co-produit pour des bétons plus durables : des anas de lin

Les anas de lin sont un co-produit de la culture du lin fibre et constituent 50% de la masse de la plante. Leur utilisation dans la fabrication des bétons allégés permettrait de diminuer les impacts environnementaux et d'améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments. De nombreux projets sont en cours de recherche : Bâtilin, chaux de lin (FLC)...

### De nombreuses applications futures

Aujourd'hui, il n'existe aucun bâtiment significatif à base de béton de lin. Des prototypes sont en cours dans les laboratoires de recherche, mais il faudra attendre la caractérisation des performances et le développement d'un cadre normatif. Les coûts sont inconnus. De nombreuses applications sont visées : isolation par l'intérieur, par l'extérieur, cloisonnement, logement neufs...

### Bâtilin : un béton allégé local des Hauts-de-France

Proposé par L.A. Linière de Bourbourg (59) et fabriqué dans les Hauts-de-France, ce bloc est proposé pour la réhabilitation, afin d'isoler thermiquement par l'intérieur ou l'extérieur. Cette construction peut aller jusqu'au R+3.

## Cadre technico-normatif

A la date de réalisation du sourçage, il n'existe aucun référentiel technique traditionnel visant un procédé d'isolation thermique de mur par l'extérieur ou entre ossature en bloc de Bâtilin.

Cependant, plusieurs projets de construction neuve de bâtiments ou de réhabilitation feraient, a priori, l'objet d'ATEX de cas b, pour le compte de la société L.A. Linière. Ainsi, dans la mesure où l'ATEX serait respectée en tous points, le procédé pourrait être reconnu en technique courante sur les projets couverts par l'ATEX. Dans les autres cas le procédé est reconnu en technique non-courante.

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

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

Nb: Pour démontrer l'atteinte de la fiabilité attendue, il est rappelé que ces démarches sont des démarches exigeantes, qui mobilisent souvent une expertise très élevée, du temps et des financements substantiels pour les mener de façon probante.

RESSOURCES      MATERIAUX      TECHNIQUES CONSTRUCTIVES      CADRE NORMATIF      COMPETENCES      ARCHITECTURES      PROGRAMMES      INVESTISSEURS



# Lin

Système constructif #5



## Données clés

**Aire géographique d'approvisionnement**  
*Normandie (majoritairement)*

**Coût de fabrication**  
*299€ / 15 m<sup>2</sup> (fourniture) : Iso Lin HPV*

**Délais**  
*Selon disponibilité des stocks*

**Pas de FDES**

## Synthèse du Cadre technico-normatif

### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- *A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel normatif ou prénormatif sur le procédé d'isolation par l'extérieur de rampant avec l'isolant réflecteur respirant avec écran HPV et laine de lin intégrés*

### Tests et essais performanciers

- *Voir le détail du Cadre technico-normatif*

# ITE de rampant avec l'isolant réflecteur respirant avec écran HPV et laine de lin intégrés

## Des pare-pluie biosourcés

## Applications constructives

### Des pare-pluie biosourcés

Des entreprises ont développé des pare-pluie à base de fibres naturelles de lin selon la demande des professionnels de la couverture. Par exemple, le produit Iso Lin HPV vendu en rouleau de 1,5x10 m, un rouleau de 15 m<sup>2</sup> coûte 299 €. Cet isolant réflecteur avec écran Haute Perméabilité à la vapeur (HPV) avec laine de lin intégrée est utilisé pour l'isolation par l'extérieur de rampant. Il permet une pose sans danger contrairement aux autres écrans de sous-toiture tous issus de la pétrochimie.

### Dans le neuf et la rénovation

Sa résistance et sa facilité de pose lui permettent d'être utilisés aussi bien dans la rénovation que pour la construction de bâtiment neuf. Les rouleaux sont souples et facilement manipulables.

### Comparaison aux pare-pluie biosourcés équivalents

En comparaison au pare-pluie en fibre de bois (par exemple semi rigide ISOLAIR® MULTI en fibre de bois de Soprema à 30 €/m<sup>2</sup> à performance thermique égale), Iso Lin HPV revient à 20 € du m<sup>2</sup> avec un R= 2,25

## Cadre technico-normatif

A la date de réalisation du sourçage, il n'existe aucun référentiel technique visant un procédé d'isolation par l'extérieur de rampant avec l'isolant réflecteur respirant avec écran HPV et laine de lin intégrés. Ce procédé relève, ainsi à date, de la technique non courante.

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

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

Nb: Pour démontrer l'atteinte de la fiabilité attendue, il est rappelé que ces démarches sont des démarches exigeantes, qui mobilisent souvent une expertise très élevée, du temps et des financements substantiels pour les mener de façon probante.

RESSOURCES

MATERIAUX

TECHNIQUES  
CONSTRUCTIVES

CADRE NORMATIF

COMPETENCES

ARCHITECTURES

PROGRAMMES

INVESTISSEURS

# Lin

Système constructif #6



## Données clés

**Aire géographique d'approvisionnement**  
Normandie (majoritairement)

**Coût de fabrication**  
200€ / 75 m<sup>2</sup> (fourniture) : Flaxline de Soprema (plus disponible à la vente)

**Délais**  
Non disponible

**Pas de FDES**

## Synthèse du Cadre technico-normatif

### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel normatif ou prénormatif sur le procédé d'écran souple de sous-toiture

### Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif

# Ecran souple de sous-toiture

## Une pose facile grâce à la souplesse de l'écran

## Applications constructives

### Des écrans souples de sous-toiture biosourcés

Des entreprises ont développé des écrans souples de sous-toiture à base de fibres naturelles de lin selon la demande des professionnels de la couverture. Par exemple, Soprema proposait des rouleaux de 50x1,5 appelés Flaxline au prix de 200 € pour un rouleau de 75 m<sup>2</sup>. Cet écran souple de sous-toiture permettait une pose sans danger contrairement aux autres écrans de sous-toiture tous issus de la pétrochimie.

### Utilisable dans la rénovation et le neuf

Flaxline a une membrane très perméable à la vapeur et à l'eau. Sa résistance et sa facilité de pose lui permettaient d'être utilisé aussi bien dans la rénovation que pour la construction de bâtiment neuf. Les rouleaux sont souples et facilement manipulables. En revanche, leur achat et leur pose sont beaucoup plus chers que les pare-pluie équivalents pétrochimiques.

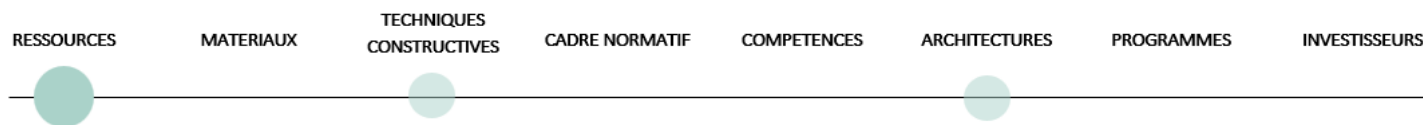
## Cadre technico-normatif

A la date de réalisation du sourçage, il n'existe aucun référentiel technique visant un procédé d'écran souple de sous-toiture à base de fibre de lin. Ce procédé relève, ainsi à date, de la technique non courante.

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

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

Nb: Pour démontrer l'atteinte de la fiabilité attendue, il est rappelé que ces démarches sont des démarches exigeantes, qui mobilisent souvent une expertise très élevée, du temps et des financements substantiels pour les mener de façon probante.



# Lin

Système constructif #7



## Données clés

**Aire géographique d'approvisionnement**  
Normandie

**Coût de fabrication**  
48 € / 15 m<sup>2</sup> TTC : Feutralin d'Ecotechnilin  
10 à 30 € / m<sup>2</sup> HT : laine de lin

**Délais**  
Très variable : dépend du fabricant

**Pas de FDES**

## Synthèse du Cadre technico-normatif

### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel normatif ou prénormatif sur le procédé de sous-couche d'isolation acoustique sous parquets en pose flottante.

### Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif

# Sous-couche d'isolation acoustique sous parquets en pose flottante

## Des performances thermique et acoustique reconnues

### Applications constructives

#### Laine de lin en vrac, panneaux, ou rouleaux

Utilisée en panneaux ou en rouleaux, la laine de lin permet d'isoler thermiquement ou phoniquement les sols, les plafonds, les cloisons, ... Les panneaux et les rouleaux sont plus ou moins souples, plus ou moins denses en fonction de leur application. Actuellement il n'existe aucune réglementation pour la laine de lin pure, peu de retour de professionnels sur la filière et peu de disponibilité de retours d'expériences. De plus, elle est plus couteuse que les isolants conventionnels comme la laine de verre.

#### Des sous-couches sous parquets biosourcés en pose flottante

Feutralin d'Ecotechnilin permet une meilleure isolation thermo-acoustique. Par exemple ce produit est en vente dans des enseignes de bricolage au prix de 48 € pour 15 m<sup>2</sup> et 4 mm d'épaisseur. Comparable aux sous-couches en mousse polystyrène extrudé en rouleau au prix de 22,5 € le rouleau pour 20 m<sup>2</sup> et une épaisseur de 1,6 mm.

En faisant un ratio au volume de matériau, les 2 produits cités ci-dessus sont comparables en prix : 48 € pour 0,06m<sup>3</sup> de feutre Ecotechnilin et 22,5 € pour 0,032 m<sup>3</sup> de mousse synthétique, soit le feutre d'Ecotechnilin environ 2,85 fois plus cher, mais pour une épaisseur 2,5 fois supérieure, ce qui offre des garanties en termes de performance techniques, de longévité du produit en œuvre, des avantages environnementaux et d'économie locale.

### Cadre technico-normatif

A la date de réalisation du sourçage, il n'existe aucun référentiel technique visant un procédé de sous-couche d'isolation acoustique sous parquets en pose flottante à base de lin. Ce procédé relève, ainsi à date, de la technique non courante. Pour la prescription et l'emploi de ce procédé sur une opération, il est donc nécessaire :

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

Nb: Pour démontrer l'atteinte de la fiabilité attendue, il est rappelé que ces démarches sont des démarches exigeantes, qui mobilisent souvent une expertise très élevée, du temps et des financements substantiels pour les mener de façon probante.

RESSOURCES      MATERIAUX      TECHNIQUES CONSTRUCTIVES      CADRE NORMATIF      COMPETENCES      ARCHITECTURES      PROGRAMMES      INVESTISSEURS

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

## Historique de la filière

### Une culture ancestrale

Les fibres de lin sont probablement les premières fibres utilisées par l'Homme. Très utilisé dans les rites mortuaires dans la vallée du Nil à l'époque des pharaons, c'est au début de XIIème siècles que le lin fibre est introduit en Europe.

Au VIIIème siècle, c'est Charlemagne qui développa l'industrie du lin en France. Entre le IXème siècle et le XVIIIème siècle, le lin devient la fibre la plus cultivée et utilisée en France.

L'arrivée du coton et de sa mécanisation a fait beaucoup d'ombre à l'industrie du lin au XIXème siècle. Mais à la fin de la seconde guerre mondiale, des agriculteurs flamands relancent la culture du lin le long de la Manche.

### Et emblématique de la Normandie : l'or bleu

La production mondiale de lin fibre est dominée par l'Europe de l'Ouest où la France, la Belgique et les Pays-Bas produisent 80 % des fibres de lin teillé. Le lin est appelé l'or bleu, puisque cette espèce de plantes dicotylédones est très facilement reconnaissable lors de sa floraison, par sa fleur délicate de couleur bleue. Encore aujourd'hui, la France est le leader mondial dans la production de lin fibre, avec 65% localisés en Normandie et 28% dans les Hauts-de-France.

## Spécificités terrain constatées

### Une filière ancienne qui doit se (ré)organiser

La demande de matériaux locaux toujours plus respectueux de l'environnement est grandissante dans le domaine du bâtiment. Néanmoins, la filière lin pour le bâtiment est moins bien structurée qu'une autre célèbre plante à fibre : le chanvre. Sa structuration en dehors de l'industrie textile est donc primordiale pour son développement dans le bâtiment. De plus, la main d'œuvre qualifiée pour l'utilisation des matériaux de construction à base lin reste insuffisante, voire inexistante pour certaines applications.

### Un cadre technico-normatif inégal

Partagés entre technique courante et non courante, certains systèmes constructifs n'ont aucun cadre technico-normatif, ce qui freine leur utilisation dans le bâtiment. Il faut attendre la caractérisation des performances de ces nouveaux matériaux, attendre les retours d'expérience pour donner envie, augmenter la demande et former des artisans à leur utilisation.

## Actualités et perspectives de développement

### Un intérêt pour la construction durable

De nombreuses linières essaient de trouver de nouvelles formes de valorisation de leurs co-produits issus de la récolte et de la transformation du lin fibre. Les fibres longues sont réservées exclusivement à l'industrie textile. Les linières se retrouvent avec des fibres courtes et des anas de lin lors de la première étape de transformation. C'est pour cela que des linières n'hésitent pas à s'associer et investir pour valoriser les co-produits du lin.

### Trouver des matériaux issus d'une ressource locale

Le bloc Bâtilin est une brique qui permet de répondre aux exigences des futures réglementations environnementales. Sa production, son teillage et sa transformation se font localement par les coopératives. L'exemple de la coopérative L.A. Linière, située dans les Hauts-de-France, inspire d'autres linières à faire de même, avec l'objectif commun de produire, transformer et mettre en œuvre localement de nouveaux matériaux de construction pour limiter leur impact environnemental.

## ***Ressource humaine***

### *Les linières pionnières pour les débouchés futurs du lin*

#### **Une ressource abondante et locale**

La France est le premier pays producteur de lin fibre, avec presque 65% de la production française situés en Normandie. Les cultures de lin ont un impact limité sur l'environnement puisqu'elles nécessitent pas d'irrigation, peu de produits phytosanitaires et constituent une bonne tête de rotation.

#### **Un enjeu et un besoin de financement**

Les usines et les producteurs sont au maximum de leur capacité de stockage. Il faudrait améliorer les outils industriels mais pour cela il faut investir : ouvrir d'autres usines, augmenter les surfaces de production, relocaliser les filatures du lin, la teinture, la confection, le tissage... les savoir-faire sont connus mais des métiers ont été perdus au cours des années au profit d'autres fibres, comme le coton. Le stockage est un point délicat, il doit être réalisé à l'abri de la lumière et de l'humidité. De plus, les anas sont légers et très volumineux : ils nécessitent donc de grands hangars de stockage.

#### **Un enjeu et un besoin de formation professionnelle**

La maîtrise d'œuvre méconnaît la construction en lin. En revanche le savoir-faire des linières est très riche. Aujourd'hui aucune formation à la conception en lin n'est dispensée en Normandie et en Ile de France.

#### **Les linières pionnières dans la valorisation du lin?**

Elles sont très investies dans la valorisation des co-produits du lin puisque l'industrie textile est très demandeuse pour les fibres longues. Elles restent les principales investisseuses et premiers acteurs dans la transformation, la valorisation du lin et de ses débouchés futurs.



## Gîte de l'ânerie – Marais-Vernier (27)

- MOA : Particulier
- MOE : Particuliers dans une démarche d'auto-conception et d'auto-construction, Jauneau Fabrice Couverture (couvreur) , Autour de l'arbre: Yves Joignant (Charpentier)
- Année : 2017
- N. C.
- Rénovation
- Mode constructif : **Béton de lin (remplissage et isolation des murs)**, Tomettes de récupération (sol), **Laine de lin et de chanvre (isolation des rampants)**, Bois (bardage, plancher, colombage, menuiserie)



## La Tiny des Alpes, petite maison miniature, nomade et écologique – Hautes-Alpes (05)

- MOA : Xavier Kemiec
- MOE : Charpentres (Sylvain Imbert, Laurent Céas de la Scierie haut-alpine)
- Année : 2014
- Coût : Inconnue
- Mode constructif : Maison miniature, nomade posée sur un *châssis remorque homologué, isolé principalement avec du chanvre, du lin et du coton, ossature en bois*



## Gîte de l'ânerie au Marais Vernier (27)

Source : Habitat individuel-Marais-Vernier-Eure  
@Louis Lac, François Louchet

## La Tiny des Alpes (AlpesEcoBois) (05)

Source : Article du Travaux Publics & Bâtiments du Midi du 6 août 2018 à 8h36

## ***Programmes & investisseurs***

### *S'engager dans la construction en lin pour des bâtiments mobilisant des ressources locales*

#### **Techniques Courantes & Techniques Non Courantes**

La construction professionnelle de lin et l'utilisation d'isolants en panneau et rouleaux à base d'étoupes font partie des Techniques Courantes (TC). L'utilisation d'anas pour le torchis, ou l'isolation phonique et acoustique, font partie des Techniques Non Courantes (TNC).

Les bétons, les mortiers à base de lin (anas, et/ou étoupes) n'ont aujourd'hui aucun cadre normatif puisqu'il s'agit de prototypes qui n'ont pas été mis en application.

En l'absence de DTU pour les anas de lin pour le torchis et l'isolation, il existe des guides de bonnes pratiques.

Actuellement, le lin est essentiellement utilisé par des particuliers qui réalisent des petits chantiers sur leur habitation individuelle.

l'ânerie au Marais Vernier [27] démontre l'envie des MOE de s'engager dans une démarche d'auto-conception et d'auto-construction. Un autre exemple est celui de la Tiny House [05], une petite maison miniature, nomade et écologique qui rassemble des acteurs locaux.

Le développement de nouveaux systèmes techniques à base de lin, de normes, d'essais, de la sensibilisation et de la demande, permettrait de former des artisans et des professionnels. A ce jour, aucune formation n'est dispensée en Normandie et en Ile-de-France, ce qui pourrait conduire à des utilisations dans des situations et des conceptions inadaptées, ainsi que des délais et des coûts de construction mal maîtrisés.

Aujourd'hui, la plupart des constructions en lin représente une prise de risque et un engagement dès lors qu'on sort des techniques non courantes, constituant un investissement supplémentaire.

L'objectif commun est de réduire l'impact environnemental et de valoriser les co-produits des linières tout en respectant la qualité des bâtiments.

#### **Maîtrises d'ouvrage impliquées**

- MOA directes : collectivités territoriales, particuliers
- MOA indirectes : aménageurs, promoteurs,
- Bailleurs sociaux

Aujourd'hui, les investisseurs sont d'une part les linières, qui valorisent leurs co-produits de l'industrie textile (anas de lin et étoupes), d'autre part les sociétés sensibles à la durabilité des matériaux, qui souhaitent valoriser le lin en investissant dans des projets (Bâtilin par exemple).

Le lin est une ressource abondante qui contribue à l'économie locale. L'exemple normand du projet de rénovation du gîte de

## **Atouts**

- Ressource très abondante (surtout en Normandie)
- Peu d'exigences culturelles
- Anas co-produit de l'industrie textile (soit ~55% de la masse de la plante), marché où il y a une forte demande, ce qui crée à la fois une grande disponibilité et une concurrence pour les parcelles
- Maîtrise du savoir-faire et beaucoup de linières présentes sur le territoire

## **Verrous**

- Culture sensible aux conditions pédoclimatiques
- Matériaux existants mais peu sont commercialisés sur le territoire
- Absence de cadre technico-normatif pour la plupart des SC

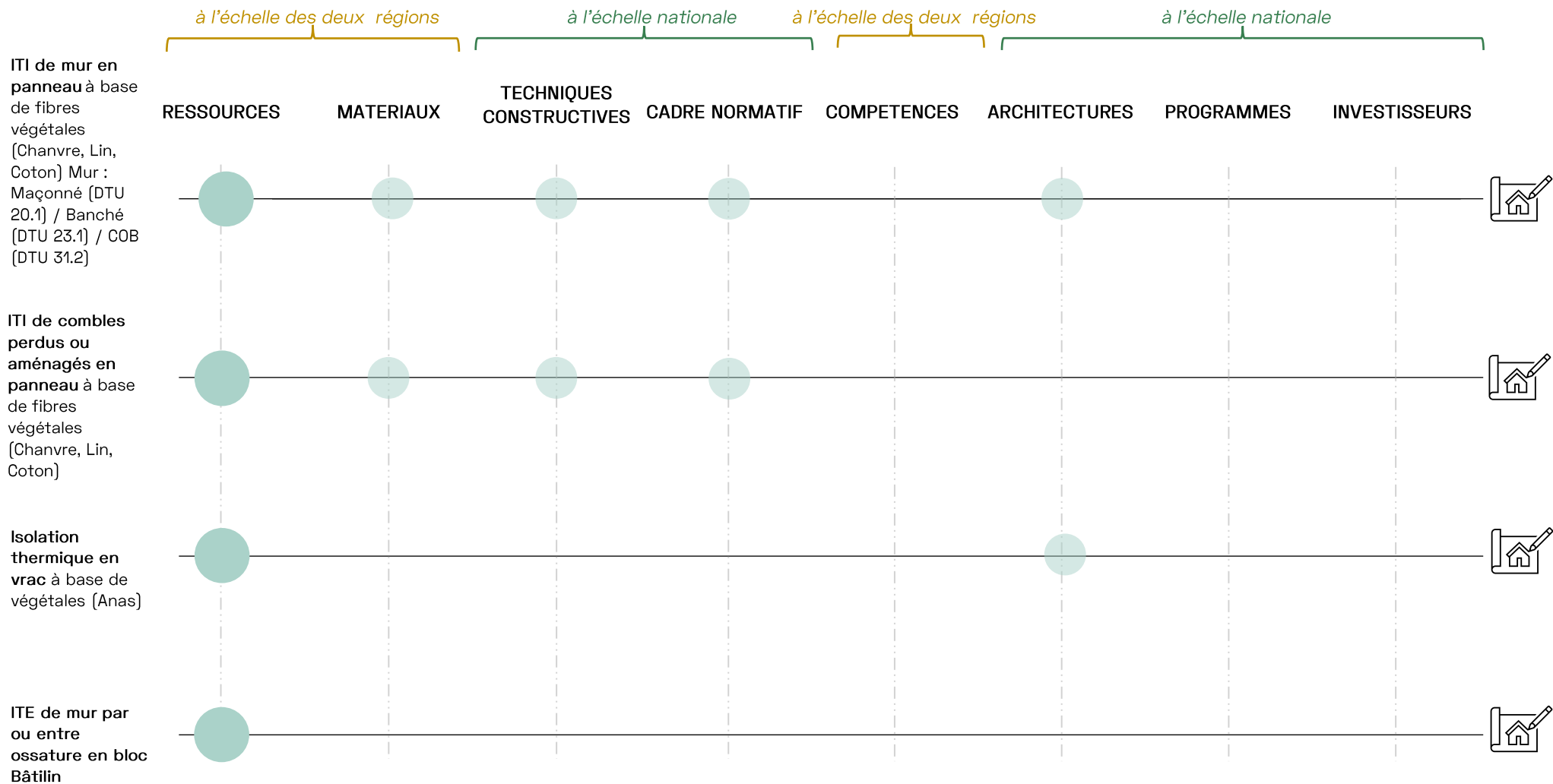
## **Leviers d'action opérationnels**

- Développer des matériaux à base de lin
- Caractériser les performances de ces nouveaux matériaux
- Construire des bâtiments démonstrateurs
- Attendre les retours d'expériences
- Mettre en place des aides financières pour la R&D

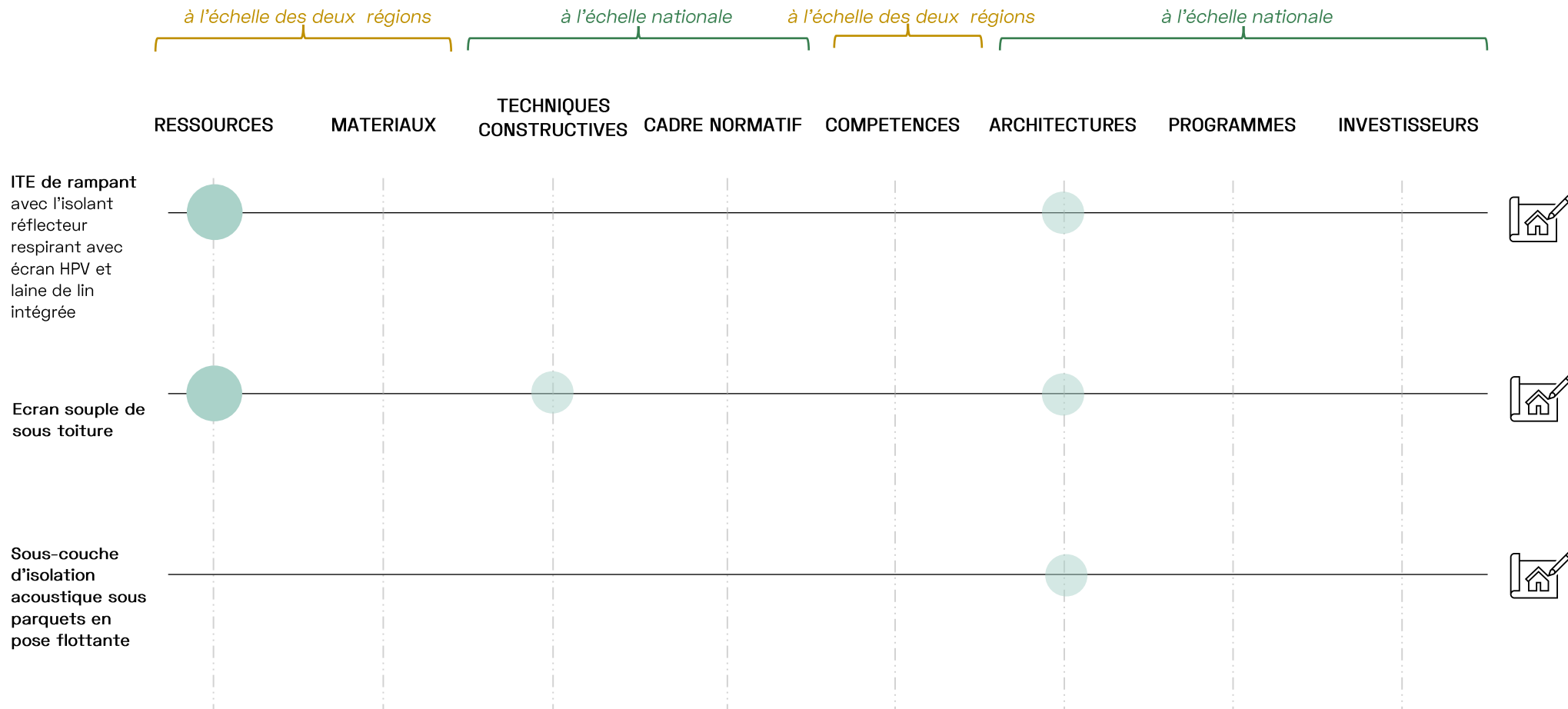
## **Pistes de développement à long terme**

- Développer l'offre de formation pour la mise en œuvre du matériau
- Création et développement d'un cadre technico-normatif
- Développer l'offre de formation pour la mise en œuvre du matériau

# Matrice de synthèse (1/2)



# Matrice de synthèse (2/2)





**Entretiens**

- **Depestele**, Hector Cuadrado – coopérative (22.03.22)  
UniLaSalle
- **Terre de lin**, Thierry Goujon – coopérative (06.04.22)  
UniLaSalle
- **CIPALIN**, Sophie Mayer – interprofession (08.04.22)  
UniLaSalle

**Webinaire filière LIN : 19 mai 2022**

- Hector Cuadrado – Depestele
- Isabelle Ghestem – Chambre régionale d’agriculture
- Cassandre Guntz – CEREMA
- François Streiff – Architecte et Chargé de mission Terre-écoconstruction
- François Glaizot - ARPE
- Benoit Dufraiche - Chargé de développement biosourcés et géosourcés
- Laurent Bouyer – Enerterre

## Bibliographie

- *Les matériaux bio-sourcés produits et/ou utilisés en Basse-Normandie* - Etude réalisée par la Région Basse-Normandie et coécrite par l'ARPE, ARCENE, l'ADEME Les Sept Vents du Cotentin, et un groupe d'expert (Juin 2012)
- *Les filières franciliennes des matériaux et produits bio-sourcés pour la construction* - Rapport d'étude 2014 de l'ARENE (2014)
- *La filière industrielle du lin en Seine-Maritime* – Seine-Maritime Expansion (Avril 2015)
- *Etude sur le secteur et les filières de production des matériaux et produits biosourcés utilisés dans la construction*, Etat des lieux économiques du secteur et des filières – Nomadéis (2017)
- *Données économiques du lin* – Terre de lin (2019)
- *Le guide des éco-matériaux Normands* – ARPE Normandie (Juillet 2020)
- *Fiche filière Lin Textile* – France Agri Mer (Janvier 2021)
- *Guide des éco-matériaux pour l'immobilier* – OID (Mars 2021)
- *Les filières des matériaux de construction biosourcés « Enjeux & Perspectives »* – Vallée de la Seine (2021)

# 6. *Filière Miscanthus*





## *Synthèse filière*

*Une culture dédiée à la biomasse et en plein essor grâce à ses rendements élevés*



### Etat de la filière

#### **Au stade du prototype pour la construction**

Aujourd'hui il n'existe pas de biomatériaux de construction à base de miscanthus commercialisés, mais seulement des prototypes (en mélange avec du ciment, de la chaux ou un liant pour réaliser une matière isolante). Cette culture non alimentaire est aujourd'hui cultivée dans sa quasi-totalité pour de la valorisation en biocombustible, litière animale et paillage horticole.

#### **A quand le cadre technico-normatif ?**

Les prototypes sont réalisés par des producteurs de miscanthus et des professionnels du bâtiment. Afin de développer un cadre normatif, la filière a besoin que des tests techniques soient menés pour évaluer les performances thermiques et acoustiques notamment.

### Perspectives de développement

#### **Création d'une filière Miscanthus**

France Miscanthus Normandie prévoit d'augmenter les parcelles de miscanthus d'année en année. Le miscanthus monopolisant la parcelle pour 20 ans, il existe une double concurrence de son utilisation pour l'éco-construction : d'une part avec les cultures alimentaires le miscanthus viendrait remplacer, et d'autre part avec les débouchés classiques du miscanthus (litière, paillage, combustion). Toutefois, les performances atteintes en matière de biomasse produite (pouvant aller jusqu'à 20t/ha) peuvent contrebalancer cette double concurrence.

#### **Lancement du projet FilMI 2 par BioMisG3**

L'objectif est d'amener vers l'industrialisation un maximum de produits miscanthus afin de structurer la filière industrielle. Il est essentiel de créer un cadre technico-normatif pour le miscanthus, inexistant à ce jour. Les demandes et investissements des groupes industriels comme Alkern et Ciments Calcia pourraient

inverser cette tendance et lancer l'industrialisation du miscanthus en mettant au point des bâtiments avec leur bloc porteur (Naturbloc Miscanthus par exemple).

### Les systèmes constructifs

Les 3 groupes de systèmes techniques présentés ci-dessous existent aujourd'hui en qualité de prototype.

#### **n°1 : Murs porteurs en maçonnerie en blocs de béton de Miscanthus**

Réalisé dans la Vallée de la Seine par Biomis G3, les Ciments Calcia et Alkern, ce prototype est conçu comme l'équivalent du béton classique en termes de propriétés thermiques et mécaniques (aujourd'hui non certifiées). Cependant, le projet de construction d'une façade de 1 700 m<sup>2</sup> à base de Naturbloc Miscanthus, à Chanteloup-en-Brie (77), n'a pas vu le jour en raison d'un surcoût de 2% sur le chantier.

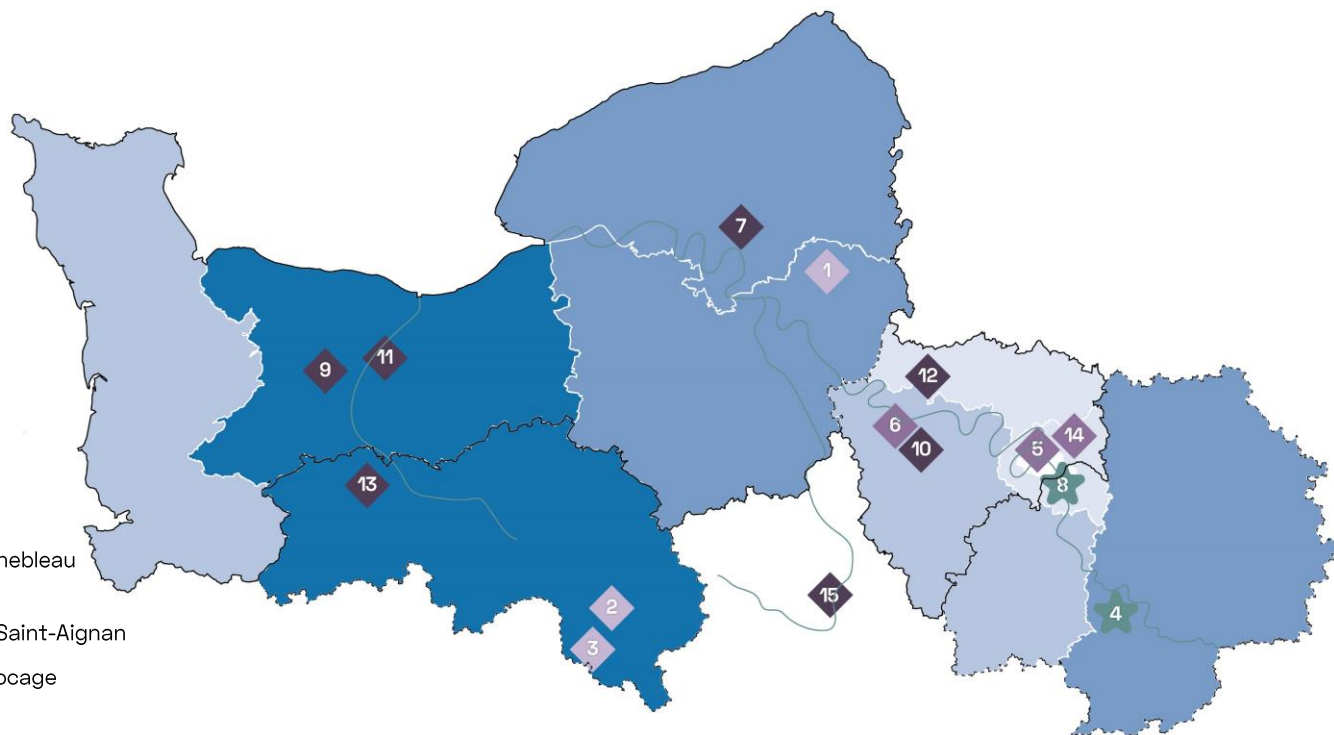
#### **n°2 : Isolation de mur entre ossature bois avec du béton végétal projeté**

Les fibres de miscanthus sont associées à une armature en bois pour isoler par l'extérieur. Vincent Fleith, producteur de miscanthus et vigneron en Alsace, a réalisé un essai sur un bâtiment viticole en raison des capacités d'isolation thermique et de régulation hygrothermique.




#### **n°3 : Isolation thermique en vrac**

Les fibres de miscanthus en vrac sont associées à une armature en bois pour isoler. Dans le Morbihan, l'entreprise AKTA réalise des bétons végétaux projetés à base de BVP Miscanthus. Dans le Centre-Val-de-Loire, MUANCE conduit les travaux avec des plaques de béton avec une couche isolante à base de 90% de miscanthus.


## Aperçu de l'écosystème Une filière éparse sur le territoire



4	Biomis G3	Fontainebleau
8	France Miscanthus	Paris
7	Nat'UP (Coopérative agricole)	Mont-Saint-Aignan
9	Asinerie du bocage	Villy-Bocage
10	Ferme de Beaufrepère	Maule
11	Miscanthus Normandie	Fleury-sur-Orne
12	Miscanthus 78	Montalet-le-Bois
13	Biocanthus	Athis-Val-de-Rouvre
15	Novabium	Champhol
	Rhizosphère	Brienne-sur-Aisne
5	Alkern (béton de miscanthus)	Paris
6	Ciments Calcia (béton de miscanthus)	Guerville
14	AKTA BVP (béton végétal projeté)	Paris
	Polybiom (BES 77)	Episy
2	Axereal (Coopérative agricole)	Cour-Maugis-sur-Huisne
3	Axereal (Installation de stockage)	Saint-Germain-de-la-coudre



-  Associations
-  Producteurs
-  Fabricants
-  Constructeurs

Production de miscanthus  
par département en milliers d'hectares



0 0.08 0.15 0.23 0.3

Source : Agreste

-  Périmètre du CPIER
-  Périmètre des régions  
Normandie et Ile-de-France

*Ces données n'ont pas vocation à être exhaustives.*



## Ressource

### Une culture aux rendements élevés, à développer sur des parcelles adaptées



© CA76

#### Une culture pérenne sur 15 à 20 ans

Introduite en France au début du XXIème siècle, les cultures de miscanthus engagent des parcelles pour une vingtaine d'années. La préparation des parcelles puis la plantation et l'implantation des rhizomes sont des moments délicats pour les cultures de miscanthus. Pendant les 3 premières années, les rhizomes vont former leur réseau racinaire en étant en concurrence directe avec les adventices. Une fois les rhizomes implantés, la culture de miscanthus repoussera toute seule, tous les ans pendant 15 à 20 ans. Actuellement en plein développement, ses surfaces ont doublées au cours des 6 dernières années.

#### Le stockage, enjeu logistique

Sa récolte se fait à 15% d'humidité, il n'y a pas besoin de séchage mais elle doit être stockée à l'abri sur dalles sèches, générant les problèmes classiques de la logistique du stockage des cultures annuelles (volume important, en moyenne 100m<sup>2</sup> pour 1 hectare). La reprise de cette marchandise se fait à l'aide d'un chargeur.

#### Une culture non alimentaire à valoriser

Le miscanthus est capable de pousser sur des sols considérés comme inadaptés à une culture alimentaire (sols pollués par exemple) et sa culture se caractérise par des rendements élevés (15 à 20 tonnes par hectare). Développée sur des parcelles adaptées afin de ne pas entrer en concurrence avec la production alimentaire, la culture de miscanthus présente des débouchés de valorisation variés : utilisée majoritairement dans la litière animale (46%), cette plante est également utilisée pour le chauffage (30%), le paillage horticole (20%) et l'alimentation animale, tout particulièrement celles des vaches laitières (4%). Aujourd'hui, la ressource, bien qu'en croissance, semble insuffisante pour répondre à la demande de l'ensemble de ces usages.

#### Une barrière protectrice dans les zones de captage d'eau et une lutte contre l'érosion

Grâce à ses rhizomes implantés profondément dans le sol, le miscanthus peut servir de barrière protectrice phyto-épuration dans les zones de captage d'eau et ainsi éviter les fuites de nitrates dans les nappes phréatiques. Le miscanthus est également utilisé pour lutter contre l'érosion. Il peut être planté sur des terres polluées par des métaux lourds, les produits polluants seront alors stockés dans les rhizomes.

Le miscanthus peut aussi être valorisé en chauffage, en paillage, en litière animale (directement produit par les éleveurs).

#### Une culture à « haute valeur environnementale » ?

Depuis 2018, le ministère de l'Agriculture et de l'alimentation a inscrit les cultures de Miscanthus Giganteus au sein de la Politique Agricole Commune (PAC) comme Surfaces d'intérêts Ecologiques (SIE) en interdisant l'utilisation des produits phytosanitaires et des fertilisants.

Le miscanthus n'ayant pas besoin d'azote, ni de produits phytosanitaires, sa culture est éligible aux SIE et à partir de 2023 aux écorégimes. De plus, le miscanthus est considéré comme une production biologique et rentre dans la certification Haute Valeur Environnementale (HVE).

#### Données clés

##### Disponibilité

14 tonnes/an (brutes)

##### Concurrences d'usage

Litière/ paillage / chauffage / alimentation (animale et parcelle alimentaire)

##### Adaptabilité au changement climatique

Moyenne

#### Fournisseurs de matière première

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



© fermedebeaumont

#### Données clés

**Sites de transformation :** Quelques sites

**Coopératives :** Environ une vingtaine

#### Fabricants de matériaux

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

#### **Des composites à base de miscanthus ?**

L'entreprise Polybiom a élaboré des bioplastiques 100% biosourcée à base de miscanthus. Ses composites pourraient être utilisés dans l'industrie du bâtiment pour la fabrication de colles ou résines biodégradables.

#### **Des données clés méconnues**

Il est impossible de déterminer le volume de production global, ou le volume moyen par producteur. Si les données en termes de surface et de nombre d'exploitants sont des données déclarées dans le cadre déclaration PAC des producteurs de miscanthus, ces données ne sont pas communiquées. De plus, concernant l'industrie du bâtiment, compte tenu qu'il existe seulement des prototypes intégrant une part variable de copeaux de miscanthus, il est difficile de quantifier l'utilisation dans les biomatériaux de construction.

#### **Une industrialisation des matériaux à base de miscanthus**

L'industrialisation de biomatériaux de construction à base de miscanthus permettrait le développement de nouvelles surfaces de miscanthus. Sachant qu'une parcelle de miscanthus produit pendant 15 à 20 ans, le coût de la mise en place de la culture est amorti sur 20 ans et s'élève à environ 150€/hectare/an. Le développement d'une filière miscanthus permettrait d'accélérer le processus d'industrialisation et de mieux connaître les prix.

## Caractérisation

#### **Les copeaux de miscanthus**

Seule la tige est récoltée, les feuilles forment, en tombant, un mulch qui prévient tout développement d'adventices. La tige est récoltée par une ensileuse qui produit des copeaux de miscanthus.

#### **Deux types de granulométries**

Le réglage de l'ensileuse permet l'obtention de 2 types de granulométries : 1 à 1,5 cm et 2 à 2,5 cm. Le conditionnement se fait en vrac ou en ballot compressés de miscanthus de 15-20 kg (dépeussieré ou non dépeussieré).

#### **Uniquement des prototypes à l'échelle laboratoire**

Actuellement, il n'existe aucun matériau à base de miscanthus utilisé dans la construction. Il s'agit uniquement de prototypes à l'échelle laboratoire réalisés par des producteurs de miscanthus et des professionnels du bâtiment.

# Miscanthus

Système constructif #1

## Murs porteurs en maçonnerie en blocs de béton de miscanthus

Un bloc de béton biosourcé équivalent au béton classique ?



© ciments-calcia

### Données clés

**Aire géographique d'approvisionnement**  
Normandie et Hauts-de-France

**Pas de FDES**

### Synthèse du Cadre technico-normatif

#### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- *A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel normatif ou prénormatif sur le procédé de murs porteurs en maçonnerie en blocs de béton de miscanthus*

#### Tests et essais performanciels

- *Voir le détail du Cadre technico-normatif*

### Applications constructives

#### Une agro-ressource qui permet la réalisation d'un béton porteur

Un bloc de béton porteur à base d'environ 60% de copeaux de miscanthus a été conçu pour être l'équivalent au béton classique au niveau des propriétés thermiques et mécaniques. Ce prototype a été réalisé dans la Vallée de la Seine par Biomis G3, les Ciments Calcia et Alkern. Malheureusement, la construction d'une façade de 1 700 m<sup>2</sup> à Chanteloup-en-Brie (77) à base de Naturbloc Miscanthus n'a pas vu le jour. Un surcoût de 2% sur le chantier était prévu.

A la suite des travaux réalisés dans le cadre du projet "Biomass For Future", il était conseillé d'utiliser le miscanthus dans des biomatériaux de construction pour un usage seulement en tant que bloc non porteur.

#### Une fabrication limitrophe

Les Naturbloc (miscanthus) sont fabriqués dans les Hauts-de-France, mais les copeaux proviennent de Normandie et des Hauts-de-France.

#### Les performances caractérisées en laboratoire (d'après les Ciments Calcia et Alkern)

Naturbloc (miscanthus) :

- résistance = 3 MPA
- Résistance thermique,  $R = 0,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \rightarrow R = 0,2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  pour les blocs traditionnels
- Confort acoustique = 54 dB (atténuation des bruits mur nu enduit une face)
- Performances de résistance au feu = 4h

### Uniquement des prototypes ?

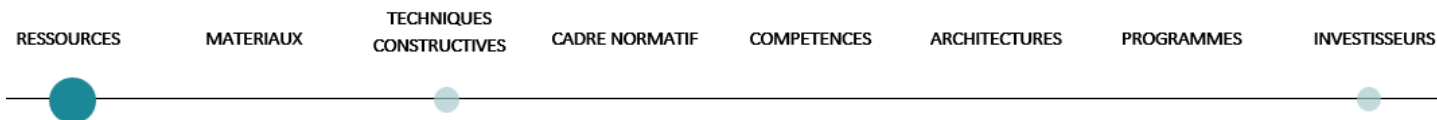
Actuellement, il n'existe aucune filière du miscanthus dans le secteur du bâtiment. Les essais se font directement par des particuliers et le plus souvent par les producteurs. Les coûts sont encore inconnus, de même pour la mise en œuvre et les types architectures concernées.

Il faudra attendre le développement de cette filière, pour connaître les coûts de fabrication et de mise en œuvre, ainsi que les performances des bétons porteurs et d'architecture significative à base de miscanthus.

### Cadre technico-normatif

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

A ce titre, il ne semble donc être visé par aucun référentiel, même du type guide de bonne pratique. Celui-ci relève en conséquence pleinement de la notion de technique non courante. L'attention du lecteur est donc attirée sur la difficulté majeure, en matière de collecte d'éléments pertinents, qui pourrait être rencontrée si une telle technique devait être envisagée pour un projet.



# Miscanthus

Système constructif #2

## **Isolation de mur entre ossature bois avec du béton végétal (miscanthus) projeté** *Des bonnes capacités thermique et d'absorption d'humidité*



© Hervé Kielwasser, L'Alsace

### Données clés

**Aire géographique d'approvisionnement**  
Normandie, Ile-de-France et Hauts-de-France

**Pas de FDES**

### Cadre technico-normatif

#### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel normatif ou prénormatif sur le procédé d'isolation de mur entre ossature bois avec du béton végétal

#### Tests et essais performanciers

- Voir le détail du Cadre technico-normatif

### Applications constructives

#### Des essais de particuliers ...

Les particules de miscanthus sont associées à une armature en bois pour isoler par l'extérieur. Vincent Fleith producteur de miscanthus et vigneron à Ingersheim en Alsace a réalisé une projection de béton végétal à base de miscanthus lui-même, pour ses capacités d'isolant thermique et d'absorbeur d'humidité sur l'un de ses bâtiments viticoles.

#### Uniquement des prototypes ?

Actuellement, il n'existe aucune filière du miscanthus dans le secteur du bâtiment. Les essais se font directement par des particuliers et le plus souvent par les producteurs. Les coûts sont encore inconnus, de même pour la mise en œuvre et les types architecturaux concernés.

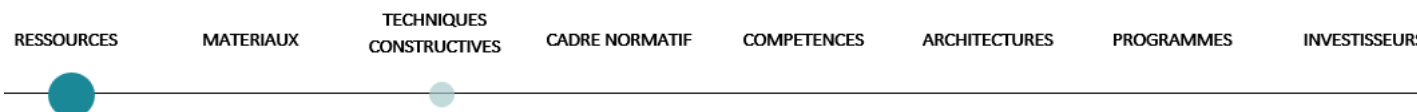
Il faudra attendre le développement de cette filière, pour connaître les coûts de fabrication et de mise en œuvre, ainsi que les performances du béton végétal projeté à base de miscanthus.

### Cadre technico-normatif

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

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

L'attention du lecteur est donc attirée sur la difficulté majeure, en matière de collecte d'éléments pertinents, qui pourrait être rencontrée si une telle technique devait être envisagée pour un projet.





# Miscanthus

Système constructif #3

## Isolation thermique en vrac à base de miscanthus

Un isolant écologique à faible coût



© maisonboiteabois

### Applications constructives

#### Des particules de miscanthus pour isoler

Les particules de miscanthus en vrac sont associées à une armature en bois pour isoler. Il existe deux prototypes réalisés par des particuliers: l'un dans le Morbihan (Bretagne) et un autre dans le centre Val de Loire (Eure et Loire).

#### Uniquement des prototypes ?

Actuellement, il n'existe aucune filière du miscanthus dans le secteur du bâtiment. Les essais se font directement par des particuliers et le plus souvent par les producteurs. Les coûts sont encore inconnus, de même pour la mise en œuvre et les types d'architectures concernées.

Il faudra attendre le développement de cette filière pour connaître les coûts de fabrication et de mise en œuvre ainsi que les performances des isolants en vrac à base de miscanthus.

### Cadre technico-normatif à date

A la date de réalisation du sourçage, il n'existe aucun référentiel technique visant un procédé d'isolation thermique en vrac à base de miscanthus.

Ce procédé relève, ainsi à date, de la technique non courante.

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

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

Nb: Pour démontrer l'atteinte de la fiabilité attendue, il est rappelé que ces démarches sont des démarches exigeantes, qui mobilisent souvent une expertise très élevée, du temps et des financements substantiels pour les mener de façon probante.

### Données clés

#### Aire géographique d'approvisionnement

Bretagne et Eure et Loire

Pas de FDES

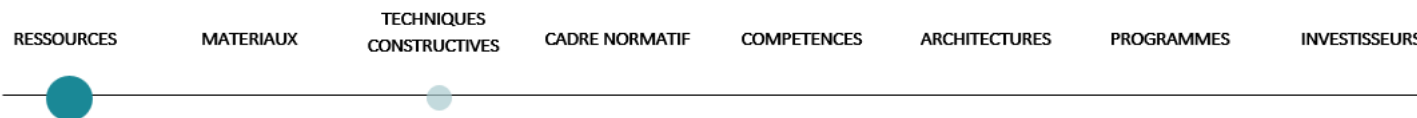
### Synthèse du Cadre technico-normatif

#### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel normatif ou prénormatif sur le procédé d'isolation thermique en vrac à base de végétales

#### Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif





## Actualités et perspectives d'évolution du cadre

### Historique de la filière

#### Une culture qui suscite de nombreux intérêts

Originaire d'Afrique et d'Asie du Sud, le miscanthus cultivé (*Miscanthus giganteus*) fait partie de la famille des *Poaceae*, une graminée pérenne rhizomateuse appelé vulgairement « roseau de Chine ». Le miscanthus appelé « herbe à éléphant » désigne la variété « quasi sauvage » qui est reconnue et cultivée pour ses bons rendements en paille. Elle suscite de nombreux intérêts dans les nouvelles filières industrielles de l'économie verte et tout particulièrement pour les matériaux de construction bio-sourcés. Cette variété est quasi exclusivement dédiée à la production de biomasse non alimentaire.

#### Une culture d'une vingtaine d'année introduite en France

En Europe, la culture du miscanthus a été introduite dans les années 1930. En France, il faudra attendre le début du XXI<sup>ème</sup> siècle pour son introduction. Cette monocotylédone issue d'une hybridation entre *M. sinensis* et *M. sacchariflores* est non invasive, puisqu'elle est stérile et atteint rapidement une hauteur de 2 à 4 mètres de haut. Aujourd'hui, une trentaine de variétés sont cultivées dans le monde, en France la quasi-totalité des hectares plantés repose sur une seule variété : le miscanthus giganteus..

### Spécificités terrain constatées

#### Dans l'attente des retours d'expériences

Aujourd'hui, seuls des particuliers ont réalisé des essais. Si les performances et les différents prototypes étaient caractérisés et approuvés par l'ensemble des experts., cela permettrait d'envisager la création d'un cadre technico-normatif, absent à ce jour.

### Actualités et perspectives de développement

#### Le miscanthus progresse et intéresse de plus en plus

Cette culture suscite beaucoup d'intérêt ces dernières années. De

nombreux agriculteurs et communes investissent pour la biomasse, ou pour remplacer l'utilisation de la paille dans les litières animales et le paillage horticole. Depuis quelques années, le miscanthus suscite un intérêt croissant dans les domaines de la construction automobile, des bio-plastiques et la construction. Pourquoi ? Sa rentabilité est surprenante : environ 10 à 15 tonnes de matière sèche à l'hectare.

#### Un besoin urgent de structurer la filière biomatériaux de construction à base de miscanthus

Il est essentiel de trouver plus de débouchés pour la filière dans l'éco-construction et de créer les conditions réglementaires adaptées. Actuellement, il n'existe aucun biomatériau de construction à base de miscanthus, mais uniquement des prototypes à l'échelle du laboratoire.

Certaines organisations ou associations comme France Miscanthus, ou BioMisG3 essaient de trouver des débouchés, de structurer et valoriser la filière du miscanthus. D'après Bernard Courtin, délégué général de BioMisG3, de nombreux projets sont en cours. C'est le cas de FilMi2 qui a pour objectif « d'amener le miscanthus aux portes de l'industrialisation ».

#### Maison individuelle en béton de miscanthus banché – Larnage, Drôme (26)

- MOA : Particulier
- MOE : Inconnue
- Année : 2015
- Coût : Inconnue
- Rénovation
- Mode constructif : béton de miscanthus banché en doublage avec une épaisseur de 10 cm.

#### Isolation d'un bâtiment viticole – Alsace (67)

- MOA : Particulier (Vincent Fleith)
- MOE : Particulier
- Année : 2020
- Coût : Inconnue
- Mode constructif : Béton végétal projeté à base de miscanthus pour l'isolation extérieur d'un bâtiment viticole

#### Chai bioclimatique en miscanthus – Ammerschwihr, Alsace (67)

- MOA : Particulier
- MOE : Inconnue
- Année : 2015
- Coût : Inconnue
- Rénovation
- Mode constructif : Béton de miscanthus et colombages en bois



Rénovation d'un bâtiment viticole (67)

© Vincent Fleith – Source : L'Alsace / Hervé Kielwasser



Chai bioclimatique (67)

Source : ADIL Information Énergie



Maison individuelle (26)

Source : ADIL Information Énergie

#### **Un besoin de formation professionnelle**

La maîtrise d'œuvre méconnaît la construction à base de miscanthus. Aujourd'hui aucune formation à la conception en miscanthus n'est dispensée en Normandie et en Ile de France.

#### **Un enjeu de structuration de la filière miscanthus**

##### **Des personnes engagées**

Certaines organisations, comme BioMisG3 essaient de trouver des débouchés, de structurer et valoriser la filière du miscanthus.

Des projets sont en cours, c'est le cas de FilMi2 pour "amener le miscanthus aux portes de l'industrialisation" d'après Bernard Courtin délégué général de BioMisG3.

L'association France Miscanthus, avec ses 18 adhérents réunit la quasi-totalité du savoir-faire en France. Elle est à l'origine de tous les aspects réglementaires liés à la production de miscanthus, au suivi statistique des volumes, de débouchés et des prix. France Miscanthus a, par ailleurs pris des dispositions pour que le miscanthus intègre la formule Label Bas Carbone des grandes cultures de façon à valoriser le stockage du carbone dans le sol de cette plante.

Quelques agriculteurs réalisent des prototypes de construction, ou de rénovation eux même.

Aujourd'hui, la plupart des constructions en miscanthus constitue une prise de risque et un engagement lorsqu'on sort des techniques non courantes et donc un investissement.

#### **L'investissement des particuliers**

Aujourd'hui, il n'existe aucun bâtiment reconnu construit en miscanthus. Mais ses débouchés sont en plein développement : des particuliers réalisent des bétons projetés pour isoler par l'extérieur, ou encore des bétons à base de miscanthus.

#### **Quelques exemples inspirant en France**

En Alsace, certains projets de rénovation de bâtiments agricoles réalisés par des particuliers comme l'isolation d'un bâtiment viticole réalisée par Vincent Fleith avec du béton végétal projeté à base de miscanthus et la rénovation d'un chai bioclimatique avec du béton de miscanthus, puis dans la Drôme, la rénovation d'une maison individuelle avec de béton de miscanthus banché réalisée par des particuliers. Tous ces projets démontrent l'envie des MOE et des MOA de s'engager dans une démarche dans des projets de construction à base de miscanthus.

#### **L'urgence d'une structuration de la filière biomatériaux de construction à base de miscanthus**

Le développement de nouveaux systèmes techniques à base de miscanthus, de normes, d'essais, la sensibilisation et la demande permettraient de former des artisans et des professionnels qualifiés. A ce jour, aucune formation n'est dispensée en Normandie et en Ile de France ce qui pourrait entraîner des utilisations dans des situations et des conceptions inadaptées, des délais et des coûts de construction mal maîtrisés.

### Atouts

- Ressource peu abondante sur le territoire mais disponible avec un rendement très élevé (15-20 t/ha)
- Pousse sur sol impropre à la consommation alimentaire
- Repousse naturellement tous les ans pendant 15 à 20 ans
- Barrière phyto-épuration (dépollue les sols et limite l'érosion)

### Verrous

- Culture non alimentaire qui monopolise la parcelle pendant 15 à 20 ans
- Implantation coûteuse
- Peu de retour d'expériences et de données (introduit en France début XXème siècle)
- Pas de matériau de construction existant et commercialisé sur le territoire
- Aucun cadre technico-normatif (au 1er juillet 2022)
- Manque de recherche génétique pour diversifier les variétés

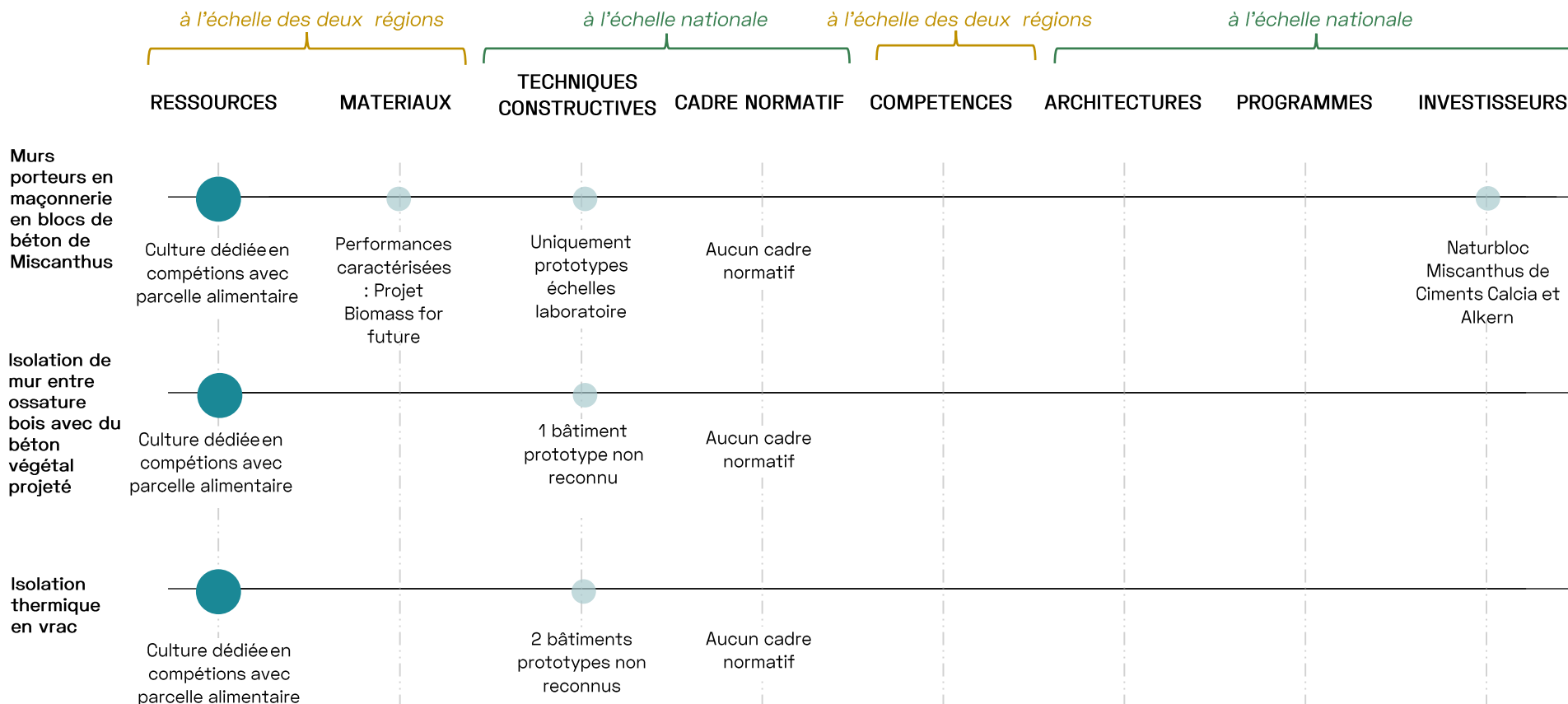
### Leviers d'action opérationnels

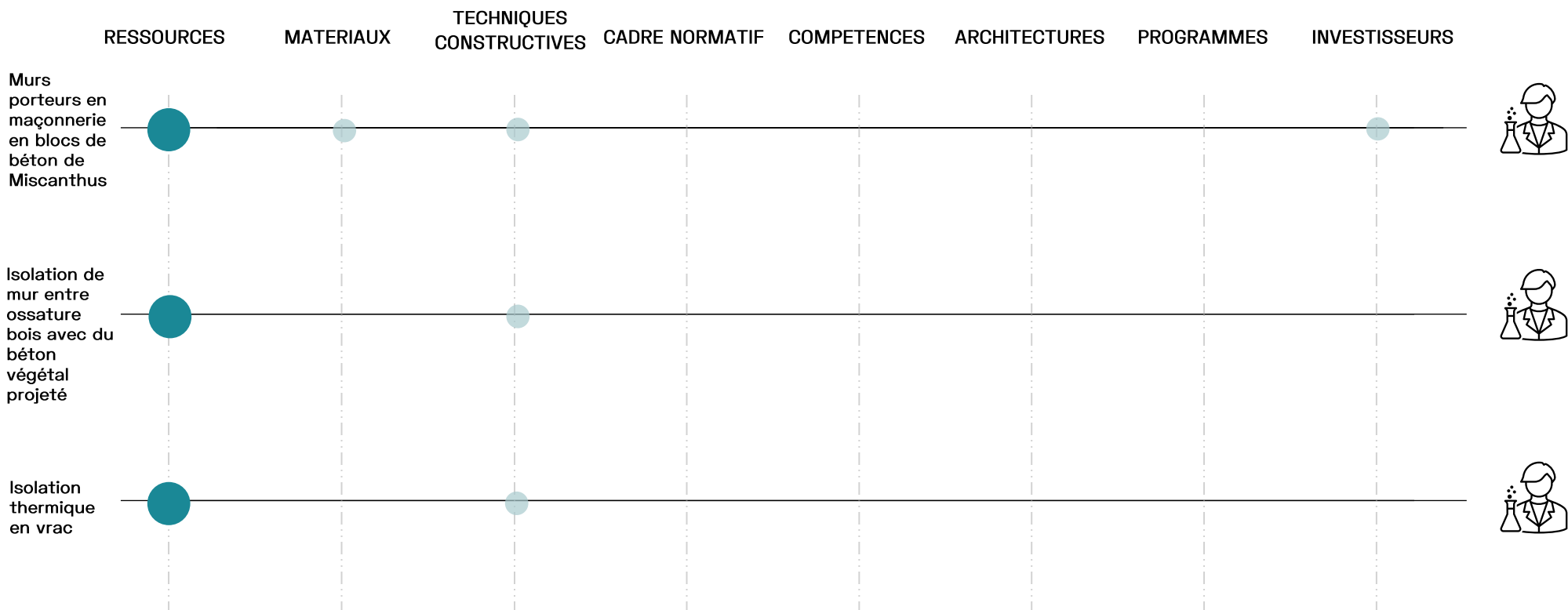
- Développer des matériaux à base de miscanthus dans la construction
- Caractériser les performances de ces nouveaux matériaux
- Construire des bâtiments démonstrateurs
- Attendre les retours d'expériences
- Mettre en place des aides financières pour la R&D

### Pistes de développement à long terme

- Création et structuration d'une filière miscanthus dans le domaine de la construction
- Création et développement d'un cadre technico-normatif
- Développer l'offre de formation pour la mise en œuvre du matériau dans la construction







### Entretiens

- France Miscanthus, Alain Jeanroy – interprofession (23.03.22) UniLaSalle
- BioMisG3, Bernard Courtin – association (07.04.22) UniLaSalle

### Webinaire filière MISCANTHUS : 19 mai 2022

- Isabelle Ghestem - Chambre régionale d'agriculture
- Cassandre Guntz – CEREMA
- François Streiff – Architecte et Chargé de mission Terre-écoconstruction
- François Glaizot - ARPE
- Benoit Dufranche - Chargé de développement biosourcés et géosourcés
- Laurent Bouyer – Enerterre

### Bibliographie

- *Cultures énergétiques en zones de captage : perspectives et réalisations* - Rapport d'étude 2014 de l'ARENE (2014)
- *Les filières franciliennes des matériaux et produits biosourcés pour la construction* - Rapport d'étude 2014 de l'ARENE (2014)
- *Étude sur la formation des prix dans la filière française de production du miscanthus*, Synthèse - édition août 2020 de France Agri Mer (2020)
- *Les filières des matériaux de construction biosourcés « Enjeux & Perspectives »* – Vallée de la Seine (2021)

# 7. *Roseau & filières en développement*





# Roseau et filières en développement

## Synthèse filières



### Etat de la filière

#### Des gisements de co-produits alimentaires peu présents sur le territoire

Les cultures alimentaires comme le maïs, le colza et le tournesol sont très développées à l'échelle nationale du fait de la forte demande agroalimentaire, mais relativement peu présentes sur le territoire d'étude par rapport à d'autres régions. En termes de spécificité régionale, l'Île de France produit ainsi un peu plus de maïs grain et 3 fois plus de tournesol que la Normandie, tandis que la production de colza normande est 2 fois supérieure. Ces cultures génèrent des co-produits en abondance : les tiges, composées d'écorce et de moelle, sont peu valorisées même si elles peuvent l'être en litières, paillage, combustion notamment.

#### Le cas particulier de la filière roseau dans le bâti

Le roseau n'est pas, à proprement dit, une filière en développement. La réalisation des toitures en chaume à partir des tiges séchées est effectivement déjà très développée. Cependant, les particules de tiges de roseau pourraient aussi être utilisées dans des mélanges liant minéral - particules végétales. Ces applications étant en cours de développement, il a été choisi de faire apparaître le roseau dans cette partie.

#### Les roselières, des écosystèmes riches mais envahissants et difficiles d'accès

Les roselières forment un écosystème de zone humide extrêmement riche, abritant amphibiens, poissons et oiseaux en grande quantité. Néanmoins, sa récolte étant très éprouvante et la concurrence rude avec les pays de l'Est et de l'Asie, les coupeurs de roseau sont en voie de disparition sur le territoire.

### Les systèmes constructifs

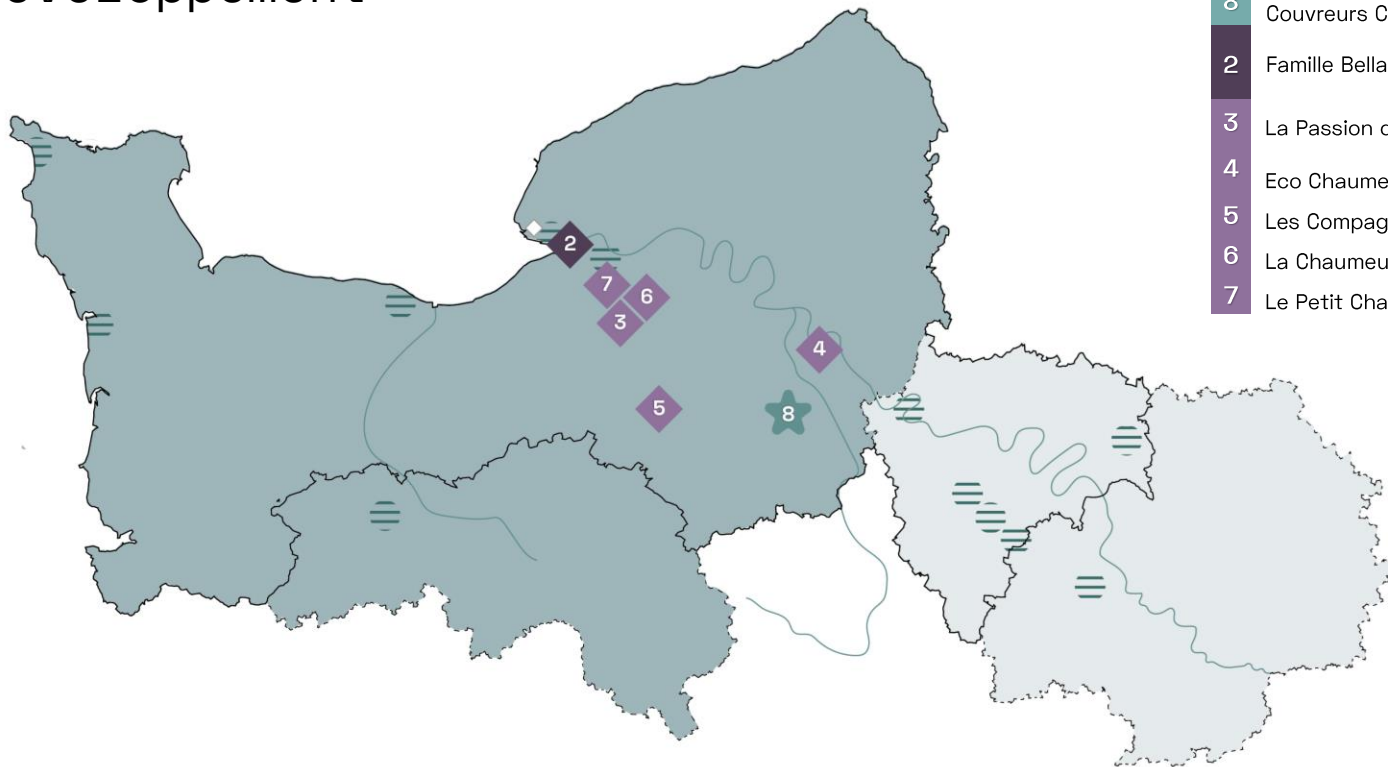
- **Isolation de mur entre ossature bois avec du béton végétal de maïs, tournesol, colza.** Pour les tiges de colza, des prototypes sont en cours de réalisation pour la fabrication de béton porteur et banché, comme il en existe déjà pour le chanvre. Le même procédé peut être envisagé avec d'autres particules végétales issues des tiges de maïs, lin, roseau, tournesol (ou de balles de riz, sarrasin, épeautre, etc.).
- **Isolation thermique en panneau à base de tiges de tournesol, colza et maïs,** en panneaux agglomérés (au stade de R&D)
- **Isolation thermique en vrac.** Des prototypes d'isolants à base de particules de maïs, de colza et tournesol sont à l'étude afin de transformer les tiges broyées ou les balles de graines en isolant en vrac.
- **Couverture en Chaume.** Issue de la construction vernaculaire, la couverture en chaume apporte fraîcheur en été, chaleur en hiver et une bonne isolation acoustique. Contrairement aux précédents, il s'agit d'un système constructif déjà parfaitement développé.

On note que d'autres applications utilisant des quantités plus marginales de roseau existent :

- Murs porteurs en terre crue avec fibres de paille (Bauge) (se référer à la filière terre crue pour plus de précisions)
- Remplissage entre ossature bois à base de terre crue et paille (Torchis, Terre allégée) (se référer à la filière terre crue pour plus de précisions)

# Aperçu de l'écosystème du roseau

## Une culture localisée tout le long de l'estuaire de la Seine

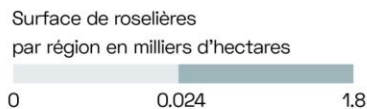


8	Association Nationale des Couvreur Chaumiers	Évreux
2	Famille Bellamy	Estuaire de la Seine
3	La Passion du Chaume	Lieurey
4	Eco Chaume	Toutes la Normandie et l'Ile-de-France
5	Les Compagnons Chaumiers	Mesnil-en-Ouche
6	La Chaumeuse	Pont-Audemer
7	Le Petit Chaumier	Fort-Moville

**AUTRES ACTEURS**

◇	La Maison de l'Estuaire	Le Havre
---	-------------------------	----------

- Associations
- Autres acteurs
- Producteurs
- Fabriquants



Source : Office Français de la Biodiversité, rapport "Les roselières en France métropolitaine : premier inventaire [1998-2008]"

- Réserves de roseau



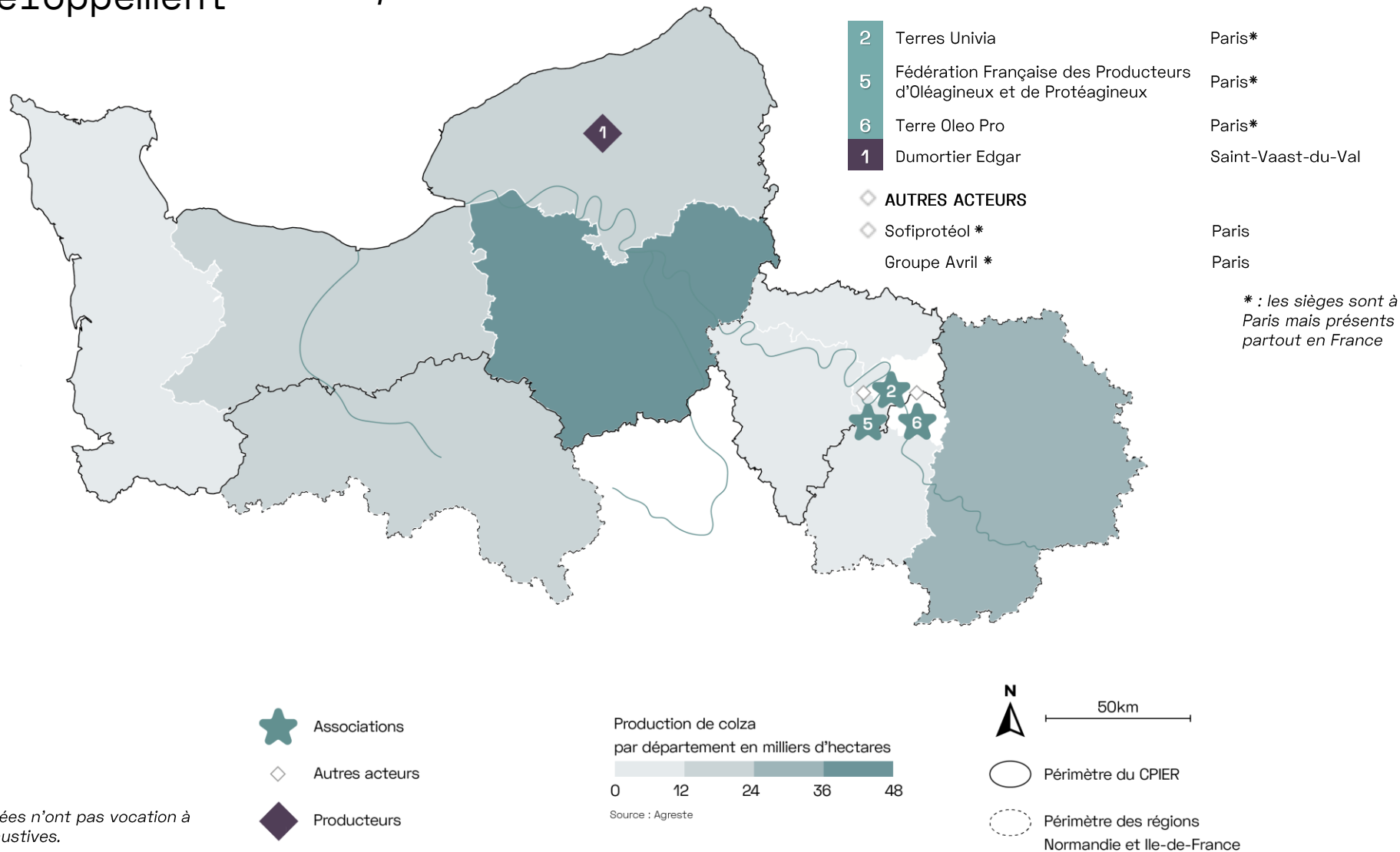
- Périmètre du CPIER
- Périmètre des régions Normandie et Ile-de-France

Ces données n'ont pas vocation à être exhaustives.

Roseau et  
filières en  
développement

## Aperçu de l'écosystème du colza

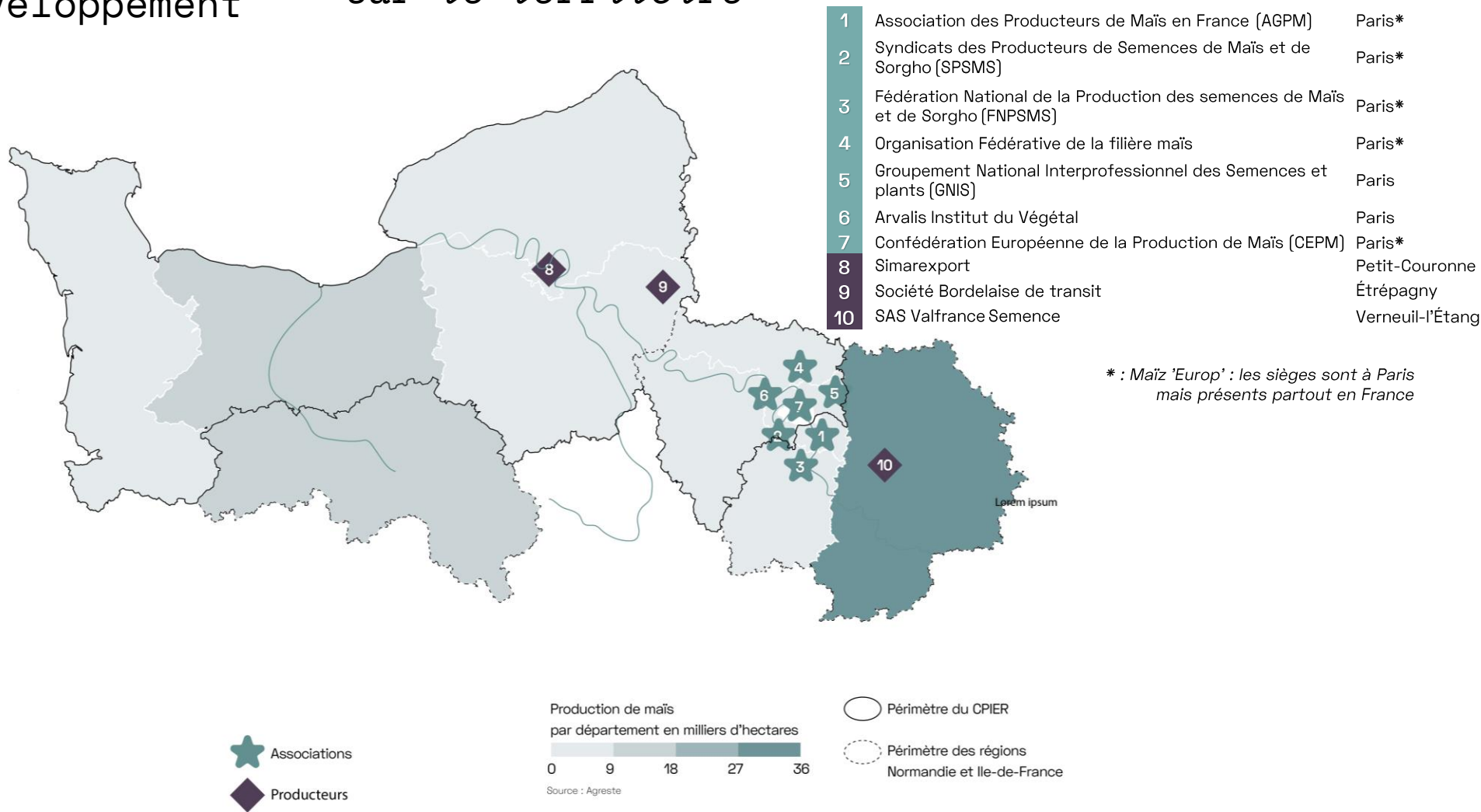
Le colza, peu présent sur le territoire mais  
important dans la rotation des cultures



Ces données n'ont pas vocation à être exhaustives.

# Roseau et filières en développement

## Aperçu de l'écosystème du maïs Des associations parisiennes présentes partout sur le territoire

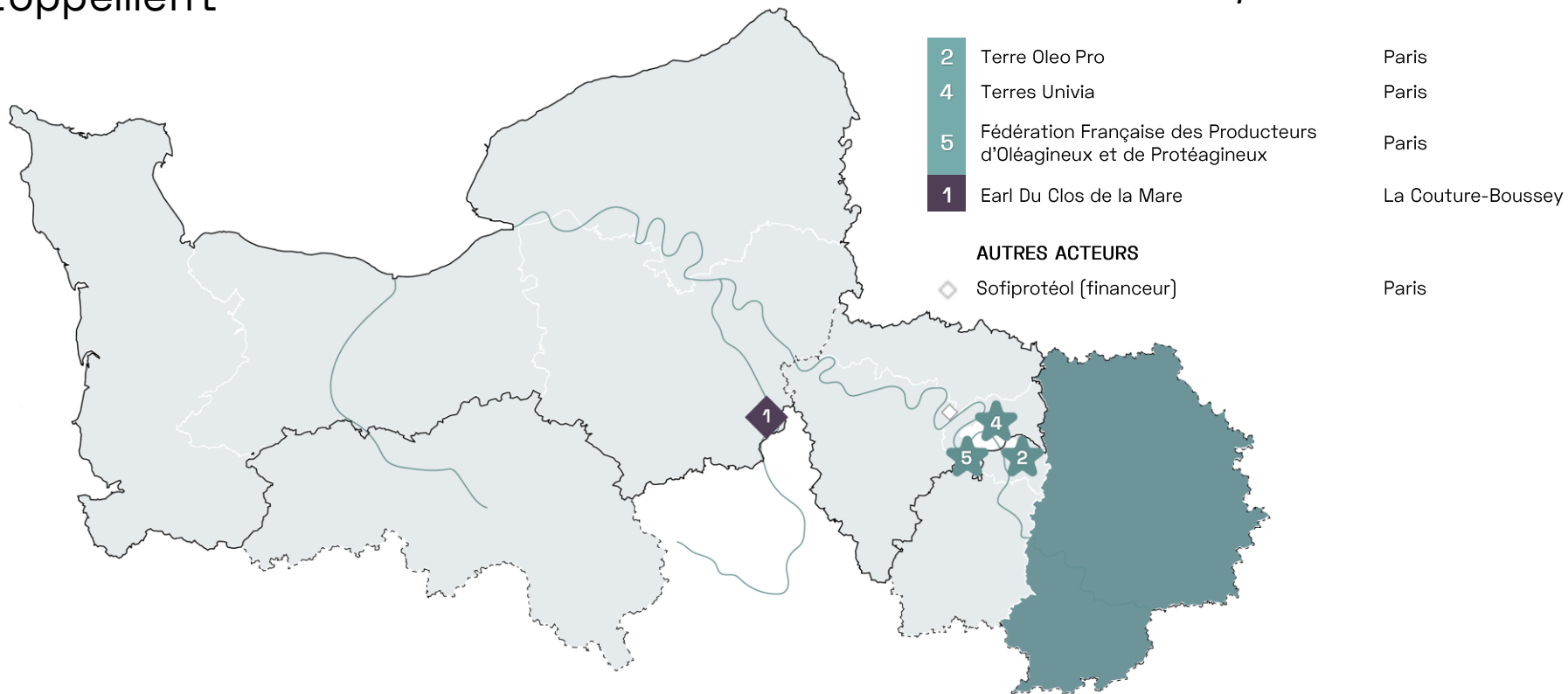


Ces données n'ont pas vocation à être exhaustives.

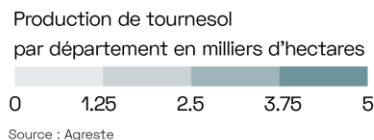
# Roseau et filières en développement

## Aperçu de l'écosystème du tournesol

Une culture très peu représentée sur le territoire à cause du climat inadapté



- ★ Associations
- ◇ Autres acteurs
- ◆ Producteurs



- N
- 50km
- Périmètre du CPIER
- Périmètre des régions Normandie et Ile-de-France

Ces données n'ont pas vocation à être exhaustives.



# Roseau et filières en développement

## Ressource

### L'utilisation des co-produits agricoles alimentaires locaux pour ouvrir à une diversité sur le marché du bâtiment

#### Les co-produits des cultures alimentaires

Les co-produits des cultures alimentaires sont nombreux. Prenons l'exemple du maïs, la 2<sup>ème</sup> culture la plus produite en France (source : Maiz'Europ). Le colza et le tournesol sont tous les deux très prisés par le secteur alimentaire et tout particulièrement pour les huiles alimentaires (source : Fédération Française des Producteurs d'Oléagineux et de Protéagineux).

En France, pour l'année 2020, le maïs était de 132 949 59 tonnes, le colza de 558 991,5 tonnes et le tournesol de 1 607 077,5 tonnes (source : Agreste - Statistique agricole annuelle 2020). Dans tous les exemples ci-dessus, on obtient comme co-produits, des morceaux de tiges composés de moelle et d'écorce.

#### Utiliser des co-produits locaux

Chaque département, chaque région doit s'adapter pour utiliser des co-produits locaux issus des cultures. A l'échelle de nos deux régions d'études, le maïs grain est légèrement plus présent en Ile de France qu'en Normandie. Le tournesol est trois fois plus présent en Ile de France. Alors que le Colza est deux fois plus présent en Normandie. Dans tous les cas, le maïs grain, le colza et le tournesol restent peu représentés sur le territoire normand et francilien. Les récoltes dépendent énormément des conditions pédo-climatiques.

#### Beaucoup de concurrences d'usages

Le maïs, le colza et le tournesol servent à l'alimentation humaine, mais aussi à celle animale (coque, tourteau, ..). De plus, les tiges obtenues lors des récoltes servent essentiellement aux litières animales.

Les biocarburants de 1<sup>ère</sup> génération utilisent les plantes oléagineuses pour produire des carburants.

Les tiges peuvent servir de biomasse dans les chaudières adéquates.

#### Le stockage toujours à l'abri de l'humidité

Que ce soit pour le maïs, le colza, le tournesol ou le roseau le stockage doit être fait à l'abri de l'humidité, dans des hangars bien aérés.. Pour les trois premiers exemples ci-dessus, il doit être également à l'abri de la lumière. Dans tous les cas, le stockage prend de la place.

#### Les roselières, un écosystème extrêmement riche

Cette plante vivace rhizomateuse est connue comme une espèce envahissante cosmopolite, puisqu'elle est présente dans de nombreuses zones humides dans le monde et pousse naturellement. Ces zones sont appelées roselières, elles sont plus ou moins denses (source : Données d'Observations pour la Reconnaissance et l'Identification de la faune et la flore Subaquatiques). Les roselières ont un rôle très important dans les écosystèmes naturels en tant que frontière directe entre la terre et l'eau, elles sont l'habitat de nombreuses espèces protégées comme les oiseaux, les amphibiens, les insectes, les mammifères. De plus elles servent de barrière pour la filtration, la phyto-épuration et de fixation des sédiments.

#### Où sont les coupeurs de roseau ?

La récolte au sein des roselières est très difficile car ce sont des zones humides. Le métier est en voie de disparition car nécessite plusieurs années d'expérience et les machines de coupes sont très onéreuses. Cette matière première peut aussi provenir des pays de l'Est et d'Asie. Cette récolte rigoureuse, nécessitant une main d'œuvre importante, fait du roseau une ressource onéreuse. Il est impossible de chiffrer la quantité disponible de roseau mais sa quantité récoltée est réglementée pour éviter d'abimer, ou de détruire l'écosystème que la roselière abrite.

Par exemple, l'entreprise Bellamy récolte environ 100 ha de roselière sur les 400 ha disponibles dans l'estuaire de la Seine, ce qui équivaut à environ 500 000 bottes chaque année, soit environ 42 000 m<sup>2</sup> de surface de chaume.

#### Un cas particulier

Certaines couvertures de chaume en Brière rencontrent un problème de dégradation fongique prématuré.

Actuellement, l'origine de ces moisissures est encore mal connue (composition chimique, climat, récolte, stockage, erreur artisanale, réchauffement climatique...).



@terres-et-territoires.com/

#### Données clés

##### Disponibilité

558 991,1 tonnes (Colza)  
1 607 077,5 tonnes (Tournesol)  
132 949 59 tonnes (Maïs)  
Inconnue (Roseau)

##### Concurrences d'usage

Alimentaire / Cosmétiques &  
Pharmaceutiques / Bioplastique /  
Biocarburant / Litières animales / Biomasse

##### Adaptabilité au changement climatique

Moyenne – Forte

#### Fournisseurs de matière première

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

## Matériaux (1<sup>ère</sup> transformation) Utiliser de nouvelles pailles pour construire durablement

### Données clés

**Sites de transformation :** aucun

**Coopératives :** 0 roseau ; ~ 60 (maïs) ; ~ 5 (tournesol et colza)

**Volume de production global (estimation gisement en particule végétal)**  
121 410 tonnes (île de France) + 240 600 tonnes (Normandie) de tiges de Colza  
6 195 tonnes (île de France) + 2 120 tonnes (Normandie) de tiges de Tournesol  
102 550 tonnes (île de France) + 79 220 tonnes (Normandie) de tiges de Maïs  
Inconnue tonnes de tiges de Roseau

**Volume moyen par producteur**  
N.C. tonnes / an (net)

### Fabricants de matériaux

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

### Caractérisation

#### Le Maïs

Dans les secteurs du bâtiment, l'amidon de maïs est utilisé comme revêtement mural, c'est à dire peintures, résines, lasures et colles (source : Les matériaux de construction biosourcés dans la commande publique, Avril 2020 de Nomadéis).

#### D'autres pistes, d'autres prototypes ...

Une piste sur un isolant à base de tiges de tournesol et de carapaces de crevette, le projet Demether en phase R&D. Jean-Denis Mathias est chargé de recherche à l'institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement. Avec la moelle de tournesol présentant "une très bonne porosité", et "leurs fibres susceptibles d'assurer une tenue mécanique", l'objectif du projet était de créer un isolant biosourcé à partir des broyats de tournesol et d'un liant d'origine naturelle : la chitine issue de la carapace des crustacés (source : Agence National de la recherche, ANR).  
De nombreux prototypes attendent dans les laboratoires.

#### D'autres prototypes ?!

Dans l'idée de trouver des matériaux toujours plus respectueux de l'environnement, mais aussi efficaces que les matériaux de référence dans le bâtiment, de nombreuses études, de nombreux prototypes sont en train de germer et de voir le jour dans des laboratoires de recherche, soit à la demande des agriculteurs, soit à la demande d'industriels, soit des particuliers, ...

#### Deux grandes cultures oléagineuses ; le Colza et le Tournesol

Il existe deux grandes valorisations issues de la production agricole des plantes oléagineuses. Soit à partir des graines, soit à partir de la paille. Les graines sont utilisées dans l'alimentation, elles sont en concurrence avec l'industrie alimentaire (animale, ou humaine). Alors que la paille est un co-produit de la culture du colza, il n'y a aucune forme de concurrence.

A partir des pailles, on peut obtenir différents produits utilisés dans le bâtiment (sources : Nomadéis ; Guide des éco-matériaux pour l'immobilier, Mars 2021 – OID) :

- En vrac, Les particules végétales sont traitées à la chaux pour garantir de bonnes performances isolantes ;
- Béton porteur, encore à l'étude ;
- Béton branché, associée à une structure en bois, la paille forme un isolant léger
- Béton préfabriqué, par exemple le projet BIP Colza un béton industriel préfabriqués à partir de granulats de colza. Ce projet a été financé par le CODEM (Construction durable et éco matériaux innovants) et la région des Hauts-de-France ;
- Terre allégée, la paille de colza est mélangée avec de la terre pour être utilisée comme matériau de remplissage pour la construction de murs, de cloisons, de planchers, ... ;
- Panneaux agglomérés, à base de paille de colza, ou à base d'écorce et/ou de moelle de tournesol ont été créés au sein d'UniLaSalle Mont Saint Aignan. Ce sont des panneaux 100% biosourcés (source : "Nouvelles agroressources pour panneaux de particules 100% biosourcés" H. Lenormand et al., Novembre 2014) ;
- Mortier, voir le projet de Désiré NDAHIRWA, thésard chez UniLaSalle Mont Saint Aignan. Il a mis au point des mortiers à base de cendres de biomasse et de tiges de tournesol

# Isolation de mur entre ossature bois avec du béton végétal (maïs, tournesol, colza) Une mise en œuvre inspirée et similaire au béton de chanvre et de lin



@Granupaille

## Données clés

**Aire géographique d'approvisionnement**  
*Pas de fabricant sur le territoire*

**Délais**  
En fonction des stocks disponibles

Pas de FDES

## Synthèse du Cadre technico-normatif

### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- *A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel normatif ou prénormatif sur le procédé d'isolation de mur entre ossature bois avec du béton végétal*

### Tests et essais performanciels

- *Voir le détail du Cadre technico-normatif*

## Applications constructives

### Uniquement des prototypes ?

Actuellement, il n'existe aucune filière des tiges de colza, de tournesol, ou de maïs dans le secteur du bâtiment. Les essais se font directement par des particuliers et le plus souvent par les producteurs pour l'isolation en vrac. Pour l'isolation des murs entre ossature bois avec du béton végétal, il s'agit de prototypes à l'échelle laboratoire. Les coûts sont encore inconnus, de même pour la mise en œuvre et les types architectures concernés.

### En attente du développement de ces filières ... en développement

Il faudra attendre le développement de ces différentes filières, pour connaître les coûts de fabrication et de mise en œuvre. Ainsi que les performances de ces différents matériaux et d'architectures significatives à base de de colza, de tournesol, ou de maïs.

## Cadre technico-normatif

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

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

L'attention du lecteur est donc attirée sur la difficulté majeure, en matière de collecte d'éléments pertinents, qui pourrait être rencontrée si une telle technique devait être envisagée pour un projet.

RESSOURCES      MATERIAUX      TECHNIQUES CONSTRUCTIVES      CADRE NORMATIF      COMPETENCES      ARCHITECTURES      PROGRAMMES      INVESTISSEURS

## ***Isolation thermique en panneau à base de maïs, tournesol, colza***

*Une technique facile d'utilisation comme avec  
la paille de blé*



### Données clés

#### Aire géographique d'approvisionnement

*Pas de fabricant sur le territoire  
Maïs ressource cultivée sur le territoire*

#### Délais

En fonction des stocks disponibles

Pas de FDES

### Synthèse du Cadre technico-normatif

#### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- *A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel normatif ou prénormatif sur le procédé d'isolation en panneau à base de ouate de cellulose*

#### Tests et essais performanciels

- *Voir le détail du Cadre technico-normatif*

### Applications constructives

#### Voir système constructif #1 :

- Uniquement des prototypes ?
- En attente du développement de ces filières ... en développement

Nb: Pour démontrer l'atteinte de la fiabilité attendue, il est rappelé que ces démarches sont des démarches exigeantes, qui mobilisent souvent une expertise très élevée, du temps et des financements substantiels pour les mener de façon probante.

### Cadre technico-normatif

A la date de réalisation du sourçage, il n'existe aucun référentiel technique visant un procédé d'isolation thermique en panneau à base de maïs, ou de tournesol, ou de colza.

Ce procédé relève, ainsi à date, de la technique non courante.

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

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

RESSOURCES      MATERIAUX      TECHNIQUES CONSTRUCTIVES      CADRE NORMATIF      COMPETENCES      ARCHITECTURES      PROGRAMMES      INVESTISSEURS

# Isolation thermique en vrac à base de végétaux (maïs, tournesol, colza)

*Du vrac pour des zones difficiles d'accès*



@UniLaSalle

## Données clés

**Aire géographique d'approvisionnement**  
Pas de fabricant sur le territoire  
*Mais ressource cultivée sur le territoire*

**Délais**  
En fonction des stocks disponibles

**Pas de FDES**

## Synthèse du Cadre technico-normatif

### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- *A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel normatif ou prénormatif sur le procédé d'isolation en panneau à base de ouate de cellulose*

### Tests et essais performanciers

- *Voir le détail du Cadre technico-normatif*

## Applications constructives

### Voir système constructif #1 :

- Uniquement des prototypes ?
- En attente du développement de ces filières ... en développement

### Des essais de particuliers...

Un couple situé dans le centre Val de Loire, à Nouans les Fontaines. Gérant de DorDiAire, des maisons d'hôtes écotouristiques et salle de restaurant ont décidé de rénover leur bâtiment en 2021.

Leur objectif était d'avoir une maison rénovée avec des produits locaux et responsables. Le ciment a été remplacé par de la chaux, le polystyrène par de la pouzzolane, la laine de verre par des fibres de bois. Les murs en moellons, tuffeau, silex et terre ont été isolés avec une projection de rafles de colza (fournies par un agriculteur local) avec de la chaux, puis avec un enduit à base d'argile.

## Cadre technico-normatif

A la date de réalisation du sourçage, il n'existe aucun référentiel technique visant un procédé d'isolation thermique en vrac à base de végétal (maïs ou tournesol ou colza).

Ce procédé relève, ainsi à date, de la technique non courante. Pour la prescription et l'emploi de ce procédé sur une opération, il est donc nécessaire :

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

Nb: Pour démontrer l'atteinte de la fiabilité attendue, il est rappelé que ces démarches sont des démarches exigeantes, qui mobilisent souvent une expertise très élevée, du temps et des financements substantiels pour les mener de façon probante.

RESSOURCES      MATERIAUX      TECHNIQUES CONSTRUCTIVES      CADRE NORMATIF      COMPETENCES      ARCHITECTURES      PROGRAMMES      INVESTISSEURS



# Roseau et filières en développement



<https://ecochaume.fr/>

## Données clés

### Aire géographique d'approvisionnement

Estuaire de la Seine  
Camargue (hors territoire, mais majoritaire en France)  
Importation : Pays de l'Est et l'Asie

### Coût de fabrication

15 € / m<sup>2</sup> (fourniture)  
120 -150 € / m<sup>2</sup> (fourniture + pose)

### Délais

4 mois à 1 an

Pas de FDES

## Synthèse Cadre technico-normatif

### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- Recommandations techniques pour la construction de toitures en chaume

### Tests et essais performanciers

- Voir le détail du Cadre technico-normatif

# Couverture en chaume

## Une technique ancestrale, connue et reconnue

### Applications constructives

#### Un savoir-faire ancestral : les couvertures en chaume

Lors de la récolte, on récupère les pailles des roseaux. Elles peuvent être mise en bottes (calibrées et triées) pour réaliser des toitures en chaume. Les toits en chaume apportent un complément d'isolation thermique et phonique intéressant, particulièrement pour le confort d'été. Les panneaux de roseaux sont assemblés à partir des bottes de pailles grâce à des fils de fer. Ces panneaux sont d'une épaisseur variable allant de 2 à 5 cm, utilisés comme canisse (brise vue), ou vêtire verticale, ou comme support d'accroche pour une application d'enduit terre.

#### Un coût élevé mais justifié

La pose d'une toiture en chaume dépend de la localisation et des tarifs de l'artisan (savoir-faire). En général, 1 botte de roseau coûte environ 2,5 €. L'épaisseur d'un toit en chaume est d'environ 30 cm en haut et 35 cm en bas, soit environ 3 bottes de roseau de 85 cm de long/m<sup>2</sup> (15 € /m<sup>2</sup> en roseau).

#### Des artisans qui dépendent de la météo

Les délais peuvent varier en fonction de la localisation, certains chaumiers ont des carnets de commande remplis sur l'année. De plus, ils sont très dépendants des conditions climatiques (besoin d'un temps sans pluie, pas de trop grosse chaleur, ...).

#### Une mobilisation pour obtenir des Règles Professionnelles

Aujourd'hui, il existe des RP rédigées depuis 1998 et mis à jour en 2012 (Cf cadre technico-normatif ci-contre). Cependant, l'ANCC et le parc naturel régional de Brière se mobilisent pour rédiger des règles professionnelles inspirés de l'exemple du Réseau Français de la Construction Paille (RFCP). Elles porteront sur : le choix de la matière 1ère, la pose de la toiture en chaume, la présence de la sous-couche d'isolation, le traitement ignifuge, ...

#### L'entretien des roselières, un point délicat

La récolte au sein des roselières est très difficile, car dans des zones humides. Le métier de coupeur de roseau est en voie de disparition en France, ce qui questionne sur

l'entretien des roselières. Du roseau peut être importé des pays de l'Est et d'Asie. Il est impossible de chiffrer la quantité disponible de roseau en France mais sa quantité récoltée est réglementée pour éviter d'abimer ou de détruire l'écosystème que la roselière abrite.

### Cadre technico-normatif

A la date de réalisation du sourçage, il existe un référentiel technique de type guides techniques pour la construction de toitures en chaume. Ce référentiel technique a été rédigé par l'Association Nationale des Couvreur Chaumiers (ANCC).

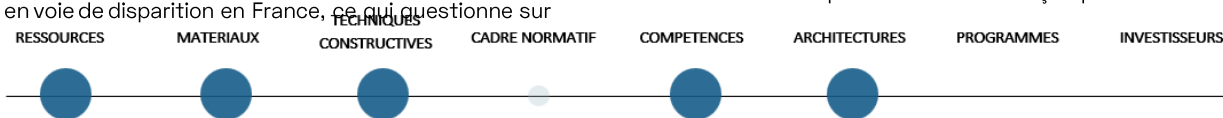
Comme indiqué en propos liminaires, bien que constituant un premier référentiel utile, le statut de ces recommandations, ne permet pas, de facto, de reconnaître en technique courante, le procédé qui s'y réfère.

Il relève donc pleinement de la technique non-courante.

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

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

Nb: Pour démontrer l'atteinte de la fiabilité attendue, il est rappelé que ces démarches sont des démarches exigeantes, qui mobilisent souvent une expertise très élevée, du temps et des financements substantiels pour les mener de façon probante.



# Actualités, spécificités terrain constatées et perspectives d'évolution de la filière 1/2

## Historique de la filière

### Une espèce cosmopolite ancestrale : le roseau

Le roseau commun originaire d'Eurasie, *Phragmites australis* est une Poacée qui doit toujours avoir ses racines dans l'eau.

En France, la région emblématique de la culture du roseau est la Camargue qui cultive les  $\frac{3}{4}$  de la production française avec 5000 hectares. La majorité se situe dans les marais de la petite Camargue situé dans le Gard.. Le  $\frac{1}{4}$  restant est situé en Normandie, le long de l'estuaire de la Seine avec environ 900 hectares

### Une fleur très réputée pour son huile : le tournesol

Originaire d'Amérique du Nord, le tournesol *Helianthus annuus* L. de la famille des Astéracées a été cultivé par les Indiens d'Amérique.

Introduit dans l'Europe de l'Ouest au XVI<sup>ème</sup> siècle, cette fleur est essentiellement cultivée pour l'industrie alimentaire car son huile est riche en acide linoléique (oméga 6) et en acide oléique (oméga 9). La production de tournesol a débuté en Europe de l'Ouest à partir des années 1960

Les principales régions françaises qui cultivent du tournesol oléagineux sont : le Centre Val de Loire (Poitou Charentes et le Centre), l'Occitanie (Midi-Pyrénées).

### Une plante très présente dans les Hauts-de-France : le colza

Originaire de la Chine, puis introduite en Europe au XVIII<sup>ème</sup> siècle le colza est cultivé principalement pour son huile très utilisée en alimentation.

L'Europe est le 1<sup>er</sup> producteur mondial de colza (21,4 Mt), suivie par le Canada (16Mt) et la Chine (14,4 Mt). La production de colza a débuté en France à partir des années 1750-1850, elle est développée dans toute la partie Nord

### La céréale la plus consommée dans le monde : le maïs

Originaire du Mexique (Amérique Central) et introduit en France à partir du XVII<sup>ème</sup> siècle le maïs grain est cultivé principalement pour

ses grains utilisés dans l'alimentation. Le maïs est l'une des céréales les plus produites et les plus consommées. Depuis les années 1930, des hybrides ont été développés ce qui a permis d'obtenir des variétés fiables, stables, homogènes, plus résistantes à la verse et à certaines maladies. Les rendements ont été grandement améliorés. Les Etats-Unis sont les 1<sup>ers</sup> producteurs mondiaux de semences de maïs (320 Mt), suivis par la Chine (178 Mt), le Brésil (60 Mt) et l'Union Européenne (59 Mt). La France est le 1<sup>er</sup> producteur européen de semences de maïs et le 1<sup>er</sup> exportateur mondial de semences avec 70% de sa production exportée. La production de maïs grain a débuté en France à partir du XVII<sup>ème</sup>, tout d'abord dans le Sud-Ouest pour s'étendre un peu partout en France

## ***Actualités, spécificités terrain constatées et perspectives d'évolution de la filière 2/2***

### Actualités et perspectives de développement

#### **Bientôt des Règles Professionnelles pour les couvertures en Chaume**

Malgré que cette technique soit ancestrale et bien connue, à ce jour il existe uniquement des guides de bonnes pratiques. Les règles professionnelles sont en cours d'écriture et verrons bientôt le jour.

#### **Granupaille et BIP Colza pour la valorisation du Colza dans les Hauts-de-France**

Du béton préfabriqué à partir de particules de colza : Le projet BIP Colza a été financé par le CODEM (Construction durable et écomatériaux innovants) et la région des hauts-de-France. L'interdiction du phosmet dans la liste des pesticides autorisés, demande aux différents acteurs de la filière colza de trouver une, ou des alternatives. De plus, ces dernières années "on a perdu près de 40% des surfaces en trois ans", ceci à cause des périodes de sécheresse et des nombreuses attaques des ravageurs. Pour la paille de colza et le béton branché, il existe des DEP (déclaration environnementale de produit), des guides de bonnes pratiques mais aucune règle professionnelle.

#### **De nombreux projets à base de tiges de tournesol verrons bientôt la lumière du jour**

Une piste sur un isolant à base de tiges de tournesol et de carapaces de crevette, le projet Demether en phase R&D. Jean-Denis Mathias est chargé de recherche à l'institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (Irstea) est le coordinateur de ce projet. Puisque la moelle de tournesol présente "une très bonne porosité", et "leurs fibres susceptibles d'assurer une tenue mécanique". L'objectif étant de créer un isolant biosourcé à partir des broyats de tournesols et d'un liant d'origine naturelle : la chitine issue de la carapace des crustacés (source : Agence National de la recherche,

ANR).

Des panneaux de particules agglomérées à base d'écorce et/ou de moelle de tournesol ont été créés au sein d'UniLaSalle Mont Saint Aignan. Ce sont des panneaux 100% biosourcés (source : "Nouvelles agrossources pour panneaux de particules 100% biosourcés" H. Lenormand et al., Novembre 2014).

## ***Ressource humaine***

### *Une prise de risque financière pour avancer et construire durablement*

#### **Le roseau une ressource très abondante mais très difficile à récolter**

Les roselières sont nombreuses le long des zones humides le long de la vallée de La Seine. Mais trois enjeux majeurs :

- Les machines de coupes sont très chères
- La récolte se fait dans un sol humide
- Il existe très peu de récolteurs

Cependant le roseau est un matériau connu et reconnu depuis de nombreuses années dans le domaine du bâtiment.

#### **Tiges de maïs, colza et tournesol, des co-produits agricoles peu nombreux sur le territoire normand et francilien**

Très demandés pour l'alimentation, les co-produits de ces cultures ne sont pas valorisés dans le bâtiment aujourd'hui. Obtenus en abondance lors des récoltes, leur future valorisation doit éviter toutes concurrences d'usages, comme l'alimentation animale, les biocarburants, ...

#### **Un besoin de formation professionnelle**

La maîtrise d'œuvre méconnaît la construction en colza, tournesol et maïs. Aujourd'hui il existe uniquement des prototypes donc aucune formation à la conception n'est dispensée en Normandie et en Ile de France. De plus, il n'existe aucun cadre technico-normatif ce qui constitue une prise de risque et un engagement pour ceux qui construisent avec ces nouveaux matériaux.

#### **Un enjeu de structuration des filières colza, tournesol et maïs dans le domaine du bâtiment**

Le développement de nouveaux systèmes techniques, de normes, d'essais, la sensibilisation et la demande permettraient de former des artisans, ou des professionnels. A ce jour, aucune formation n'est dispensée en Normandie et en Ile de France ce qui pourrait entraîner des utilisations dans des situations et des conceptions inadaptées, des délais et des coûts de construction mal maîtrisés.

**Maison individuelle habillée en roseau - la  
Brière du Brossais, Bretagne (44)**

- MOA : Particulier
- MOE : Mireille Avril (RizHome)
- Année : 2019
- Coût : 215 920 € TTC soit 1963 €/m<sup>2</sup>
- Mode constructif : **murs de 25 cm bottes de roseau**, pare-pluie ou bardage cèdre breton, écran rigide fibre de bois 22 mm, 100 mm laine de bois dans doublage ossature bois, Agepan, ossature douglas 15 cm, **roseau vrac**, ...

**Rénovation d'une maison alsacienne en  
colombage de 1820 - Neuwiller-lès-  
Saverne, Bas-Rhin (67)**

- MOA : Luc Moritz
- MOE : Batilibre, entreprise de rénovation écologique (Haguenau)
- Année : 2017
- Coût : 200 000 € HT
- Mode constructif : Les panneaux de 2 cm devraient supposément être enduits. Ils sont exposés aux intempéries depuis presque quatre années, sans aucun dommage. Batilibre souhaite, à terme, fabriquer ses panneaux avec le roseau du Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges.



**Maison individuelle avec isolation en roseau des murs, de la  
toiture et des façades (44)**

Source : La maison écologique N°118 Août-Septembre 2020



**Maison alsacienne en colombage de 1820 (67)**

Source : Envirobat Grand Est



# Roseau et filières en développement

## Architectures Bureaux et gîtes

### Immeuble de bureaux Françoise-Hélène Jourda – Nantes, Loire-Atlantique [44]

- MOA : Conseil départemental de Loire-Atlantique
- MOE : forma6
- Année : 2016
- Coût : 5 420 793 € HT
- Mode constructif : **panneau de roseau** préfabriqué par l'artisan et récoltant Patrice Leray ; panneaux réalisés avec du roseau de Camargue (5 à 6 bottes par m<sup>2</sup>)

### DorDiAire, Maison d'hôtes écotouristique – Nouans les Fontaines – Centre Val-de- Loire [37]

- MOA : Particulier (Valérie HUYGHE et Thierry DEFINS)
- MOE : Particulier (Valérie HUYGHE et Thierry DEFINS)
- Année : 2021
- Rénovation
- Mode constructif : murs en moellons, tuffeau, silex et terre, **isolés par projection de rafles de colza** et chaux, puis enduit d'argile

### Maison de vacances, Domaine de la Ferme de Fourges – Flancourt Crescy en Roumois, Eure [27]

- MOA : La Ferme de Fourges
- MOE : Frédéric L'Honoré
- Année : 2012
- Rénovation
- Mode constructif : rénovation d'une **toiture en chaume avec du roseau**



Construction d'un immeuble de bureaux (R+5) comprenant des salles de réunion, un espace d'exposition et un centre de documentation [44]  
Source : Forma6 ; Crédit photo : Patrick Miara



Gîte de vacances "la Chaumière" [27]  
Source : La Ferme de Fourges



DorDinAire, Maison d'hôtes et restaurant  
isolé en rafles de Colza [37]  
Source : Dordinaire

## **Programmes & investisseurs**

### *Un besoin urgent de financeurs pour avancer*

#### Principales typologies

##### **Typologie d'un toit en chaume :**

Besoin d'une pente de minimum 40 % et d'une épaisseur d'environ 35 cm

Souvent de la rénovation des toitures existantes (logements individuels)

##### **Un besoin d'architecture significative**

Il faut attendre les caractérisations des performances et la sortie des prototypes qui se trouvent dans les laboratoires de recherches pour découvrir quels types de logements, quels équipements seront concernés par l'utilisation de ces nouveaux matériaux. Neuf, ancien, ou les deux ? Qui va l'utiliser ? des artisans, ou des particuliers.

##### **En attente du développement des filières en développement**

De nouveaux matériaux de construction verront le jour dans les années à suivre avec pour objectif de limiter l'impact environnemental et d'utiliser des co-produits locaux issus des cultures alimentaires pour construire durablement.

#### Maîtrises d'ouvrage impliquées

- MOA directes : collectivités territoriales, particuliers
- MOA indirectes : aménageurs, promoteurs,
- Bailleurs sociaux

##### **La rénovation des toitures en chaume normande**

De nombreux projets emblématiques de la Normandie, sont la rénovation des toitures en chaume avec du roseau. Citons par exemple, un gîte de vacances du Domaine de la Ferme de Fourges dans l'Eure appelé "La chaumière".

##### **Quelques exemples inspirant en France**

Des maisons individuelles habillées en roseau, des gîtes, des bureaux construits, ... avec du roseau

##### **Un exemple qui sort de l'ordinaire : DorDiAire**

C'est le cas du gîte DorDiAire une maison d'hôtes écotouristiques

dans le Centre Val de Loire isolée par des particuliers avec une projection de rafles de colza et de chaux. Ces rafles ont été fournies par des agriculteurs locaux.

##### **L'urgence d'une structuration de ces filières dans le bâtiment**

Le développement de nouveaux systèmes techniques à base de colza, tournesol et maïs, de normes, d'essais, la sensibilisation et la demande permettraient de former des artisans, ou des professionnels. A ce jour, aucune formation n'est dispensée en Normandie et en Ile de France ce qui pourrait entraîner des utilisations dans des situations et des conceptions inadaptées, des délais et des coûts de construction mal maîtrisés.

##### **La valorisation du Colza dans les Hauts-de-France**

Le projet Granupaille situé en Picardie rassemble de nombreuses entreprises et professionnelles agricoles qui ont pour objectif de valoriser les pailles de Colza.

BIP Colza est un projet qui a pour but de fabriquer des éléments pré-fabriqués en béton de Colza.

### **Atouts**

- Les tiges et les balles sont des co-produits agricoles issus de l'industrie alimentaire
- Trouver des nouvelles voies de valorisation

### **Verrous**

- Aucun cadre technico-normatif (au 1er juillet 2022)
- Pas de matériau existant et commercialisé sur le territoire
- Ressource peu abondante sur le territoire (Inférieur à 11% des surfaces agricoles française)

### **Leviers d'action opérationnels**

- Développer des nouveaux matériaux à base de ces co-produits agricoles
- Caractériser les performances de ces nouveaux matériaux
- Construire des bâtiments démonstrateurs
- Attendre les retours d'expériences
- Mettre en place des aides financières pour la R&D

### **Pistes de développement à long terme**

- Développer l'offre de formation pour la mise en œuvre du matériau
- Création et développement d'un cadre technico-normatif
- Développer l'offre de formation pour la mise en œuvre du matériau

# Roseau et filières en développement

## *Une ressource disponible mais une récolte difficile : le roseau*

### **Atouts**

- Les roselières sont disponibles en grande quantité le long de l'estuaire de la Seine
- Ressource abondante et disponible sur le territoire
- Une filière structurée à l'échelle locale
- Un savoir-faire local

### **Verrous**

- Les machines de coupes sont onéreuses
- La récolte est très difficile, car milieu humide
- Besoin de davantage de coupeurs de roseau
- Les roselières ne se cultivent pas --> uniquement de l'entretien

### **Leviers d'action opérationnels**

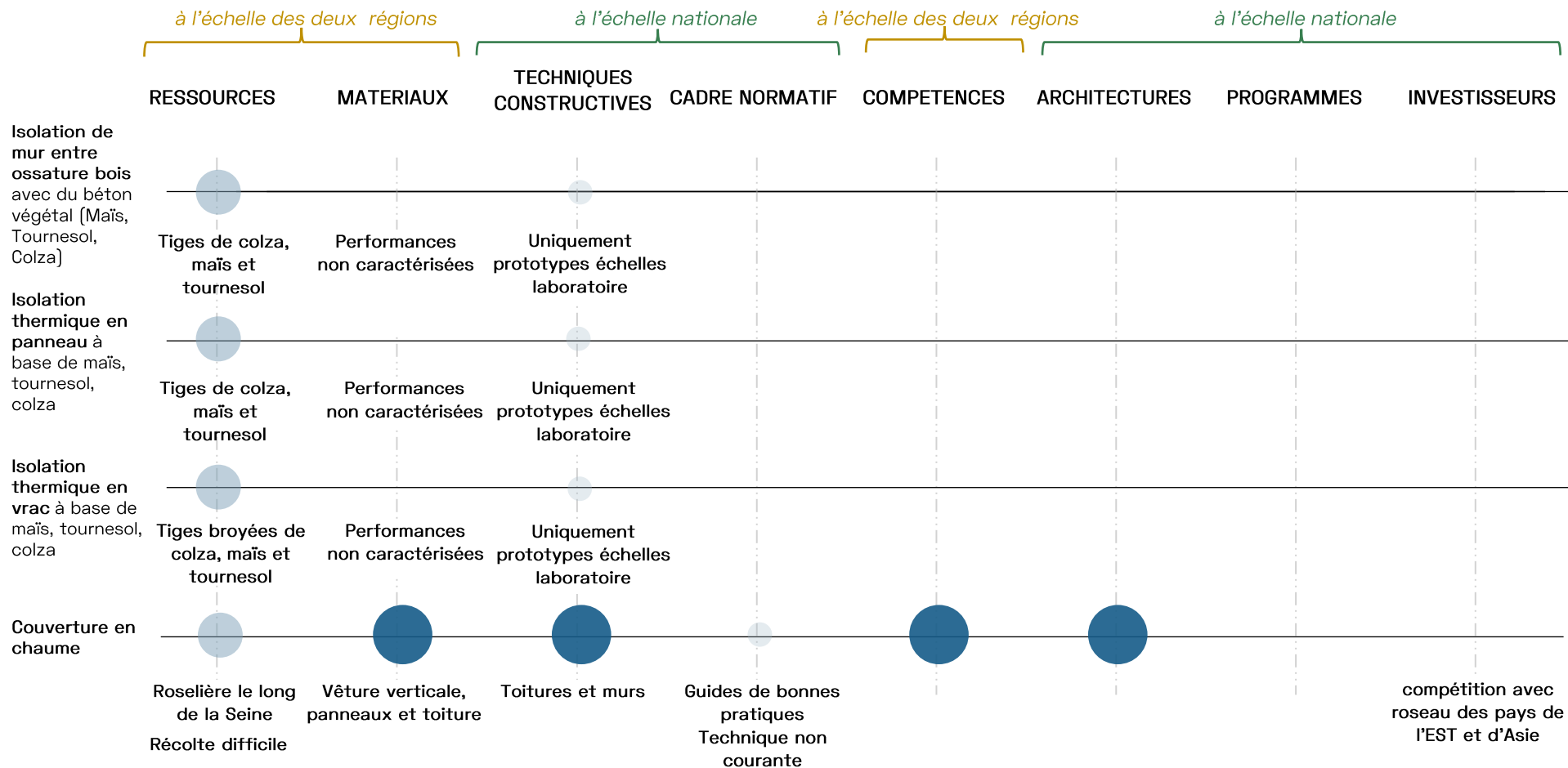
- Mettre en place une aide financière pour former des coupeurs de roseau et améliorer les machines de coupe

### **Pistes de développement à long terme**

- Former et trouver des coupeurs de roseau
- Améliorer et diminuer le prix des machines existantes

# Roseau et filières en développement

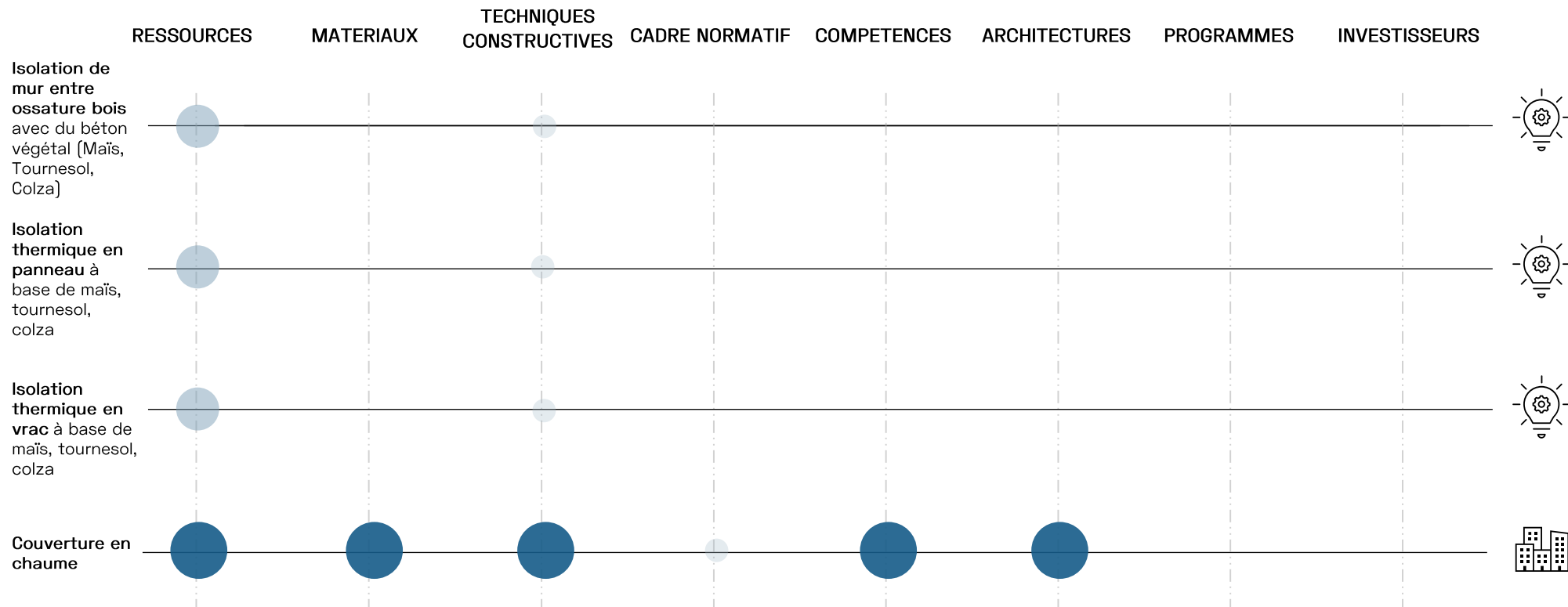
## Matrice de synthèse (+ texte)





# Roseau et filières en développement

## Matrice de synthèse



Entretiens

**Roseau**

- Carole Lemans - chercheuse (10.02.22) ARPE Normandie

**Webinaire filières en développement : 19 mai 2022**

- Carole Lemans - Doctorante ENSA Normandie (roseau)
- Anael Ristord - PNR de Brière (roseau)
- Isabelle Ghestem - Chambre régionale d'agriculture (tout)
- Cassandre Guntz - CEREMA (tout)
- François Streiff - Architecte et Chargé de mission Terre-écoconstruction (tout)
- François Glazot - ARPE (tout)
- Benoît Dufrache - Chargé de développement biosourcés et géosourcés (tout)
- Laurent Bouyer - Enerterre (tout)

### Bibliographie

- Nouvelles agro ressources pour panneaux de particules 100% biosourcés - Hélène Lenormand et al. (Conférence Matériaux 2014)
- Guide technique « Fertilisation des grandes cultures » - Chambre d'agriculture d'Alsace (novembre 2015)
- Les enjeux de la valorisation de la biomasse non sylvicole en matériaux biosourcés - France Agri Mer (édition de février 2016)
- Etude sur le secteur et les filières de production des matériaux et produits biosourcés utilisés dans la construction, Etat des lieux économiques du secteur et des filières - Nomadéis (Mise à jour 2017)
- Guide technique « Colza » - Chambres d'agriculture de l'Ain, de l'Isère et du Rhône (2019)
- La lettre de l'estuaire n°7 - DREAL Normandie (décembre 2019)
- Morphologie de l'architecture contemporaine en chaume, conséquence d'un nouveau rapport à la ressource ? - Carole Lemans et François Fleury (2019)
- Guides de bonnes pratiques de la construction en terre crue - Confédération de la construction en terre crue (édition du 15 octobre 2020)
- Guide des éco-matériaux pour l'immobilier - OïD (édition du 15 octobre 2020)
- Les matériaux de construction biosourcés dans la commande publique - Nomadéis (Avril 2020)
- Oilseeds and fats, Crops and lipid « Sunflower in the global vegetable oil system: situation, specificities and perspectives » - Etienne Pilorgé (2020)
- Fédération française des producteurs d'oléagineux et de protéagineux (FOP) - <https://www.fopoleopro.com/>
- Terres Inovia - <https://www.terresinovia.fr/>
- <https://www.bioenergie-promotion.fr/19411/une-chaudiere-a-coques-de-tournesol-chez-saipol-lezoux/>, consulté le 28/05/2022
- [http://www.parc-camargue.fr/index.php?pagendx=app\\_178](http://www.parc-camargue.fr/index.php?pagendx=app_178), consulté le 4/05/2022
- <https://doris.ffessm.fr/Especies/Phragmites-australis-Roseau-446>, consulté le 4/05/2022
- [https://obvfleuvestjean.com/wp-content/uploads/2013/07/Le\\_Roseau\\_commun\\_OBVFSJ.pdf](https://obvfleuvestjean.com/wp-content/uploads/2013/07/Le_Roseau_commun_OBVFSJ.pdf), consulté le 9/05/2022
- <https://www.lgseeds.fr/valorisation-mais-grain.html>, consulté le 18/04/2022
- <https://www.semae-pedagogie.org/sujet/mais-debouches/>, consulté le 18/04/2022
- <https://www.arvalis-infos.fr/index.html>, consulté le 20/04/2022
- <https://www.maizeurop.com/structure/agpm/>, consulté le 20/04/2022

# 8. *Filière Terre*



## Synthèse filière 1/2

### Une ressource abondante et des atouts techniques, une filière en cours de structuration



#### Systèmes constructifs

##### **Un matériau millénaire à très faible impact environnemental**

La terre à bâtir est une ressource très abondante et présente partout sur le territoire interrégional.

Ce matériau fait preuve d'une grande résilience vis-à-vis des ressources locales puisque les techniques développées sont intimement liées aux territoires. Son impact sur les ressources en tension est limité, ses atouts sont donc nombreux au regard du contexte actuel.

##### **Une gamme de systèmes constructifs étendue et bien représentée sur le territoire**

Sur le territoire d'étude figurent, traditionnellement, toutes les techniques de construction en terre crue sauf le pisé (qui n'est donc pas développé dans ce document). Les professionnels spécialistes de ces techniques sont cependant peu nombreux.

##### **Des caractéristiques techniques intéressantes et complémentaires avec d'autres écomatériaux locaux**

La terre crue est un matériau massif qui apporte un grand confort d'usage : inertie, gestion de l'hygrométrie, tenue au feu, affaiblissement acoustique et confort d'été. Associé à des matériaux d'isolation adaptés, elle permet de répondre aux enjeux environnementaux du secteur du bâtiment.

##### **Un matériau variable par nature, méconnu des acteurs de la construction**

La méconnaissance du matériau terre crue pénalise le développement de son usage en construction neuve. Du fait d'une grande variabilité d'un gisement à l'autre, sa qualification fait appel à différents savoir-faire. Certaines de ses caractéristiques (changement de phase de l'eau) sont par ailleurs difficilement modélisables. Cela en fait un matériau difficile à appréhender dans

une société où la normalisation et la modélisation guident les choix constructifs. Construire en terre crue requiert aujourd'hui une coopération étroite de tous les intervenants.

#### Etat de la filière

##### **Des acteurs professionnels présents et compétents, mais fragiles**

Le territoire interrégional possède un maillage d'acteurs professionnels compétents. Les maillons de la production, de la transformation, de la prescription et de la mise en œuvre sont représentés, mais par un nombre trop faible d'acteurs. Les ingénieurs structure et les contrôleurs techniques compétents en terre crue sont peu nombreux, de même que les fabricants intermédiaires et les entreprises de mise en œuvre. Cela constitue un frein sérieux pour la construction neuve.

##### **Une filière en cours de structuration à l'échelle nationale**

Les acteurs de la filière terre ont engagé leur structuration en élaborant les « guides de bonnes pratiques terre crue » en 2015. De ce travail a émergé la Confédération de la Terre Crue, qui coordonne des actions de la filière : rédaction des FDES, travail sur la formation professionnelle, veille sur les documents normatifs... L'AsTerre, qui organise les Assises nationales de la terre crue, regroupe également un nombre important d'acteurs. Un autre travail d'envergure nationale, le PN Terre, rassemble chercheurs et professionnels afin de conduire des projets de recherche visant à l'amélioration des connaissances techniques sur la terre crue en construction.

Ces actions constituent des signaux positifs. Mais leur démarrage récent ne permet pas d'atteindre, en 2022, un niveau de structuration suffisant pour la massification.



## Synthèse filière 2/2

### Une ressource abondante et des atouts techniques, une filière en cours de structuration



#### Un modèle économique difficile à trouver pour les professionnels et la filière

La terre à bâtir est un matériau dont l'extraction est peu coûteuse voire gratuite, quand il s'agit de valoriser des terres de fondation ou de chantier d'aménagement. En revanche, le travail autour du matériau demande des compétences et savoir-faire importants. Certaines activités sont faiblement mécanisables et la logique de séparation des flux à la source rend les économies d'échelle difficiles. La marge potentielle à dégager autour de la transformation du matériau terre en produit de construction est donc faible pour intéresser les acteurs industriels, et permettre aux acteurs en place de financer la structuration de la filière. De ce fait, elle peine à se structurer et produire les données performancielles et normatives nécessaires à son développement.

#### Une dynamique de massification en cours autour de quelques acteurs ciblés

Avec l'apparition en 2021 de la Fabrique du CycleTerre à Sevran, qui a mobilisé d'importants investissements publics, et la communication liée à l'excavation des terres du Grand Paris Express, des maîtrises d'ouvrages commencent à s'intéresser et à systématiser le recours à la terre dans leurs projets.

#### Perspectives de développement

##### Une demande en plein développement préfigurant l'émergence d'un marché significatif

Depuis 2/3 ans, la construction en terre intéresse fortement maîtres d'ouvrages publics et privés. Les demandes en construction neuves explosent, ce qui se traduit par une hausse des ventes des fabricants et une saturation des rares maçons spécialisés. L'émergence d'un marché devrait stimuler la filière, à condition d'accompagner sa structuration et de s'inscrire dans le temps. La

filière compte trop d'exemples d'entreprises déstabilisées par une croissance trop rapide et qui ont mis la clé sous la porte. L'appui de la puissance publique est indispensable pour réussir l'essai.

#### Des marges de progrès dans la mise en œuvre

Si les techniques sont éprouvées, il est nécessaire de développer des méthodes de mise en œuvre adaptées aux chantiers contemporains, et visant une baisse des coûts de mise en œuvre. La préfabrication est citée par plusieurs acteurs.

#### Un grand besoin de formation professionnelle

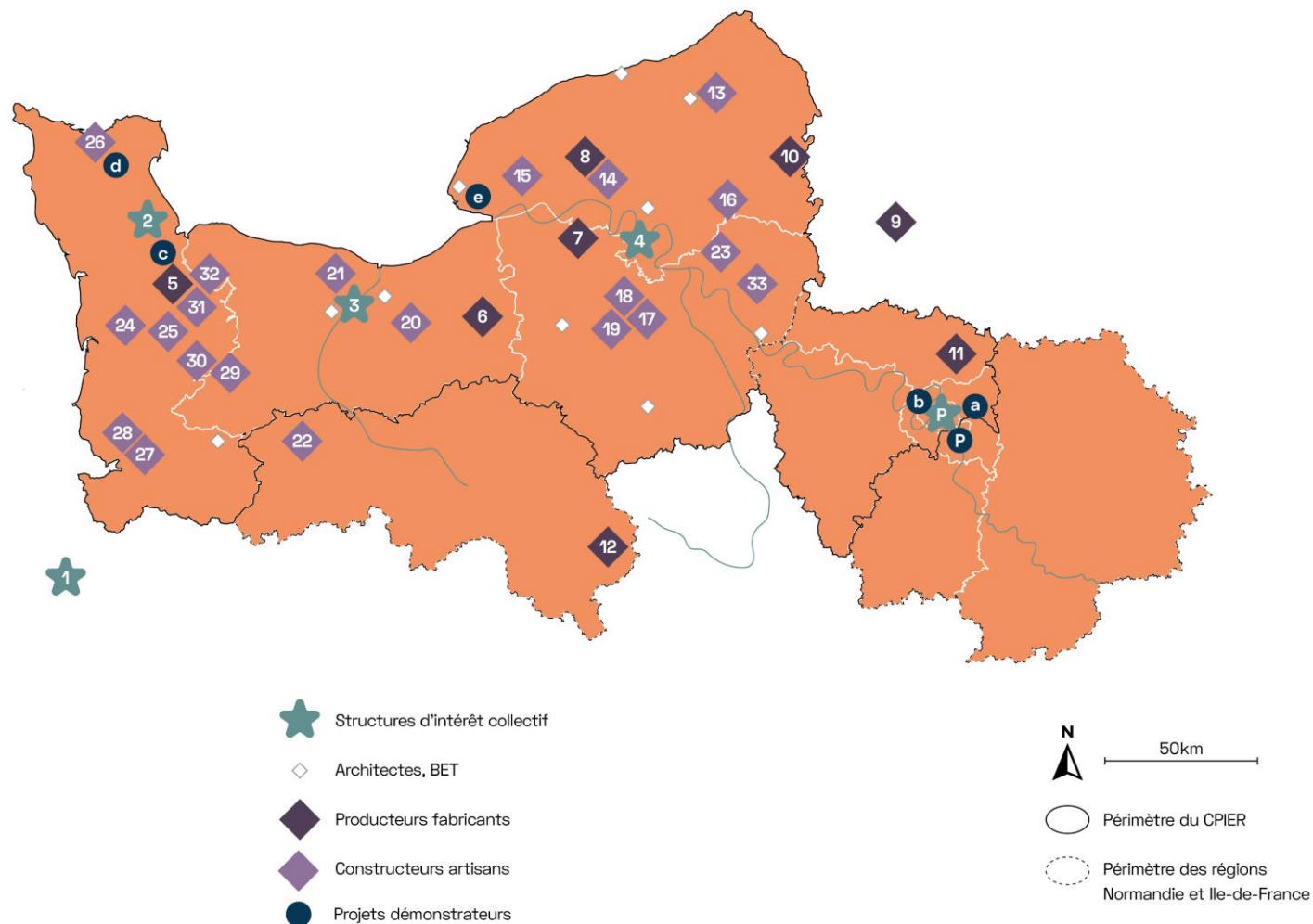
Trop peu de professionnels sont formés, sur tous les maillons de la chaîne. La mise en place de formations permettra de développer la filière dans un contexte sécurisé.

#### Les systèmes constructifs analysés

- ✓ Murs porteurs en terre crue avec des fibres végétales (bauge)
- ✓ Murs porteurs en blocs de terre comprimée stabilisée
- ✓ Murs porteurs en terre crue (pisé) – pas de page dédiée car système constructif non présent sur le territoire (mais ligne dédiée en matrice de synthèse)
- ✓ Cloisons intérieures en maçonnerie de briques de terre (adobe)
- ✓ Parements intérieurs en maçonnerie de briques de terre compressée
- ✓ Remplissage entre ossature bois à base de terre crue et de fibres végétales (torchis)
- ✓ Remplissage entre ossature bois à base de terre crue et fibres végétales (terre allégée)
- ✓ Enduit mural int/ext de terre crue ou de chaux et fibres végétales

## Aperçu de l'écosystème

*Des acteurs normands nombreux et bien implantés et une coopérative francilienne*



## Structures d'intérêt collectif

P	Maisons Paysannes de France	Paris	
	Confédération de la construction en terre crue (CCTC)	Montreuil-Le-Gast	<a href="http://www.conf-terrecrue.org/">www.conf-terrecrue.org/</a>
	CTMNC (Centre technique pour les Matériaux Naturels de Construction) - Département Terre Cuite et Département Pierre Naturelle (ou ROC))	Paris	<a href="http://www.ctmnc.fr/pages/terrecrue.php">www.ctmnc.fr/pages/terrecrue.php</a>
	CTMNC (Centre technique pour les Matériaux Naturels de Construction) - Service R&D Céramique et Terre Crue	Clamart	<a href="http://www.ctmnc.fr/pages/terrecrue.php">www.ctmnc.fr/pages/terrecrue.php</a>
	Le centre de la terre / COQUARD Denis	Paris	<a href="http://www.lecentredelaterre.com">www.lecentredelaterre.com</a>
	MUE-expériences	Montrouge	<a href="http://www.mue-experiences.org/">www.mue-experiences.org/</a>
	1 Confédération Terre Crue	Montreuil-Le-Gast	
	2 PNR des Marais du Cotentin et de Bessin	Carentan-Les-Marais	
	3 ARPE (Association régionale pour la promotion de l'écoconstruction) en Normandie	Caen	<a href="http://www.arpenormandie.org/">www.arpenormandie.org/</a>
	4 ASTERRE	Petit-Couronne	<a href="http://www.asterre.org/">www.asterre.org/</a>
amàco	Villefontaine	<a href="http://www.amaco.org/">www.amaco.org/</a>	
CRATERRE	Villefontaine Cedex France	<a href="http://www.craterre.org/">www.craterre.org/</a>	

## Architectes

Sophie Popot Normandie	Banneville-La-Campagne	<a href="http://www.architectes-pour-tous.fr/architectes-pour-tous/sophie-popot">www.architectes-pour-tous.fr/architectes-pour-tous/sophie-popot</a>
Archiviolette	Caen	<a href="http://www.archiviolette.com">www.archiviolette.com</a>
Frederic Denise, Archipel Zéro	Le Havre	<a href="http://www.archipelzero.fr">www.archipelzero.fr</a>
MWAH Agence d'architecture	Vernon	
Atelier d'architecture Pascal Sejourne	Bernay	
Atelier Édouard Grisel	Perriers-En-Beauficel	<a href="http://www.laloutellerie.fr/">www.laloutellerie.fr/</a>
S29 STRUCTURE	Saint-Martin-De-Boscherville	
L'atelier Dantan	Veules-Les-Roses	
Veraligne Architecture	Muchedent	<a href="http://www.veralignearchitecture.fr">www.veralignearchitecture.fr</a>
Les Ateliers d'Avre et d'Iton	Le Roncenay D'authenay	<a href="http://www.mg-ateliers.fr">www.mg-ateliers.fr</a>

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

## Producteurs et Fabricants

5	Association Enerterre	Le Désert	<a href="http://www.enerterre.fr">www.enerterre.fr</a>
6	Briquetterie Lagrive	Lisieux	<a href="http://www.briqueterielagrive.com/index.html">www.briqueterielagrive.com/index.html</a>
7	SARL Meslin et Fils.	La Haye-Aubrée	<a href="http://www.meslinetfils.fr">www.meslinetfils.fr</a>
8	Construction d'antan	Allouville-Bellefosse	<a href="http://www.constructions-dantan.fr">www.constructions-dantan.fr</a>
9	Briqueterie Dewulf	Allonne	<a href="http://www.briqueterie-dewulf.fr">www.briqueterie-dewulf.fr</a>
10	Carrelages de Saint Samson	Saint Samson La Poterie	
11	Cycle Terre	Sevran	
12	Eco-Pertica	Rémalard	<a href="http://www.ecopertica.com/ecomateriaux/terre-crue/">www.ecopertica.com/ecomateriaux/terre-crue/</a>

## Constructeurs / artisans

13	Six Pieds sur Terre	St Vaast D'equiqueville	<a href="http://www.sixpiedssurterre.com">www.sixpiedssurterre.com</a>
14	Construction d'antan	Allouville-Bellefosse	<a href="http://www.constructions-dantan.fr">www.constructions-dantan.fr</a>
15	Dorénav	Mélamare	
16	Maçons d'Aotefois	Saint-Denis-Le-Thiboult	<a href="http://www.macons-aotefois.fr">www.macons-aotefois.fr</a>
17	SARL Meslin et Fils.	Crosville La Vieille	<a href="http://www.meslinetfils.fr">www.meslinetfils.fr</a>
18	SARL LAMY	Le Troncq	
19	Rénov'Patrimoine	Goupil-Othon	
20	Eirl 14 MTPC	Argences	<a href="http://www.mtpc-maconnerie.fr">www.mtpc-maconnerie.fr</a>
21	Bâtir en terre	Basly	<a href="http://www.batirenterre.fr">www.batirenterre.fr</a>
22	Les Guêpes Maçonnes	Athis-Val-De-Rouvre	<a href="http://www.lesguespesmaconnes.fr">www.lesguespesmaconnes.fr</a>
23	Guillaume Charrier	Canisy	<a href="http://www.leschantiersdedemain.fr/annuaire/guillaume-charrier/">www.leschantiersdedemain.fr/annuaire/guillaume-charrier/</a>
24	Nid d'Argile	Saint-Sauveur-Lendelin	
25	Claire Dycha	Flipou	
26	La Maison Terre Paille	Tourlaville	<a href="http://www.lamaisonterrepaille.wordpress.com">www.lamaisonterrepaille.wordpress.com</a>
27	LV Bâti Ancien	Avranches	<a href="http://www.maconnerie-lv-bati-ancien.fr">www.maconnerie-lv-bati-ancien.fr</a>
28	Olivia schneider	Bacilly	
29	Le Tourneur à Bois	Souleuvre-En-Bocage	<a href="http://www.letourneurabois.fr">www.letourneurabois.fr</a>
30	Coopérative Les Chantiers de Demain	Canisy	<a href="http://www.leschantiersdedemain.fr">www.leschantiersdedemain.fr</a>
31	Association Enerterre	Le Désert	<a href="http://www.enerterre.fr">www.enerterre.fr</a>
32	Sébastien Ruel	Saint-Fromond	
33	Blier Nicolas	Harquency	

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

TERRAMANO - Fred Jonnard

LES GRANDS MOYENS

Aurélie Massé

Nils Bronkhorst

Régine Robichon

Biophile Environnement

Romain Guillon

Atelier Chantier d'Insertion "Terre de Femmes"

Montreuil

Paris

Versailles

Les Ulis

Sevran

Romainville

Saint-Denis

fred.jonnard@gmail.com

contact@lgm-scop.fr

aurelie.masse08@gmail.com

bronkhorst.nils@neuf.fr

r.robichon@yahoo.fr

hugesorsolin@gmx.fr

contact@romainguillon.com

caroline.boue@armedusalut.fr



## Aperçu de l'écosystème territorial Projets démonstrateurs

a	Centre de loisirs Jacques Chirac	Rosny-sous-Bois (93)
b	Groupe scolaire Miriam Makéba	Nanterre (92)
c	Maison du Parc Naturel Régional des Marais du Cotentin et du Bessin	Saint-Côme-du-Mont (50)
d	Cité de la Mer	Cherbourg (50)
e	Le Hangar Zéro	Le Havre (76)
P	Immeuble d'habitation privé Cité Nollez (13 <sup>e</sup> arr.)	Paris (75)
P	Les Grands Verres - Palais de Tokyo	Paris (75)

	Pôle enfance Félix Leclerc	Bouvron (44)
	Orangery Lyon Confluence	Lyon (69)
	Pôle culturel L'Aria Cornebarrieu	Cornebarrieu (31)
	Groupe scolaire éco-responsable Paul Bayrou	Saint-Antonin-Noble-Val (82)
	École des Collines	Valherbasse (26)
	Maison pour tous	Four (38)
	Bâtiment agricole	Saint-Vigor-le-Grand (14)
	Résidence Salvatierra	Rennes (35)
	Maison en bande (ZAC de la Maisonneuve)	Guérande (44)

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



Excavation des terres du Grand Paris

#### Données clés

**Disponibilité**  
Illimitée

**Concurrences d'usage**  
Faible

**Adaptabilité au changement climatique**  
Forte

#### Fournisseurs de matière première

- Sites de construction
- Terrassiers
- Agriculteurs
- Carrières
- Briqueterie et poteries

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

#### Une ressource locale illimitée

La "terre à bâtir" se situe sous la couche de terre végétale. En Normandie comme en Île-de-France, elle est essentiellement composée de limons et d'argiles, ce qui la rend utilisable pour une vaste gamme de techniques constructives, comme en témoigne la diversité du patrimoine en terre crue observable sur les 2 régions. La ressource en "terre à bâtir" est très abondante, omniprésente et avec une faible concurrence d'usage. Elle présente des caractéristiques variables suivant les couches géologiques : gamme de couleurs étendue, présence ou pas de cailloux (qui rendent son utilisation plus difficile), proportion d'argiles et limons variable (nécessitent parfois l'ajout de sable ou fibres).

#### Un approvisionnement artisanal et peu structuré

L'approvisionnement en terre à bâtir ne passe pas, dans la plupart des cas, par l'achat du matériau chez un producteur. Différentes solutions ont été observées chez les professionnels :

- L'approvisionnement sur le chantier : traditionnellement, les bâtisseurs utilisaient la terre du site de construction pour réaliser les ouvrages. Cet approvisionnement sur site est encore pratiqué si le chantier s'y prête (zone rurale, hors ATEX). La terre utilisée peut provenir du démontage d'un mur en terre crue. Les coûts d'achat et de transport sont nuls, mais cette pratique nécessite une bonne préparation de chantier (caractérisation de la terre, préparation de la terre sur chantier) et mobilise toute l'expertise du professionnel.
- La constitution d'un stock de terre par le maçon : de nombreux maçons constituent un stock de terre à bâtir à leur disposition. De cette manière, le maçon dispose d'une ressource abondante, disponible immédiatement, aux caractéristiques connues, et qu'il peut préparer à l'atelier en fonction de ses besoins. Il s'agit le plus souvent de terres de terrassement.
- L'approvisionnement chez une entreprise de terrassement : les entreprises de terrassement travaillent d'énormes quantités de terre crue, bien supérieures aux besoins de la construction, aujourd'hui anecdotiques. Elles peuvent livrer sur chantier ou à l'atelier. Les professionnels qui ont eu recours aux terrassiers mettent en avant le besoin de tisser des liens réguliers, et surtout de former les terrassiers au type de terre recherché.

- L'approvisionnement dans une carrière à ciel ouvert : les carrières de granulats génèrent 2 types de terres utilisables dans la construction : les terres de décapage et les boues de lavage. Suivant les caractéristiques de ces terres, elles peuvent constituer un gisement intéressant.
- L'approvisionnement dans une poterie ou une briqueterie : les entreprises produisant de la terre cuite disposent d'un gisement de terre crue (sur site ou à proximité) homogène et dont elles connaissent parfaitement les caractéristiques. Les briqueteries Dewulf et Lagrive et l'association Enerterre fournissent de la terre tamisée et séchée conditionnée en big-bag. Certains professionnels ont tissé des liens avec des poteries pour la fourniture de terre prête à l'emploi. Ce type d'approvisionnement structuré garantit un matériau de qualité constante, prêt à l'emploi, conditionné et livrable sur tout le territoire d'étude. Le coût de la fourniture et du transport est évidemment supérieur : 110 € à 280 € HT/T départ usine.

#### Des dispositions pour favoriser l'accès au matériau

Structurer l'accès au matériau "terre crue" est indispensable pour pousser le développement de la filière terre. Aujourd'hui, 5 fournisseurs sont identifiés en Normandie et Ile-de-France, auxquels s'ajoute la Briqueterie Dewulf, basée à Allonne [60]. La mise en œuvre des techniques terre crue demande un besoin important de main d'œuvre, compensé par le prix très modique de la matière première brute. Le recours aux terres prêtes à l'emploi, s'il sécurise l'approvisionnement, ajoute un coût d'achat et de transport difficile à répercuter sur la facture finale. La mobilisation de terres excavées (par les carrières et les entreprises de terrassement) est la solution la plus intéressante du point de vue environnemental, d'autant que l'exploitation d'une carrière terre crue dédiée implique des dispositifs réglementaires contraignants non amortissables pour de faibles volumes. L'organisation de plateformes de stockage de terre à bâtir est indispensable pour valoriser les terres excavées localement et assurer la fiabilité de la ressource. Le bon maillage géographique est à étudier pour limiter le transport de ce matériau pondéreux. Une collaboration entre terrasseurs et professionnels de la terre crue doit être mise en place pour envisager un tel dispositif.

## **Matériaux** (1<sup>ère</sup> transformation) Construire, cloisonner, isoler, décorer

### Fabricants de matériaux

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

La terre crue se prête à de multiples usages dans le bâtiment, répondant à différentes fonctions. 6 techniques principales ont été identifiées, faisant l'objet de guides de bonnes pratiques. La première transformation peut s'effectuer directement sur chantier par le maçon. Il existe d'autres variantes, qui seront détaillées par technique.

#### **La terre structurelle : bauge, briques, pisé**

La bauge, technique ancestrale particulièrement présente en Normandie - mais également sur certains territoires bretons et picards - consiste à élever un mur constitué de terre crue, amendée ou non de fibres, sans stabilisant d'origine minérale (ciment ou chaux).

La brique de terre crue comprend 2 sous-catégories : l'adobe, qui est une terre préparée et façonnée dans un moule puis séchée ; et la brique de terre comprimée, ou BTC, qui est façonnée dans une presse, ce qui permet d'en augmenter les performances mécaniques. Quasiment inexistante dans l'architecture traditionnelle, la brique est aujourd'hui produite en Normandie (par Enerterre) et en Île-de-France (par Cycle-terre), sous forme de BTC. Le pisé est une technique de construction à base de terre crue légèrement humide, damée au sein d'un coffrage stable et rigide. Technique emblématique de la Région Rhône-Alpes, où abonde une terre faiblement argileuse et caillouteuse propice à cette mise en œuvre, elle a fait l'objet d'une poignée de projets récents en Normandie. Il s'agit, comme la bauge, d'une technique monolithique.

#### **La terre en remplissage : le torchis**

Le torchis vient en remplissage des intervalles d'une structure bois. Cette technique est très présente en Normandie, en Île-de-France, et dans un grand nombre de régions françaises et européennes. Il s'agit d'un mélange de terre crue et de fibres, appliqué sur un support bois, lui-même solidaire de la structure porteuse (en bois également). Il a pour fonction de réaliser une paroi opaque verticale - mur extérieur ou cloison intérieure - ou horizontale - plancher ou plafond. Il présente des caractéristiques de régulation de l'ambiance hygrométrique, d'affaiblissement acoustique et de protection au feu.

#### **La terre en finition : les enduits**

La terre crue constitue le liant de l'enduit, auquel divers ingrédients peuvent être ajoutés en fonction des caractéristiques de la terre utilisée : sable, fibre, trame. Il s'applique sur une grande variété de supports maçonnés (terre crue, pierre naturelle, ciment) ou végétaux (bottes de paille). Réalisés à l'intérieur, en fonction de leur composition et de leur application, ils peuvent assurer les fonctions de protection au feu, de parement esthétique, protection du support, d'étanchéité à l'air, de régulation du confort hygrométrique.

L'utilisation d'enduit terre crue en parement extérieur ne peut se faire que sous réserve d'assurer sa protection au ruissellement (pluie), à l'abrasion et au poinçonnement.

#### **La terre en tant qu'isolant : les terres allégées**

Depuis quelques décennies, les professionnels de la terre crue et les auto-constructeurs ont cherché à adapter l'usage de la terre crue aux problématiques climatiques et sociales actuelles, à savoir l'isolation thermique des bâtiments. La terre allégée se présente donc comme un mélange fortement dosé en fibres végétales et faiblement dosé en terre crue, constitué dans un coffrage et généralement maintenu par une ossature bois légère.

Une fois décoffré, le mélange isolant est généralement enduit. Il se prête particulièrement bien à l'isolation par l'intérieur du bâti en terre crue, ou en remplissage entre colombage. Une grande variété de fibres courtes (chênevotte) ou longues (paille) peut être utilisée. L'entreprise normande Eco-Pertica est également pionnière dans la mise au point de la projection mécanisée de terre-chanvre.

#### **Avantages environnementaux**

Les matériaux à base de terre crue ne nécessitent pas de cuisson et peu de transformation.

L'ajout de sable n'est pas toujours nécessaire, suivant les caractéristiques de la ressource en terre et l'usage souhaité. L'approvisionnement est généralement local, ce qui limite le transport de ce matériau pondéreux.

Ces éléments seront détaillés par technique.

# Terre

Système constructif #1



## Murs porteurs en terre crue avec des fibres végétales (bauge) 1/2

### Une technique régionale de mur structurel en terre crue

#### Applications constructives

##### Préparation et mise en œuvre

La bauge, technique ancestrale sur tout l'arc ouest de la France, consiste à élever un mur constitué d'un empilement de mottes de terre crue à l'état plastique, amendées ou non de fibres, sans stabilisant d'origine minérale (ciment ou chaux).

La mise en œuvre traditionnelle s'effectue sans coffrage, les maçons empilant à la fourche les mottes de terre sous forme de levées pouvant atteindre une hauteur de 1m maximum. Le dressage des parements de la levée se réalise après quelques heures ou un jour de séchage, avec un outil tranchant, en enlevant le surplus de matière.

Quelques entreprises mécanisent aujourd'hui le mélange, voir la mise en œuvre, et ont recours également au coffrage pour limiter le travail de dressage des murs et gagner en productivité. L'architecture traditionnelle et contemporaine montre des exemples pouvant atteindre l'équivalent d'un R+2 en bauge porteuse, voire d'un R+5 quand la bauge est associée à un autre système structurel (Résidence Salvatierra - Rennes - architecte Jean Yves Barrier - livré en 2003).

##### Confort et utilisation frugale des ressources locales

Utilisant un matériau de construction à très faible impact environnemental, cette technique est à explorer pour produire une architecture plus respectueuse des ressources de la planète. Elle ne mobilise pas de ressources très demandées comme le sable ou le bois, mais utilise des coproduits de l'activité agricole comme la paille ou le lin qui sont impropres à une utilisation dans l'industrie textile.

La bauge présente également un excellent comportement

acoustique et une bonne tenue au feu. Ses capacités de régulation hygrométrique produisent des bâtiments agréables, notamment en termes de confort d'été.

A contrario, un mur en bauge a une emprise au sol importante (50cm en moyenne), à laquelle il faut ajouter une isolation thermique, par l'intérieur ou par l'extérieur. Peu de données techniques sont à ce jour disponibles, à part le guide de bonnes pratiques et les résultats des études mécaniques et thermiques menées dans le cadre du projet CobBauge.

##### Un temps de séchage à anticiper dans la conduite du chantier

Le rendement est d'environ 7m linéaires par jour sur une hauteur de 50cm, avec le travail de 2 à 3 personnes. Le rendement peut être multiplié par 3 dans le cas de bauge banchée.

Le temps de séchage, inhérent à toutes les techniques utilisant la terre à l'état plastique, est important et peut allonger la durée des chantiers. Il faut attendre trois semaines avant de pouvoir recevoir des charges de plancher, de charpente ou une nouvelle levée, et près de 6 mois avant de pouvoir réaliser les finitions. L'équilibre hydrique n'est obtenu qu'au bout d'un an. Le travail de la terre en hiver est déconseillé.

Peu d'entreprises sont compétentes pour réaliser des ouvrages en bauge, et seule une poignée peut répondre à des chantiers importants. Cela peut se traduire par des coûts de travaux importants du fait des changements d'échelle pour ces entreprises ou des déplacements induits. Mais à l'image des chantiers récents réalisés en terre crue à Paris, des accompagnements et transferts de compétences peuvent s'envisager en les faisant collaborer avec de plus grosses structures.

#### Données clés

**Aire géographique d'approvisionnement**  
*Sur site*

**Coût de fabrication**  
450 €/ m2 ou m3 (fourniture + pose)

FDES : 5 Collectives

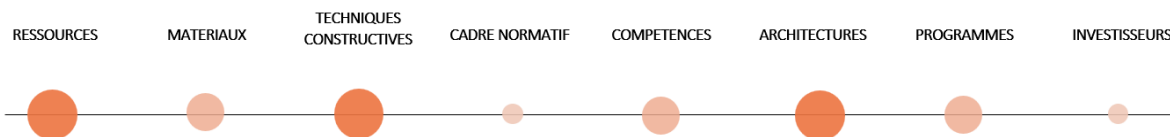
#### Synthèse du Cadre technico-normatif

##### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- Guides de bonnes pratiques de la terre crue

##### Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.



# Murs porteurs en terre crue avec des fibres végétales (bauge) 2/2

## Une technique régionale de mur structurel en terre crue



### Des recherches en cours pour actualiser cette technique

Pour pallier ces limites, des projets de recherche et des réalisations expérimentales sont en cours, coordonnés par François Streiff, architecte au Parc Naturel Régional des Marais du Cotentin et du Bessin. Un bâtiment expérimental construit en bauge isolée par l'extérieur en terre allégée est instrumenté pour mieux connaître et modéliser le comportement hygrothermique de la bauge. Des bâtiments expérimentaux, comme la Maison du PNR, inventent de nouvelles façons de construire en bauge en tentant de réduire les contraintes.

Le développement du recours à la bauge en construction neuve n'aura lieu que si les contraintes identifiées sont levées. Pour ce faire, quelques pistes d'actions :

- Former les professionnels à cette technique et viser des entreprises pouvant réaliser des chantiers importants ;
- Modéliser les performances (structurelles et thermiques) pour intégrer ce matériau dans les moteurs de calcul ;
- Produire les essais certifiés nécessaires ;
- Innover dans le process de fabrication, tester la préfabrication pour réduire les contraintes de chantier ;
- Soutenir la commande.

### Cadre technico-normatif

Pour de la réhabilitation, comme pour la construction neuve, pour les ouvrages et travaux non couverts par un référentiel technique permettant d'être reconnus en technique courante, les constructeurs doivent être assurés en technique non courante pour cette activité. Le montant des travaux réalisés doit bien être dans l'épure de la garantie souscrite.

A la date de réalisation du sourçage, il existe un référentiel technique de type guide de bonnes pratiques pour des terres crues. Celui-ci est subdivisé en 6 procédés dont le procédé de murs porteurs en terre crue avec fibres végétales, dénommé plus couramment « la bauge ». Ce guide a été édité en octobre 2020 sous la direction de la Confédération de la construction en terre crue.

Comme indiqué en propos liminaires, bien que constituant un premier référentiel utile, le statut de guide de ce document ne permet pas de reconnaître en technique courante les procédés qui s'y réfèrent. Pour la prescription et l'emploi de ces procédés sur une opération, il est donc nécessaire :

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

Nb : Pour démontrer l'atteinte de la fiabilité attendue, il est rappelé que ces démarches sont exigeantes et mobilisent souvent une expertise très élevée, du temps et des financements substantiels pour les mener de façon probante.



# Terre

Système constructif #2

## Murs porteurs en blocs de terre comprimée stabilisée (1/2)

### Un matériau qui fait débat



#### Données clés

**Aire géographique d'approvisionnement**  
10 km hors ATEX

FDES : 1 Collective, 1 Individuelle

#### Synthèse du Cadre technico-normatif

**Référentiels normatifs ou prénormatifs**

- ATEX de cas a n° 2957\_V1

**Tests et essais performanciels**

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

#### Applications constructives

##### Une brique de terre stabilisée ou adjuvannée

La terre stabilisée consiste à ajouter une part de liant minéral (chaux ou ciment) dans un mortier de terre crue, dans l'intention d'accroître les performances mécaniques (sur ce point, l'efficacité long terme est discutée, les argiles ayant un comportement hydraulique différent de celui d'un liant minéral) et de réduire le temps de séchage. La part de liant hydraulique peut atteindre 10%, selon la norme XP13\_901, mise à jour en 2021 pour les briques de terre crue.

La terminologie "terre adjuvannée" est plus adaptée pour qualifier cette pratique. En effet l'intégration de liant cuit questionne sur la légitimité de l'appellation « terre crue ».

En pratique, une brique de terre adjuvannée de 10% de ciment contient plus de ciment qu'un "parpaing" ou aggloméré creux de béton, qui en contient 7% environ.

##### Des améliorations techniques au prix d'un moindre bénéfice environnemental

A noter que ces améliorations techniques se font au prix d'un impact environnemental plus important et de la perte du caractère réversible et réutilisable du matériau terre crue lors de la fin de vie de l'ouvrage.

Pour une unité fonctionnelle comparable (1m<sup>2</sup> de mur porteur en brique de terre crue de 30cm d'épaisseur), l'impact sur le réchauffement climatique d'une brique sans liant minéral est de 16,3 kg CO<sub>2</sub> eq\*, à comparer avec la valeur pour une brique stabilisée à 3,7% de chaux NHL, qui présente une valeur de 36,1 kg CO<sub>2</sub> eq\*\*, soit un facteur de 2,2. La valeur de 36,1 kg CO<sub>2</sub> eq est proche de la valeur d'une brique de terre cuite.

A noter que le guide de bonnes pratiques *Brique de terre crue* autorise la construction de murs porteurs périphériques sous réserve de dispositions simples de protection à l'eau.

##### Un usage en mur porteur extérieur à privilégier

Sur le territoire interrégional, seul Cycle Terre produit des briques de terre stabilisée à Sevran (93).

Les domaines d'applications comprennent des usages à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment.

Cycle Terre recommande l'usage de ces briques en soubassement d'un mur en terre crue non stabilisé. Rosny-Sous-Bois teste en ce moment l'utilisation de BTC Cycle Terre en porteur, hors ATEX. Le volume de vente des BTC stabilisées est à ce jour inférieur à 10%. Etant donné l'impact environnemental induit par l'adjuvantage, l'usage en tant que mur porteur extérieur (abrité ou enduit) est à privilégier.

La mise en œuvre est décrite dans la norme XP 13-901.

\* FDES mur en adobe, Confédération de la Construction en Terre Crue

\*\* FDES paroi en bloc de terre comprimée porteuse d'environ 30 cm, Cycle Terre

#### Cadre technico-normatif

A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel technique traditionnel visant ce procédé. Il existe une ATEX favorable (ATEX 2957\_V1 de cas « a », CSTB), obtenue par Briques Technic Concept dans le Tarn donc loin de la Vallée de la Seine. Elle peut constituer une base de données pour de nouveaux tests sur chantier ou une nouvelle demande d'ATEX. Mais à l'heure actuelle, pour construire en porteur et en approvisionnement local en IDF ou Normandie, il faut se passer d'ATEX ou déposer une ATEX de type B.

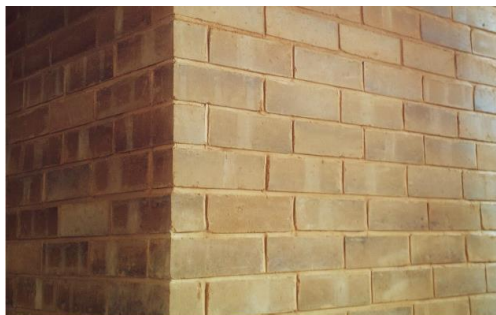
RESSOURCES      MATERIAUX      TECHNIQUES CONSTRUCTIVES      CADRE NORMATIF      COMPETENCES      ARCHITECTURES      PROGRAMMES      INVESTISSEURS

# Terre

Système constructif #2

## **Murs porteurs en blocs de terre comprimée stabilisée (2/2)**

*Un matériau qui fait débat*



Ce procédé est destiné à la réalisation de murs porteurs en Blocs de Terre Comprimée Stabilisée (BTCS) de bâtiments à usage d'habitation, bureaux, locaux à usage commercial et d'établissements recevant du public, dont la hauteur ne dépasse pas R+4.

Les locaux visés par ce procédé sont les locaux de type EA, EB, EB+ privés à faible ou moyenne hygrométrie.

Le procédé peut être mis en œuvre en zone de sismicité 1 ou 2, limité à la catégorie II en zone de sismicité 2 et en respectant les dispositions particulières du cahier des charges.

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

La perspective de développement pour les régions Normandie et Île-de-France pourrait être de proposer un procédé équivalent en matériaux locaux, en faisant reconnaître celui-ci par une ATEx de cas « a » favorable, pour en permettre son emploi large.

# Terre

Système constructif #3

## Cloisons et contre-cloisons intérieures en maçonnerie de briques de terre (adobe) Un matériau modulaire facile à utiliser



### Données clés

**Aire géographique d'approvisionnement**  
Maximum 100 km entre la fabrication et le chantier

**FDES** : 2 Collectives, 1 Individuelle

### Synthèse du Cadre technico-normatif

#### Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

### Applications constructives

#### Deux fabricants d'adobe

L'adobe est fabriquée dans un moule sans pression mécanique, à partir de terre crue. Un ajout de sable et de fibre peut être nécessaire en fonction des qualités de la terre utilisée. La fabrication est suivie d'une phase de séchage à l'air libre. La briqueterie Dewulf (60) et Enerterre (50) produisent des adobes, respectivement des briques extrudées et moulées. On constate que les capacités de l'outil de production sont importantes et supérieures à la demande actuelle. En cas d'augmentation de la demande, les centres de production devront s'agrandir et disposer de l'espace nécessaire au stockage de la terre d'une part, et au stockage des briques d'autre part.

#### Un matériau modulaire facile à mettre en œuvre, à promouvoir

La mise en œuvre des briques de terre crue "dans les règles de l'art" est décrite dans le guide de bonnes pratiques brique de terre crue. Elle se réalise avec un mortier présentant une formulation proche de la brique utilisée, généralement un mortier de terre crue. Elle ne présente pas de difficulté particulière. Les temps de séchage sont rapides, en comparaison à un chantier utilisant de la terre humide (bauge, torchis, enduits...).

Dans le cas précis de l'utilisation de la brique en intérieur, il est possible de réaliser sans difficulté des murs porteurs, des remplissages entre ossature bois ou des parements.

L'adobe est aujourd'hui essentiellement utilisée pour la réparation de murs en bauge et comme cloisons et contre-cloisons intérieures. La terre massive présente un bon comportement au feu et un comportement hygrométrique générant confort thermique d'hiver et d'été, ainsi que de fortes capacités d'isolation acoustique.

La brique de terre - adobe et BTC - est un matériau intéressant à

promouvoir. Ce point est détaillé dans le système constructif #4.  
**Cadre technico-normatif**

Pour de la réhabilitation, comme pour la construction neuve, pour les ouvrages et travaux non couverts par un référentiel technique permettant d'être reconnus en technique courante, les constructeurs doivent être assurés en technique non courante pour cette activité. Le montant des travaux réalisés doit bien être dans l'épure de la garantie souscrite.

Il existe un référentiel technique de type guide de bonnes pratiques pour des terres crues. Celui-ci est subdivisé en 6 procédés, le procédé de « Cloisons intérieures en maçonnerie de briques de terre non compressée » est traité dans le guide de bonnes pratiques "brique de terre crue". Ce guide a été édité en octobre 2020 sous la direction de la Confédération de la construction en terre crue. Comme indiqué en propos liminaires, bien que constituant un premier référentiel utile, le statut de guide de ce document ne permet pas de reconnaître en technique courante les procédés qui s'y réfèrent. Pour la prescription et l'emploi de ces procédés sur une opération, il est donc nécessaire :

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



# Terre

Système constructif #4

## Cloisons intérieures en maçonnerie de briques de terre compressée 1/2

Un matériau modulaire facile à utiliser



### Données clés

#### Volume moyen par fabricant

De 3500 à 600 000 briques (production limitée par le marché)

FDES : 4 Par défaut, 1 Collective

### Synthèse du Cadre technico-normatif

#### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- ATEx de cas a n° 2911\_V1

#### Tests et essais performanciers

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

### Applications constructives

#### Briques de terre compressé : une gamme de produit assez étendue

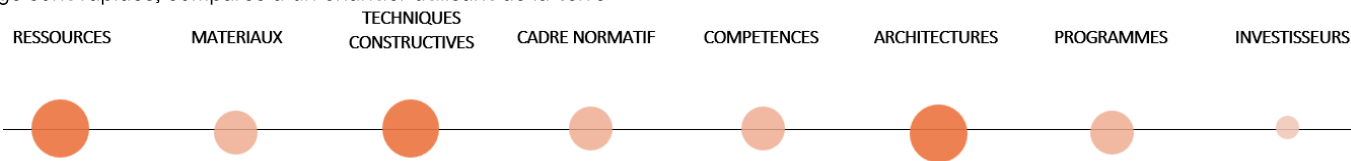
Plusieurs acteurs professionnels produisent toute une gamme de briques de terre sur ou à proximité du territoire d'études :

- Briques de terre compressée ou extrudée : Cycle Terre (93), Enerterre (50), Briqueterie Dewulf (60),
- Brique rainurée pour mur chauffant : Carrelage Saint Sanson (60)
- Parement intérieur de carreaux de terre crue comprimée : Carrelage Saint Sanson (60)

La fabrication des briques se fait à partir de terre séchée, concassée et tamisée, qui est humidifiée avant moulage mécanique et sous pression. Après un ajout de sable et de éventuel, selon les qualités de la terre, intervient une phase de séchage à l'air libre. Les capacités de l'outil de production sont importantes et supérieures à la demande actuelle. En cas d'augmentation de la demande, les centres de production devront s'agrandir et disposer de l'espace nécessaire au stockage de la terre d'une part, et au stockage des briques d'autre part.

#### Un matériau modulaire facile à mettre en œuvre

La mise en œuvre des briques de terre crue "dans les règles de l'art" est décrite dans le guide de bonnes pratiques "brique de terre crue". Elle se réalise avec un mortier présentant une formulation proche de la brique utilisée, généralement un mortier de terre crue. Elle ne présente pas de difficulté particulière. Les temps de séchage sont rapides, comparés à un chantier utilisant de la terre



humide (bauge, torchis, enduits...).

Dans le cas précis de l'utilisation de la brique en intérieur, il est possible de réaliser sans difficulté des murs porteurs (jusqu'à 3 niveaux), des remplissages entre ossature bois ou des parements. La terre massive présente un bon comportement au feu et un comportement hygrométrique générant confort thermique d'hiver et d'été, ainsi que de fortes capacités d'isolation acoustique. Il faut néanmoins prendre en compte l'absence d'Atex pour un usage porteur.

#### Un matériau à promouvoir

Les limites identifiées sont de plusieurs ordres :

- économiques, dans la mesure où le matériau présente un coût assez élevé lié à la taille modeste des acteurs économiques.
- esthétiques, du fait de la différence avec la traditionnelle plaque de plâtre (mais le murs de briques apparentes peut plaire aussi)
- de distribution, la brique de terre crue n'est pas proposée dans les grandes enseignes de magasin de matériaux, ce qui rend sa diffusion anecdotique
- de compétence, les entreprises pouvant proposer et poser ce matériau sont peu nombreuses (mais l'apprentissage est rapide)

#### De ces limites apparaissent quelques recommandations...

- Accompagner ces acteurs à investir dans un outil de production optimisé et à consolider leur modèle économique paraît nécessaire.
- promouvoir le matériau, ses qualités esthétiques et techniques, stimuler la commande publique et privée.
- travailler collégalement à une meilleure distribution des produits
- former maîtres d'œuvre et entreprises à prescrire et mettre en œuvre ces produits à des coûts maîtrisés.

# *Cloisons intérieurs en maçonnerie de briques de terre compressée 2/2*

## *Un matériau modulaire facile à utiliser*



### Cadre technico-normatif

Pour de la réhabilitation, comme pour la construction neuve, pour les ouvrages et travaux non couverts par un référentiel technique permettant d'être reconnus en technique courante, les constructeurs doivent être assurés en technique non courante pour cette activité. Le montant des travaux réalisés doit bien être dans l'épure de la garantie souscrite.

A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel technique traditionnel visant ce procédé, mais il existe une Appréciation Technique d'Expérimentation de cas « a » favorable, enregistrée sous le numéro ATEEx 2911\_V1, auprès du CSTB. Ainsi, dans la mesure où l'ATEX est respectée en tous points, le présent procédé est reconnu en technique courante.

Ce procédé est destiné à la réalisation de cloisons en maçonnerie de Briques de Terre Compressée (BTC), destinées aux bâtiments de type établissement recevant du public, maisons individuelles, bâtiments de logements en collectif, bâtiments pour bureaux, constructions scolaires et tous types de bâtiments à usage commercial, industriel ou agricole.

Les cloisons peuvent être des cloisons distributives ou séparatives de logement. Trois configurations principales sont visées :

- Cloisons en simple paroi ;
- Cloisons doublées par un procédé traditionnel en plaques de plâtre ;
- Cloisons doubles.

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

Les cloisons visées sont les cloisons dites « courantes » définies dans le DTU 20.13, dans les locaux secs et humides de type EA, EB, sous certaines conditions. Dans des locaux classés EB+ privatifs, les cloisons doubles ne sont pas autorisées.

La perspective de développement pour les régions Normandie et Île-de-France pourrait être de proposer un procédé équivalent en matériaux locaux, en faisant reconnaître celui-ci par une ATEEx de cas « a » favorable, pour en permettre son emploi large.

A plus long terme, une perspective qui semblerait intéressante serait le développement d'une architecture en BTC porteuse isolée par l'extérieur (en fibre de bois ou en terre-chanvre), permettant de profiter de l'inertie (et donc d'apporter un bon confort d'été sans besoin de climatisation) et d'assurer une protection des briques aux intempéries. Ne nécessitant ni finition intérieure, ni étanchéité à l'air (gestion par la brique elle-même), elle pourrait montrer sa plus-value économique.



# Terre

Système constructif #5

## Remplissage entre ossature bois à base de terre crue et de fibres végétales (torchis) 1/2

### Une technique peu exigeante et mal considérée



### Applications constructives

#### Le torchis, un matériau résilient

Le torchis est un mélange de terre crue et de fibres, appliqué sur un support bois, lui-même solidaire de la structure porteuse (en bois également). Il a pour fonction de réaliser une paroi opaque verticale - mur extérieur ou cloison intérieure - ou horizontale - plancher ou plafond.

Le patrimoine bâti rural et urbain illustre la grande variété de composition et de mise en œuvre des torchis, ce qui traduit une adaptation très fine aux matériaux disponibles localement : terres, fibres, bois pour les supports de fixation, calepinage de la structure porteuse.

Le torchis se prépare en incorporant de la fibre végétale (paille de céréales, foin, chanvre...) à une terre argileuse à l'état plastique. Le mélange peut être réalisé manuellement ou mécaniquement, avec des outils de taille variée, allant du malaxeur planétaire chargé manuellement à la centrale à torchis chargée à la pelle mécanique. Il peut être mis en œuvre immédiatement ou après une fermentation de plusieurs semaines (qui assouplit les fibres et lui confère une meilleure résistance à l'eau de ruissellement).

Le support de fixation, en bois, permet de valoriser les bois locaux de petites sections, déchets de scierie...

Le torchis mis en œuvre à l'extérieur doit être protégé par une finition (enduit à base de terre, chaux, ou plâtre) ou une vêtue. Traditionnellement mis en œuvre entre colombages, il s'adapte à des ossatures de conception récente (compatible avec le DTU 31.1), en mur extérieur ou cloisonnement intérieur.

L'application est peu mécanisable, ce qui en fait une technique encore largement manuelle, facile à acquérir. L'essentiel du coût est dévolu à la main d'œuvre.

#### Atouts de la terre crue et facilité de mise en œuvre

Le torchis présente des caractéristiques de régulation de l'ambiance hygrométrique, d'affaiblissement acoustique et de protection au feu. Il dispose également d'une bonne résistivité à l'air, ce qui permettrait de réaliser l'étanchéité à l'air d'un bâtiment. Il dispose d'une fiche de déclaration environnementale et sanitaire. Il accepte une grande variabilité de composants, permettant de valoriser au mieux les ressources locales. La souplesse permet de créer des formes contemporaines et il n'est pas nécessaire de garder les montants d'ossature apparents.

#### Un matériau mal considéré

Cependant, le torchis souffre d'une méconnaissance et d'une image "désuète", associée à la pauvreté du bâti rural. Il n'est donc quasiment pas prescrit en construction neuve. Comme toutes les techniques utilisant la terre crue à l'état plastique, l'application en hiver est déconseillée et le temps de séchage est à prévoir avant application d'une finition enduite (3 à 6 mois). Enfin, la faible mécanisation possible, si elle participe au très faible impact environnement du torchis, conduit à des coûts de réalisation importants.

Pour pallier à ces limites, il est nécessaire de :

- Mettre en avant les possibilités techniques, architecturales et esthétiques du torchis pour susciter l'intérêt des prescripteurs et maîtres d'ouvrage ;
- Former l'ensemble des acteurs des projets à la prescription et à la mise en œuvre du torchis ;
- Expérimenter des mises en œuvre innovantes pour répondre à des problématiques spécifiques où le torchis semble particulièrement pertinent (par exemple en plancher et plafond).

#### Données clés

**Volume moyen par fabricant**  
De 3500 à 600 000 briques

FDES : 1 Collective

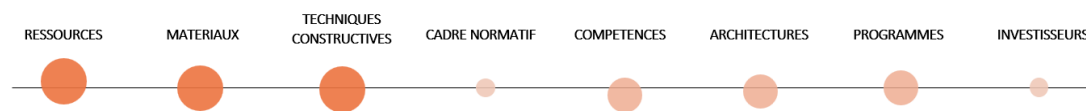
#### Synthèse du Cadre technico-normatif

##### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- Guides de bonnes pratiques de la terre crue

##### Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.



# Terre

Système constructif #5

## *Remplissage entre ossature bois à base de terre crue et de fibres végétales (torchis) 2/2*

### *Une technique peu exigeante et mal considérée*

#### Cadre technico-normatif

Pour de la réhabilitation, comme pour la construction neuve, pour les ouvrages et travaux non couverts par un référentiel technique permettant d'être reconnus en technique courante, les constructeurs doivent être assurés en technique non courante pour cette activité. Le montant des travaux réalisés doit bien être dans l'épure de la garantie souscrite.

À la date de réalisation du sourçage, il existe un référentiel technique de type guide de bonnes pratiques pour des terres crues.

Celui-ci est subdivisé en 6 procédés, dont le procédé de remplissage entre ossature bois à base de terre crue et de fibres végétales, dénommé plus couramment « le torchis et les terres allégées ». Ce guide a été édité en octobre 2020 sous la direction de la Confédération de la construction en terre crue.

Comme indiqué en propos liminaires, bien que constituant un premier référentiel utile, le statut de guide de ce document ne permet pas de reconnaître en technique courante les procédés qui s'y réfèrent.

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

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



# Terre

Système constructif #6

## Remplissage entre ossature bois à base de terre crue et fibres végétales (terre allégée) 1/3 Un fort potentiel d'innovation



### Données clés

**Aire géographique d'approvisionnement**  
Régional

**Coût de fabrication**  
Entre 25 et 150 €/m<sup>2</sup> suivant chantier

**FDES** : 1 Par défaut, 1 Collective

### Synthèse du Cadre technico-normatif

**Référentiels normatifs ou prénormatifs**

- Règles professionnelles « Mise en œuvre des enduits sur support composées de terre crue » accepté par la C2P avec suivi du retour d'expérience RP-B

**Tests et essais performanciels**

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

### Applications constructives

#### Un système constructif proche du torchis

Proches du torchis dans leur composition, les terres allégées introduisent des innovations rendant compte de l'adaptation d'une technique traditionnelle aux besoins contemporains.

Les terres allégées se composent de fibres et de terre crue, dans des proportions inverses du torchis : la part de fibres est maximisée pour lui conférer des qualités d'isolation thermique. La densité d'un torchis oscille entre 600 à 900 kg/m<sup>3</sup>, alors que celle d'une terre allégée varie entre 200 et 350 kg/m<sup>3</sup>. La conductivité thermique dépend de la masse volumique et peut descendre jusqu'à 0,061 W/m.K (PV essai COFRAC), son classement au feu B-s1-d0 (PV essai COFRAC).

#### Des applications multiples

La terre allégée peut s'appliquer en isolation par l'intérieur ou par l'extérieur d'un mur maçonné, en remplissage d'une ossature bois ou d'un colombage traditionnel. L'épaisseur dépend de la performance recherchée et du support, et peut atteindre 30 cm en remplissage d'ossature. La finition la plus adaptée est l'enduit à base de terre, de chaux ou de plâtre. La mise en place d'un parement est aussi possible. La plaque de gypse-cellulose permet une projection en directe sur la structure contreventante qui assure l'étanchéité à l'air.

#### Le terre-chanvre, une innovation normande qui a fait ses preuves

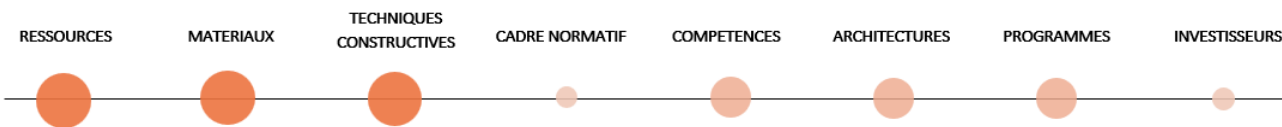
Le terre allégé accepte une multitude de fibres végétales, la plus connue est le mélange terre-paille, légèrement tassé manuellement

entre des banches. Cette technique, dont les matériaux sont quasiment gratuits (hormis le bois de l'ossature légère), demande beaucoup de main d'œuvre et un temps de séchage important (6 mois environ). Quelques artisans réalisent des essais avec des anas de lin ou des roseaux broyés.

#### Projection mécanisée, réduction des temps de séchage... Le développement de divers procédés d'optimisation par des entreprises du territoire

La SCIC Eco-Pertica a développé un processus complet de préparation de terre et de projection mécanisée de terre-chanvre. La terre, préparée en barbotine, est vaporisée et mélangée à la chènevotte, préalablement décompactée, au niveau de la lance de la projeteuse. Le rendement est de 2 à 3 m<sup>3</sup> de mélange projeté par jour. A partir de 8 cm d'épaisseur, la réalisation d'une ossature légère, noyée dans le terre-chanvre, est nécessaire pour maintenir le mélange. Cette technique présente de nombreux avantages : gain de temps sur chantier, performances thermiques améliorées, mise en œuvre homogène, séchage plus rapide, image "contemporaine". De plus en plus d'artisans proposent cette technique en Normandie, essentiellement au sein de la CAE Les Chantiers de Demain. Plusieurs sessions de formation sont dispensées en France chaque année, plus d'une centaine de maçons est formée des Hauts de France à la Nouvelle Aquitaine. Le terre-chanvre demande un bon niveau technique.

Récemment installée en Normandie, la société Akta a développé une machine de projection d'un rendement de 15m<sup>3</sup>/jour, grâce à un système de mélange à sec du liant et des fibres, l'eau étant vaporisée en bout de lance de projection. Ce process permet d'optimiser les temps de séchage.



# Terre

Système constructif #6

## **Remplissage entre ossature bois à base de terre crue et fibres végétales (terre allégée) 2/3** *Un fort potentiel d'innovation*



La terre du site peut être utilisée, il est aussi possible d'utiliser de la terre prête à l'emploi en s'approvisionnant auprès d'Enerterre, d'Eco-Pertica, des briqueteries et poteries locales, ou des boues de lavage de carrière. Le surcoût de la terre prête à l'emploi a pour contrepartie une exécution rapide et maîtrisée.

### **Chaux-chanvre versus terre-chanvre**

In fine, le terre-chanvre est comparable au chaux-chanvre dans ses applications et mises en œuvre. En faveur du terre-chanvre, un impact environnemental plus favorable lié à l'absence de cuisson du liant, aux possibilités de réemploi offertes par la terre crue (matériau réversible), à la possibilité d'utiliser des matériaux locaux (pas de production de chaux en Normandie) et de meilleures conditions de travail pour les compagnons (pas de brûlures). En faveur du chaux-chanvre, une filière plus structurée disposant de Règles Professionnelles, de partenariat avec les réseaux de distribution de matériaux et d'un plus grand nombre de professionnels formés. L'intégration du terre-chanvre dans les Règles Professionnelles "Construire en Chanvre" serait un atout pour la filière, à condition que les entreprises soient libres de choisir la terre qui leur convient pour atteindre leurs objectifs (terre du site ou terre prête à l'emploi. Cette liberté n'est pas possible dans les Règles Professionnelles "Construire en Chanvre" qui spécifient des couples liants (chaux) et chènevotte (unité de défibrage) validés.

### **Une solution pour la rénovation**

Ce matériau est tout indiqué pour l'isolation du bâti ancien, en terre ou en maçonnerie. Il offre une solution parfaitement adaptée au bâti en colombage, en isolation par l'intérieur ou en remplacement du remplissage dégradé. Sa plasticité lui permet d'isoler les moindres recoins, et de s'accommoder des faux aplombs. Le terre-chanvre accepte tout type de finition, la plus demandée étant l'enduit. Dans ce cas, l'étanchéité à l'air est gérée par l'enduit, ce qui suppose d'anticiper finement tous les points singuliers et liaisons entre enduit et un autre matériau. La finition enduit nécessite aussi de prévoir des supports de fixation de charges

lourdes (étagère murale). Réalisée par un professionnel, elle présente un coût supérieur à une finition par plaque de parement.

### **Et en construction neuve ?**

Aujourd'hui, le terre-chanvre est peu demandé en construction neuve, probablement en raison de sa conductivité thermique moyenne par rapport aux isolants en panneau. Cet inconvénient présente pourtant des avantages : de par sa masse volumique conséquente pour un isolant et ses qualités hygroscopiques, il apporte un confort d'été important, de plus en plus apprécié dans le contexte climatique actuel.

### **Une filière prometteuse à soutenir**

Développé par une poignée de passionnés en Normandie, le terre chanvre en projection mécanisée atteint un niveau de professionnalisme remarquable. La filière connaît cependant des difficultés importantes à opérer le changement d'échelle nécessaire pour répondre à l'intérêt croissant qu'elle suscite. Quelques pistes d'actions à mener :

- capitaliser les innovations des entreprises et poursuivre les travaux de recherche engagés (comportement acoustique, FDES...);
- aider les entreprises à investir dans l'outil de projection mécanisée (entre 25 000 et 100 000 € suivant le rendement de la machine);
- soutenir l'intégration du terre-chanvre dans un référentiel technique reconnu (règles professionnelles ou autre), pour aller au-delà du Guide de Bonnes Pratique de la construction en terre
- mettre en place les maillons manquants de la filière, et notamment une meilleure distribution des matériaux (chènevotte et terre prête à l'emploi);
- inciter à la mise en place de projets de bâtiments pilotes pour inciter les acteurs de la filière à se structurer pour répondre à des marchés plus importants.



# Terre

Système constructif #6

## **Remplissage entre ossature bois à base de terre crue et fibres végétales** (terre allégée) **3/3** *Un fort potentiel d'innovation*



### Cadre technico-normatif

Pour de la réhabilitation, comme pour la construction neuve, pour les ouvrages et travaux non couverts par un référentiel technique permettant d'être reconnus en technique courante, les constructeurs doivent être assurés en technique non courante pour cette activité. Le montant des travaux réalisés doit bien être dans l'épure de la garantie souscrite.

A la date de réalisation du sourçage, il existe un référentiel technique de type guide de bonnes pratiques pour des terres crues.

Celui-ci est subdivisé en 6 procédés dont les procédés de remplissage entre ossature bois à base de terre crue et de fibres végétales, dénommé plus couramment « le torchis et les terres allégées ». Ce guide a été édité en octobre 2020 sous la direction de la Confédération de la construction en terre crue.

Comme indiqué en propos liminaires, bien que constituant un premier référentiel utile, le statut de guide de ce document ne permet pas de reconnaître en technique courante les procédés qui s'y réfèrent.

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

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



# Terre

Système constructif #7

## Enduit mural int/ext de terre crue ou de chaux et fibres végétales - 1/2

### Esthétique et confort hygrothermique



#### Données clés

FDES : 1 Par défaut, 1 Collective

#### Synthèse du Cadre technico-normatif

##### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- Règles professionnelles « Mise en oeuvre des enduits sur support composées de terre crue » accepté par la C2P avec suivi du retour d'expérience RP-B
- Règles professionnelles « Construction en paille, remplissage isolant et support d'enduit » accepté par la C2P sans un suivi nécessaire du retour d'expérience (RP-A)

##### Tests et essais performanciers

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

#### Applications constructives

##### Préparation et réalisation de l'enduit

La réalisation d'un enduit nécessite de mélanger un liant (ici, terre crue ou chaux), une charge (du sable) avec de l'eau pour une application à l'état plastique. Suivant le rendu souhaité et les caractéristiques de la terre utilisée, l'ajout de fibre végétale et d'un colorant naturel est possible.

La préparation de l'enduit se fait sur chantier, et il s'applique en 3 passes : une passe d'accroche - le gobet, une passe de corps - le corps d'enduit, et une passe de finition. Le séchage de chaque passe est nécessaire avant de réaliser la couche suivante. La passe de finition est souvent tramé avec une fibre fine, par exemple de l'anas de lin.

Le plâtre est aussi un liant traditionnel aux propriétés intéressantes: prise très rapide, forte épaisseur en une seule passe, pas de retrait au séchage, formulation possible avec de la chaux aérienne ou de la terre crue, utilisation possible en extérieur (plâtre gros), bonne tenue au feu, projection mécanisable possible. Cependant, le savoir-faire de sa mise en oeuvre s'est perdu et nécessite d'être ré-découvert et ré-enseigné.

##### L'enduit extérieur : une protection adaptée aux matériaux naturels

Appliqué à l'extérieur, l'enduit a pour fonction de réaliser la protection de son support. Et bien sûr une fonction décorative. Le support peut être constitué d'un mur maçonné, d'un mur en terre, en torchis, en béton allégé (chaux-chanvre ou terre-chanvre), en bottes de paille.

La réalisation d'enduits extérieurs est décrite dans les documents

techniques régissant la mise en oeuvre des matériaux "à enduire":

- Règles Professionnelles "Isolation en bottes de paille", "Béton de Chanvre", "Mise en oeuvre d'enduits sur supports composés de terre crue"
- Guide de bonnes pratiques "terre crue"
- Etc...

En raison de sa solubilité à l'eau liquide, l'utilisation de terre crue en revêtement extérieur est déconseillée. L'utilisation de liants "traditionnels" apporte des caractéristiques techniques intéressantes pour la pérennité des ouvrages : ouverture à la diffusion de vapeur d'eau et capillarité.

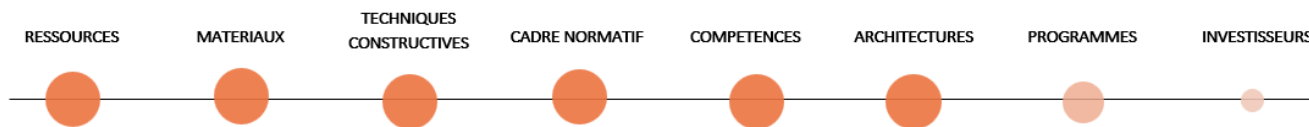
L'enduit traditionnel, s'il est bien réalisé et si les écoulements d'eau sont bien pensés, vieillit plus tôt bien esthétiquement et peut être facilement entretenu.

##### L'enduit intérieur : inertie et régulation hygrométrique

Appliqué à l'intérieur, en plus de sa fonction décorative, l'enduit a pour fonction de protéger son support - généralement un isolant de type béton biosourcé. Il assure aussi l'étanchéité à l'air du bâtiment, sous réserve que tous les points singuliers, notamment les jonctions avec les autres matériaux et parois, soient étudiées et réalisées avec soin.

Il apporte de l'inertie dans le bâtiment et ses capacités hygroscopiques lui permettent de réguler naturellement l'ambiance hygrométrique, assurant un confort de grande qualité. L'apport d'inertie a un effet favorable sur le confort acoustique.

L'enduit terre est assez fragile et doit être ou protégé dans les zones de passage générant des frottements réguliers, ce qui ne le rend pas adapté à tous types d'usages.



# Terre

Système constructif #7

## *Enduit mural int/ext de terre crue ou de chaux et fibres végétales - 2/2*

### *Esthétique et confort hygrothermique*



#### **Un coût important et un manque de main d'œuvre qualifiée**

Plusieurs facteurs entraînent un coût de réalisation important : préparation du mélange sur chantier (ce qui n'est pas le cas d'une plaque de plâtre ou de gypse-cellulose), mise en œuvre en 3 passes avec des temps de séchages, savoir-faire. Comme tout matériau mis en œuvre à l'état humide, la mise en œuvre peut être interrompue en hiver, les temps de séchages sont à intégrer à l'organisation du chantier et la ventilation du bâtiment peut être nécessaire. En revanche, l'enduit terre peut rester apparent et n'a pas besoin d'être peint, contrairement aux plaques de plâtre. Actuellement, la réalisation d'enduits est l'apanage des artisans maçons, issus de l'éco-construction et/ou du patrimoine. Quelques entreprises plus importantes pratiquent la projection mécanisée d'enduit chaux et terre et peuvent réaliser des chantiers importants.

Le développement de filières locales de terre tamisées et séchées prêtes serait un élément facilitateur pour le recours à l'enduit terre.

### Cadre technico-normatif

A la date de réalisation du sourçage, il existe 2 règles professionnelles applicables aux enduits à base de terre et de chaux :

**1 - « Mise en œuvre des enduits sur support composées de terre crue »** acceptées par la C2P avec un suivi du retour d'expérience (RP-B). Ces règles regroupent le procédé d'enduit mural intérieur et extérieur de chaux fibrée avec de la paille sur un support terre crue.

Ainsi, dans la mesure où le référentiel est respecté en tous points, le présent procédé est reconnu en technique courante.

Ces règles professionnelles visent un enduit appliqué sur tous les supports à base de terre crue dont :

- Le torchis
- La terre-paille

- Bauge
- Pisé
- Pierres maçonnées à la terre
- Blocs de terre compressée (BTC)
- Adobe

**2 - « Construction en paille, remplissage isolant et support d'enduit »** acceptées par la C2P sans un suivi nécessaire du retour d'expérience (RP-A).

Ces règles regroupent deux procédés dont le procédé d'enduit mural intérieur et extérieur de terre crue ou de chaux fibrée avec de la paille, sur un support botte de paille.

Ainsi, dans la mesure où le référentiel est respecté en tous points, le présent procédé est reconnu en technique courante.

Pour rappel, ces règles professionnelles visent l'isolation thermique de mur à ossature bois (relevant du DTU 31.2) des locaux de type EA, EB, EB+ privatif à faible ou moyenne hygrométrie, pour la rénovation ou construction neuve. Les types de bâtiments visés sont les logements individuels ou collectifs, les locaux commerciaux et les établissements recevant du public dont le plancher bas du dernier niveau est à : moins de 8 mètres du sol.

## Actualités, spécificités terrain constatées et perspectives d'évolution de la filière 1/2

### Historique de la filière

#### Une filière ancienne qui s'organise

La dynamique de promotion et de transmission des savoir-faire autour de la terre crue est ancienne et multi-acteurs. Les 16 & 17 décembre 2005,

Les acteurs de l'écosystème terre crue se réunissent à Rouen, sous l'égide du CSTB et sous l'invitation de l'association des artisans du Torchis, de la

CAPEB Hte Normandie et du réseau Ecobâtir, autour de l'étude ACSNI "Analyse des caractéristiques des systèmes constructifs non industrialisés".

Un palier a été franchi dans les années 2015 lorsque la DHUP a confié à 10 structures nationales et régionales le pilotage de rédaction des 6 guides de bonnes pratiques dont CAPEB, FFB, Maisons paysannes de France, Aterre, RÉSEAU écobatir, Areso, Arpe Normandie, Collectif terreux armoricain, TERa ... Cette mission mobilise le tissu professionnel pour la production de ces documents à visée normative faisant consensus. Elle conduit également à la création d'un nouvel acteur, la Confédération de la construction en Terre Crue, qui regroupe les associations coordinatrices des guides de bonnes pratiques.

### Spécificités terrain constatées

#### Une demande croissante et une pénurie de main d'œuvre

Sur le terrain, les professionnels de la terre crue constatent une demande croissante, historiquement des particuliers, mais qui s'élargit aujourd'hui à l'ensemble de la maîtrise d'ouvrage. La déclaration d'intention de la Confédération de la construction en terre crue sur la formation, a identifié un déficit de connaissance au niveau des contrôleurs technique et de la maîtrise d'ouvrage publique. Ce déficit entraîne une grande difficulté de réponse de la part des entreprises, du fait de la méconnaissance des capacités constructives de la terre crue de la part de ces acteurs majeurs de la construction.

#### Le dialogue entre tous les intervenants d'un projet

Bien que les techniques de construction en terre crue ne soient pas des techniques courantes de la construction, leur utilisation en construction neuve est possible à condition qu'un dialogue et une stratégie de la gestion du caractère non courant de cette technique soient mis en place entre les intervenants du projet – maîtrise d'ouvrage, architecte, bureaux d'études spécialisés, contrôleur technique, entreprise - dès l'amont.

#### Des références projet à analyser de plus près

Des références semblent montrer que des entreprises auraient été assurées en technique non courante sans a priori de surcoût pour l'emploi de procédés de terre crue relevant la technique non courante.

La collecte de davantage d'informations sur le contexte de ces projets ainsi que sur l'existence et l'effectivité de leur assurabilité serait nécessaire pour en tirer des conclusions.

Parmi cette collecte d'information, il faudra notamment se renseigner sur l'assurance Dommage Ouvrage souscrite par les MOA de ces projets, ce qui consisterait à vérifier qu'elles aient souscrit une assurance en technique non courante et pour quel surcoût éventuel associé.

On rappelle cependant, comme indiqué en propos liminaires, que le recours à une assurance en technique non courante est nécessairement associé à des démarches de justification exigeantes, mobilisant souvent une expertise très élevée, du temps et des financements complémentaires. Pour un procédé relevant de la technique non courante et employé sur des projets, ces démarches de justification sont à répéter pour chaque projet employant ledit procédé.

Ainsi, de par ces démarches qui restent lourdes, et la possibilité qu'elles n'aboutissent pas sur tous les projets, le recours systématique à une police d'assurance en technique non courante est non adapté à une démarche de massification de la filière contrairement au développement de procédés qui seraient reconnus en technique courante.

## **Actualités, spécificités terrain constatées et perspectives d'évolution de la filière 2/2**

### Actualités et perspectives de développement

#### **Le Projet National Terre**

Le projet de recherche Projet National Terre. Il a pour objectif de permettre à nouveau le déploiement, à grande échelle, de la construction en terre crue. Ce développement passe aujourd'hui par la levée des multiples freins identifiés pour ce secteur, qu'ils soient culturels, socio-économiques, techniques, assurantiels ou réglementaires. 9 axes de recherche ont été identifiés : <https://projet-national-terre.univ-gustave-eiffel.fr/>

#### **Des perspectives de tiers-lieu à Sevran et de coworking industriel**

La ville de Sevran a pour objectif de construire un tiers-lieu, avec des espaces de formation et de prototypage/développement, qui puisse servir à la filière terre et plus largement au monde de l'écoconstruction (sur la complémentarité terre/autres matériaux notamment). Cela offrirait également un accès aux matériaux et des espaces de travail pour les artisans.

La piste du coworking industriel a également été exposée à l'occasion des 8<sup>ème</sup> Assises nationales de la terre crue.

#### **La technique de la terre coulée**

La technique de la terre coulée consiste à mettre en œuvre, au sein d'un coffrage, un mélange à base de terre à l'état liquide. Cette technique se rapproche du béton de site et n'est pas répertoriée dans les techniques terre crue. Généralement adjuvantée avec un liant hydraulique, cette technique ne présente pas, jusqu'à présent un bilan environnemental intéressant. Une veille sur les innovations dans ce domaine est à opérer.

#### **Le développement industriel et l'attrait pour l'adjuvantation**

L'approche de la terre comme matériau d'avenir de la construction se développe et incite des industriels à développer des produits à base de terre crue, dans lesquels l'ajout d'un liant cuit a pour objectif d'utiliser la terre crue selon des techniques et des

méthodes d'organisation actuelles. Si les adjuvants font perdre à la terre crue son caractère réversible et réutilisable, et impactent significativement l'analyse du cycle de vie du produit, ces produits sont, dès lors, en contradiction avec les qualités intrinsèques du matériau. Ces pratiques brouillent les repères du client professionnel et particulier. Une analyse fine du processus de fabrication et de mise en œuvre est requise pour distinguer le réel intérêt environnemental des produits.

## **Ressource humaine**

### *Une chaîne d'acteurs compétents mais trop peu nombreux, de nouveaux maillons à former*

#### **Des entreprises trop peu nombreuses et de taille**

**réduite, et** La terre crue est l'activité de maçons spécialisés dans la restauration du patrimoine et/ou l'écoconstruction. Il s'agit essentiellement d'artisans qui disposent d'un niveau d'expérience et de compétences très élevés, certains étant parties prenantes des actions de structuration de la filière. Ce sont des acteurs clés, qui connaissent parfaitement le matériau terre et qui doivent être associés aux démarches d'innovation et de massification. Le nombre de ces entreprises est aujourd'hui insuffisant pour couvrir la demande, provenant essentiellement des particuliers.

#### **Quelques entreprises très formées capables de répondre à des marchés importants**

On compte une dizaine d'entreprises, notamment en Normandie, en capacité de répondre à des marchés plus importants : petit établissement public, petit collectif... Ces entreprises comptent une dizaine de salariés ou plus et sont prêtes à s'engager sur des projets plus ambitieux si la phase conception, le budget et le calendrier de chantier sont acceptables. La question de la préfabrication de certains éléments en terre crue (terre allégée, bauge) est également à étudier pour réduire les temps de chantier et limiter la logistique.

#### **Un niveau de compétences variable selon les techniques**

Les compétences à mobiliser par les entreprises sont variables d'une technique à l'autre. La projection de terre-chanvre demande une grande maîtrise technique, tandis que le torchis est très facile à mettre en œuvre. La brique, de par son format modulaire, est proche d'une brique de terre cuite dans sa mise en œuvre. Elle demande ainsi une connaissance technique du matériau moins fine et plus adaptée à des entreprises du BTP « classiques ».

#### **Besoin de formation professionnelle initiale et continue - Volet réalisation**

Le territoire fait apparaître un manque de formation professionnelle sur la terre crue, pour les différentes composantes de la maîtrise d'œuvre [réalisation et conception].

Aujourd'hui, en réalisation, les jeunes professionnels de la terre crue se forment à l'extérieur du territoire d'études (Bretagne, Pays de la Loire) sur des titres type "ouvrier professionnel en restauration du patrimoine", "ouvrier professionnel en éco-construction", "maçon bâti ancien", "maçon en terre crue" ou au GRETA du Cotentin (spécialisation). Il s'agit de formations longues de plus de 1000 heures. L'intégration de modules sur la terre crue en formation initiale serait déterminante.

Une formation courte professionnelle au terre chanvre existe : la formation "PRO-PAILLE", dispensée en Normandie et en Ile-de-France, intègre une approche des enduits terre, chaux et plâtre sur support botte de paille.

En Ile-de-France, CycleTerre propose des sessions de formation sans pour autant parvenir à les remplir lorsqu'elle s'adresse au monde du BTP. Le programme de formation « Compétences Emplois » (12 semaines), conçu par la Fédération Eco-Construire et l'association sevranaise Compétences Emploi (825k€ de financements régionaux/privés), a davantage de succès auprès des professionnels en reconversion vers la filière terre. Cette formation est suivie par des formations qualifiantes ou des emplois dans le domaine.

#### **Volet conception - un maillon de la chaîne de conception peu formé**

Côté conception, les professionnels de la maîtrise d'œuvre méconnaissent assez largement la construction en terre crue et la filière qui lui est associée. Aucune formation à la conception d'ouvrages en terre crue n'est dispensée en Normandie. Cette situation présente des risques : prescription du matériau terre crue dans des situations inadaptées, conception et gestion de chantier ne tenant pas compte des contraintes spécifiques (temps de séchage notamment), délais et coûts de construction non maîtrisés. Il manque encore le maillon de l'ingénieur structure spécialisé en construction terre. Par ailleurs, le contrôleur technique est un maillon qui doit être informé des documents de référence existants.



## Architectures Espaces éducatifs et culturels

### Pôle enfance Félix Leclerc – Bouvron (44)

- MOA : Mairie de Bouvron
- MOE : Atelier Belenfant Daubas
- Année : 2014
- Coût : 3.500.000 € HT
- Mode constructif : ossature bois, isolation botte de paille, bauge non porteuse et briques de terre crue
- Niveau de performance passif.

### Orangery Lyon Confluence – Lyon (69)

- MOA : OGIC
- MOE : Clément Vergély Architectes, Diener & Diener Architekten
- Année : 2020
- Mode constructif : Pisé porteur préfabriqué

### Maison du Parc Naturel Régional des Marais du Cotentin et du Bessin – Saint Côme du Mont (50)

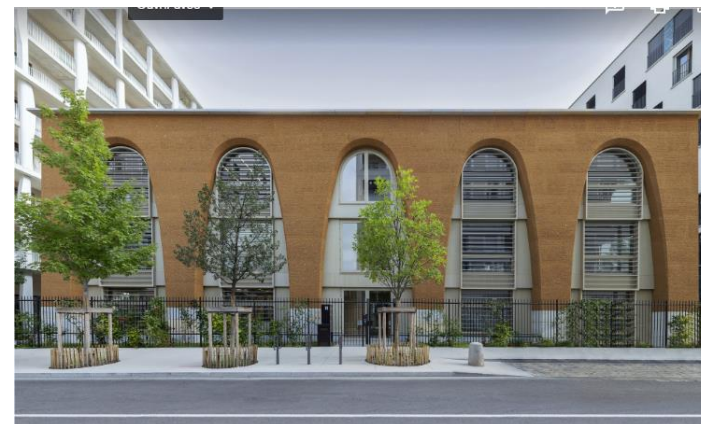
- MOA : PNR Marais du Cotentin et du Bessin
- MOE : Archiviolette
- Année : 2016
- Coût : 1 187 800 € HT
- Mode constructif : Ossature bois isolation botte de paille, bauge non structurelle, enduits terre crue

### Cité de la mer – Cherbourg (50)

- MOA : Communauté d'Agglomération le Cotentin
- Année : 2021
- Mode constructif : cloisons séparatives en briques de terre crue.



Pôle enfance Félix Leclerc – Bouvron (44)



Orangery Lyon Confluence – Lyon (69)



Maison du Parc Naturel Régional des Marais du Cotentin et du Bessin – Saint Côme du Mont (50)



Cité de la mer – Cherbourg (50)

## Architectures Espaces éducatifs et culturels

### Pôle culturel l'Aria – Cornebarrieu (31)

- MOA : La ville de Cornebarrieu
- MOE : atelierphilippemadec
- Construction : Briques Technic Concept (fabrication), Demathieu&Bard, Les Briqueteurs Réunis (mise en œuvre)
- Année : 2017
- Coût : 7 293 000 euros HT VRD compris
- surface : 2 710 m<sup>2</sup> utile
- Mode constructif : bois et terre BTC
- Niveau de performance passif



Pôle culturel l'Aria à Cornebarrieu – Cornebarrieu (31)

### Centre de loisirs Jacques Chirac – Rosny-sous-Bois (93)

- MOA : Ville de Rosny-sous-Bois
- MOE : Direction recherche et innovation de la ville de Rosny-sous-Bois
- Construction : Apijbat (paille, enduit), Rilland charpente
- Année : 2020
- Mode constructif : adobe, enduit terre, paille



Centre de loisirs Jacques Chirac – Rosny-sous-Bois (93)  
© Marie-Amélie Lombard

### Groupe scolaire éco-responsable Paul Bayrou – Saint-Antonin-Noble-Val (82)

- MOA : Mairie de Saint-Antonin-Noble-Val
- MOE : Mil Lieux Architecture (Arch. mand.), Selarl Ryckwaert (Arch. Assoc.)
- Année : 2016
- Mode constructif : bois, pierre et terre coulée
- Performance : BEPOS



Groupe scolaire éco-responsable Paul Bayrou – Saint-Antonin-Noble-Val (82) © Vincent Boutin

### École des collines – Valherbasse (26)

- MOA : SIVOS de la haute Herbasse
- MOE : Design & Architecture (mandataire), NAMA Architecture (associés)
- Année : 2019
- Mode constructif : pisé, paille



École des collines – Valherbasse (26)  
© Paul Kozlowsky



#### La Maison pour Tous – Four [38]

- MOA : COMMUNE DE FOUR
- MOE : designbuildLAB AE&CC, Ecole nationale supérieure d'architecture de Grenoble
- Année : 2019
- Mode constructif : pisé

#### Groupe scolaire Miriam Makéba – Nanterre [92]

- MOA : Ville de Nanterre
- MOE : toa | architectes associés, D.Besson Paysage, Incet, BETerre, Eléments Ingénierie, Peutz
- Année : 2019
- Mode constructif : pisé
- Performance : BEPOS

#### La Ferme des Possibles – Stains [93]

- MOA : Novaedia – EPT Plaine Commune
- MOE : Frédéric Denise – Archipel Zéro
- Année : 2020
- Mode constructif : briques de terre comprimée recyclées du festival Bellastock, enduits intérieurs en terre crue locale

#### Tiers-lieu Le Hangar Zéro – Le Havre [76]

- MOA : SCIC Le Hangar Zéro
- MOE : archipel zero - Frédéric DENISE Architectes / Permac BET réemploi de matériaux
- Année : en cours (livraison 2022)
- Surface : 2 500 m<sup>2</sup>
- Coût : 800 000 € HT [prévisionnel]
- Mode constructif : briques de terre crue, isolation liège recyclé / terre crue, enduits en terre crue locale



La Maison pour Tous – Four [38]



Groupe scolaire Miriam Makéba – Nanterre [92]



La Ferme des Possibles – Stains [93]  
© Hannah Höfte



Le Hangar Zéro – Le Havre [76]  
© Association LH-Ø

### Bâtiment agricole – Saint Vigor le Grand (14)

- MOA : agriculteur (maraîchage biologique)
- MOE : Sophie Popot
- Année : 2016
- Coût : 200 000 € TTC
- Mode constructif : pisé, isolation des combles perdus en bottes de paille.



Bâtiment agricole - Saint Vigor le Grand (14)

### Résidence Salvatierra – Rennes [35]

- MOA : COOP de construction
- MOE : Jean-Yves Barrier
- Année : 2003
- Coût : 3 131 000 € HT
- Mode constructif : structure en béton armé et façades en bauge

### Rénovation énergétique d'une maison traditionnelle du Perche à niveau BBC

- MOA : Particulier
- Expertise écomatériaux : SCIC Eco-Pert
- en cours
- Isolation par l'intérieur des murs en terre-chanvre, finition enduit terre

### Immeuble d'habitation privé Cité Nollez – Paris [75]

- MOA : NC client privé
- MOE : Déchelette Architecture; Bet : Carrière Didier Gazeau, Beterre, Cabinet MTC
- Année : 2022
- Mode constructif : façade formant enveloppe extérieure réalisée avec la technique du pisé préfabriqué. Les parties structurelles sont en béton armé.

### Maison en bande [ZAC de la Maisoneuve] – Guérande [44]

- Mur refend entre logement en bauge, cloison en adobes
- Architecte : Atelier CAZ'eco



Résidence Salvatierra – Rennes [35]



Rénovation énergétique d'une maison traditionnelle du Perche à niveau BBC



CITÉ NOLLEZ – Paris [75]



Maison en bande [ZAC de la Maisoneuve] – Guérande [44]



### **Une explosion de la demande en construction**

Un nombre croissant de maîtres d'ouvrages et de maîtres d'œuvre prennent conscience de l'absolue nécessité de changer les pratiques du bâtiment. Cela se traduit par un intérêt plus marqué pour l'utilisation de la terre crue, largement stimulé par les actions de promotion du matériau à l'échelle nationale (Fibra Awards...) et régionale. Cette demande se confronte à de nombreux freins réglementaires mais aussi de compétences et de capacité des acteurs de l'acte de bâtir. De facto, peu de projets en terre crue sortent effectivement de terre, en construction neuve.

### **Le marché principal : la réhabilitation du bâti existant**

L'essentiel des commandes des entreprises concerne la réhabilitation du bâti existant par une maîtrise d'ouvrage de particuliers. Les projets en construction neuve sont plus rares, même si de plus en plus de projets sont en cours de conception en Ile-de-France.

### **Une pratique de niche mais intimement liée à la terre crue : le chantier participatif**

Quasi-gratuité du matériau, besoin important de main d'œuvre, manque d'entreprises compétentes, saisonnalité de l'activité, dégradation du bâti et précarité de la maîtrise d'ouvrage, tous ces facteurs ont poussé au développement du chantier participatif. Animé par un professionnel, ce dernier requiert l'engagement de participants bénévoles et permet de réaliser des chantiers de qualité, y compris pour des publics précaires.

A ce titre, l'exemple de l'association Enerterre, soutenu par le Parc Naturel Régional des Marais du Cotentin et du Bessin, est à mettre en avant.

Notre propos n'est pas de s'appuyer sur le chantier participatif pour massifier l'utilisation de la terre crue, mais d'intégrer le fait que cette pratique en développement offre des solutions pour construire ou rénover en terre crue, notamment pour des maîtrises d'ouvrage modestes mais qui souhaitent être actrices de leur habitat.

### **Des projets pionniers pour des bâtiments agricoles**

En Normandie, plusieurs bâtiments agricoles ont été construits en bauge, pisé ou terre-chanvre. Il s'agit toujours de bâtiments ayant une fonction de conservation (de légumes, de cidre...) nécessitant une température et une hygrométrie constante. L'utilisation massive de la terre crue permet d'atteindre ces objectifs sans système de climatisation.

### **La maîtrise d'ouvrage publique à l'avant garde de la construction en terre crue**

Les projets emblématiques en Normandie sont, à ce jour, sous maîtrise d'ouvrage publique : Pavillon des Energies (50), Extension de la Maison du PNR des Marais du Cotentin et du Bessin (50), Maison Commune d'Iville (27), cité administrative de Cherbourg (50)... Ces exemples, trop peu nombreux, montrent qu'une conception bien menée et accompagnée, associée à une maîtrise d'ouvrage engagée, permet de faire aboutir des projets ambitieux, avec des entreprises régionales pour la mise en œuvre. En Île et Vilaine et en Loire Atlantique, plusieurs projets de construction en terre crue (école, salle polyvalente), montrent également le chemin.

### **Ailleurs en France, quelques exemples inspirants**

L'immeuble de bureaux Orangerie à Lyon Confluence, un ERP R+2 en pisé structurel, ou bien les 43 logements intégrant des murs en bauge (non structurelle) à Rennes, sont tous deux des exemples qui montrent que les bailleurs et promoteurs peuvent être des acteurs à mobiliser sur la construction en terre crue.

### **Un intérêt croissant des maîtres d'ouvrage face à une filière en cours de structuration**

Les indicateurs, notamment d'activité des entreprises, montrent un intérêt croissant pour la construction terre crue. Cependant, il nous semble que les maillons de cette chaîne d'acteurs sont moins développés et surtout moins structurés que pour la construction paille. Un temps de réactivité sera probablement nécessaire dans une perspective de massification du recours à la terre crue.

## ***Des acteurs compétents et innovants au sein d'une filière en cours de structuration***

### **Atouts**

- Une ressource très abondante et omniprésente
- Des techniques variées répondant à une vaste gamme de besoins
- Un faible impact environnemental et, selon les techniques, un faible recours aux ressources en tension (bois, sable)
- Des qualités techniques recherchées (régulation hygrométrique, inertie, acoustique, tenue au feu...)
- Une identité territoriale, paysagère et patrimoniale
- Des savoir-faire encore présents chez les professionnels
- Un intérêt croissant de la MOA et de la MOE

### **Verrous**

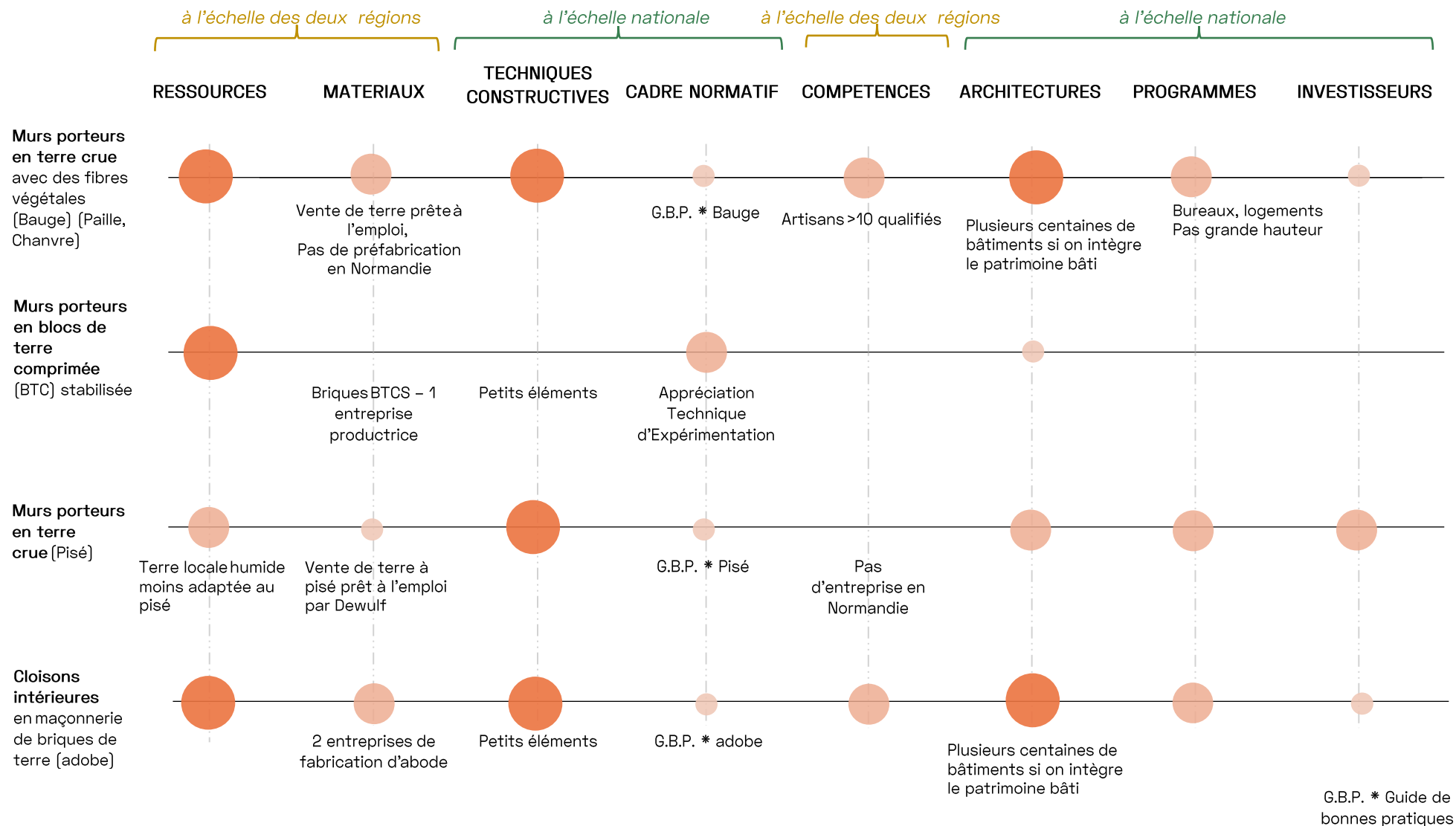
- Une filière peu structurée et disposant de peu de moyens
- Un accès au matériau insuffisamment structuré
- La variabilité de la ressource terre rend sa reconnaissance complexe dans le cadre normatif actuel (adaptation aux protocoles de justification). On observe ici un écart entre la nature de la ressource et le fonctionnement du cadre normatif.
- Une prescription peu formée (maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, contrôleurs techniques, ingénieurs structures)
- Pas de formation professionnelle sur le territoire régional
- Des entreprises compétentes trop petites et peu nombreuses
- Des temps de séchage à intégrer dans l'organisation de chantier
- Des marges d'optimisation des techniques de mise en oeuvre

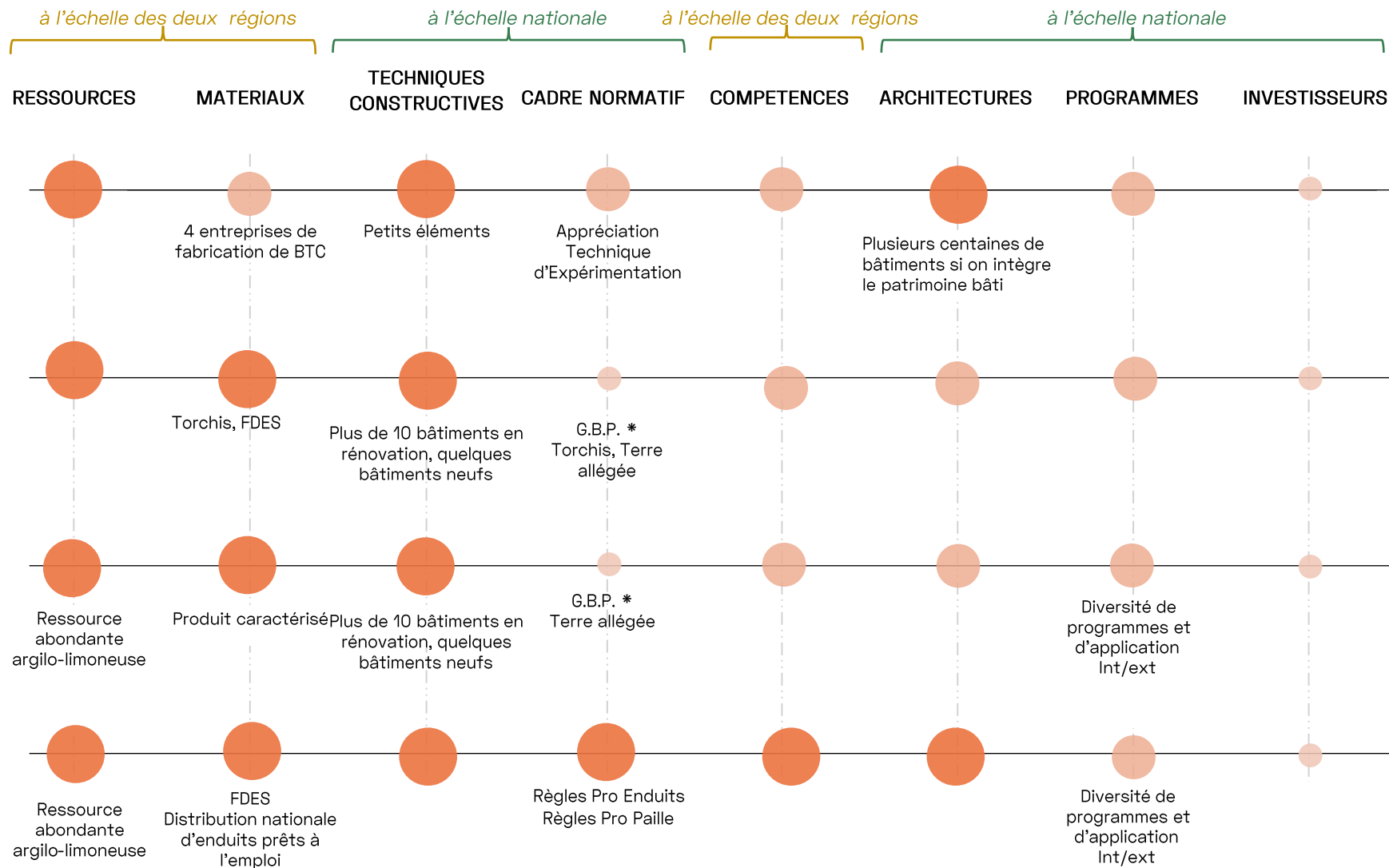
### **Leviers d'action opérationnels**

- Accompagner techniquement et financièrement la production de données techniques et normatives
- Mettre en place des formations professionnelles à la terre crue
- Accompagner techniquement et financièrement les projets innovants susceptibles de stimuler la filière interrégionale
- Aider les entreprises de transformation et de mise en œuvre à acquérir un matériel adapté

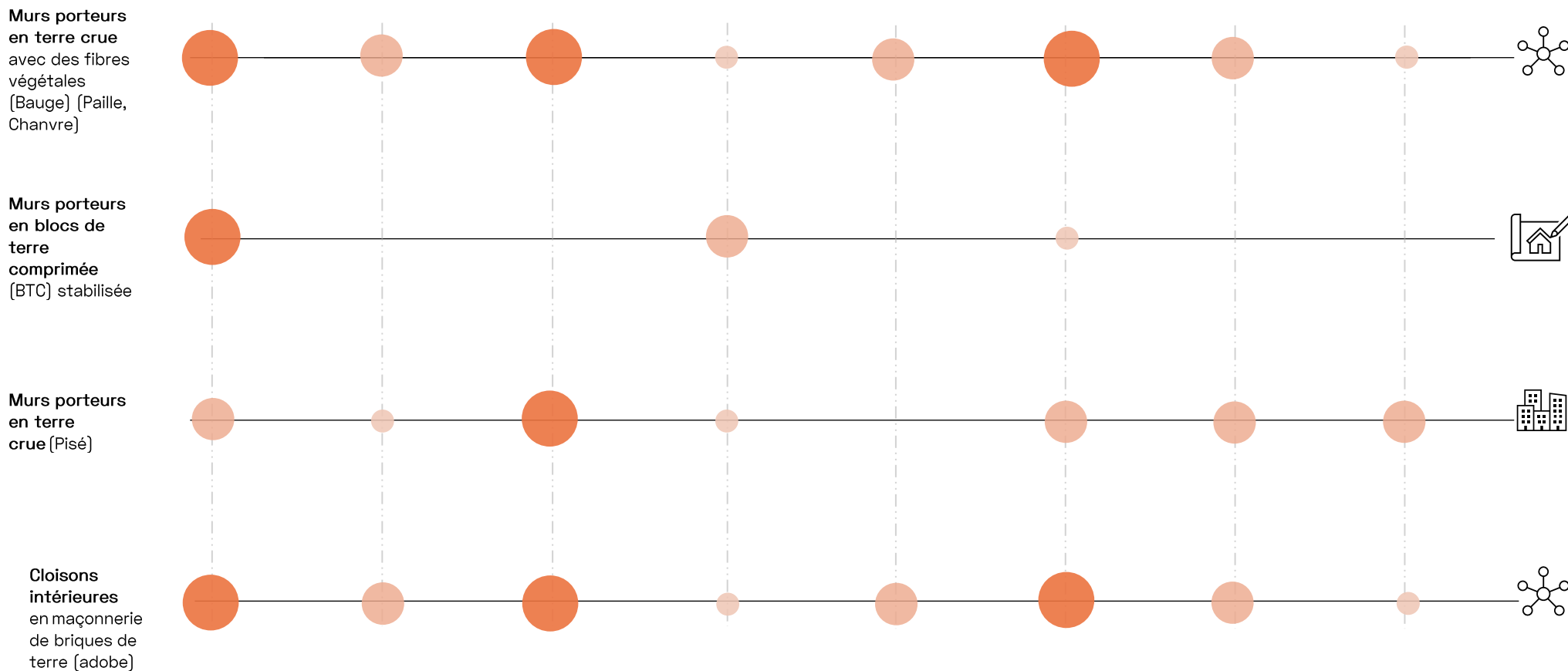
### **Pistes de développement à long terme**

- Promouvoir et faciliter l'utilisation des techniques non industrialisées
- Structurer l'approvisionnement et la distribution de terre tamisée et séchée
- Développer l'offre de formation pour la mise en œuvre du matériau
- Accompagner la production de solutions intermédiaires, plus industrialisées

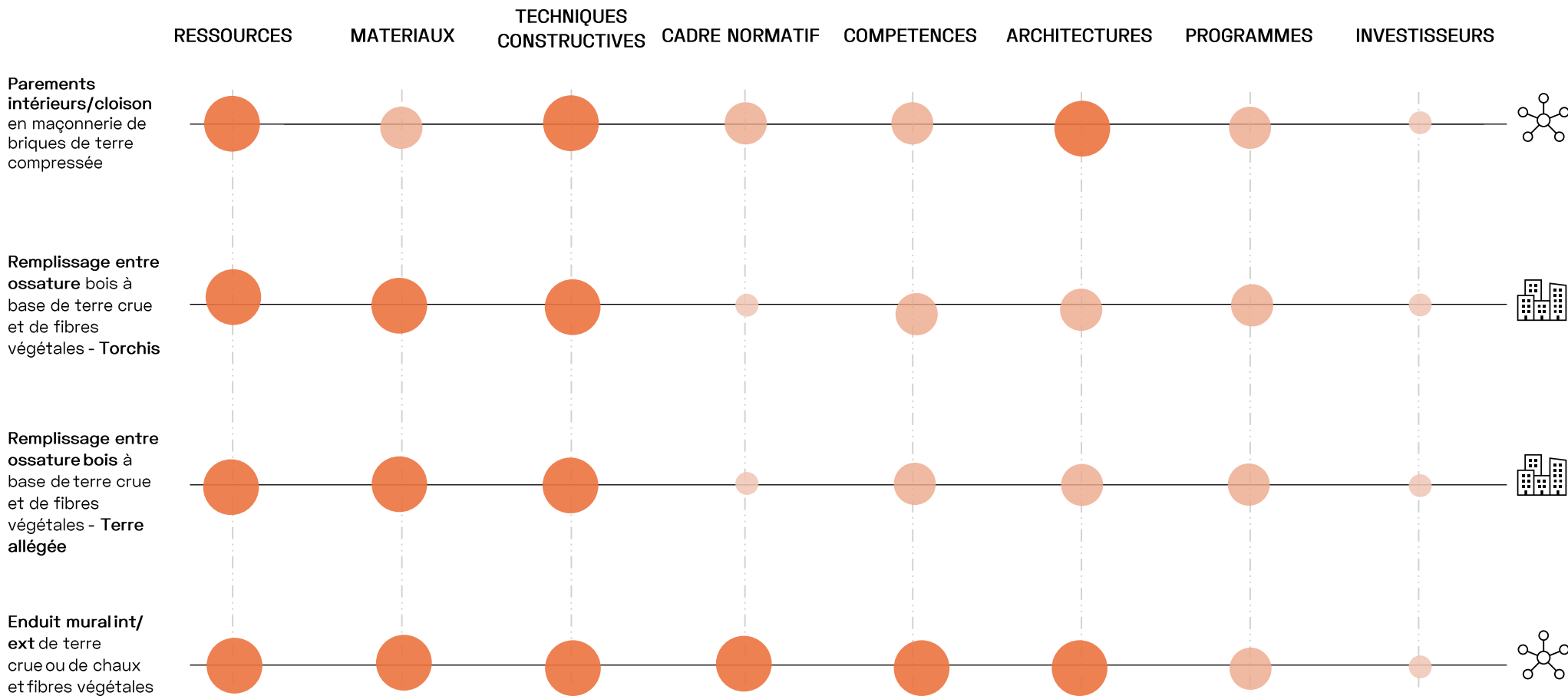




RESSOURCES    MATERIAUX    TECHNIQUES CONSTRUCTIVES    CADRE NORMATIF    COMPETENCES    ARCHITECTURES    PROGRAMMES    INVESTISSEURS







**Entretiens**

## Terre crue

- **Cycle Terre Sevrans** – Silvia Devescovi, Cheffe de projet (projet 2021) Zefco
- **Briqueterie Dewulf** – Marie Aeberli (05.05.22) ARPE Normandie
- **Association Enerterre** – Richard Bouillon (28.03.22) ARPE Normandie
- **Université Gustave Eiffel** – Chercheur Erwan Hamard (14.03.22) ARPE Normandie & UniLaSalle
- **PNR du Cotentin** – François Streiff (07.03.22) ARPE Normandie & UniLaSalle
- **ENSAN** – Chercheur doctorant sur la bauge Raphaël Rattier, ARPE Normandie
- **6 pieds sur terre** – Jan Minne, artisan (11.04.22) ARPE Normandie
- **21 EcoTERRA** – R&D (21.03.22) ARPE Normandie & UniLaSalle

## Terre-chanvre

- **Arthur Hellouin de Menibus** - R&D (21.03.22) ARPE Normandie
- **EcoPertica** - producteur / mise en œuvre / AMO (21.03.22) ARPE Normandie

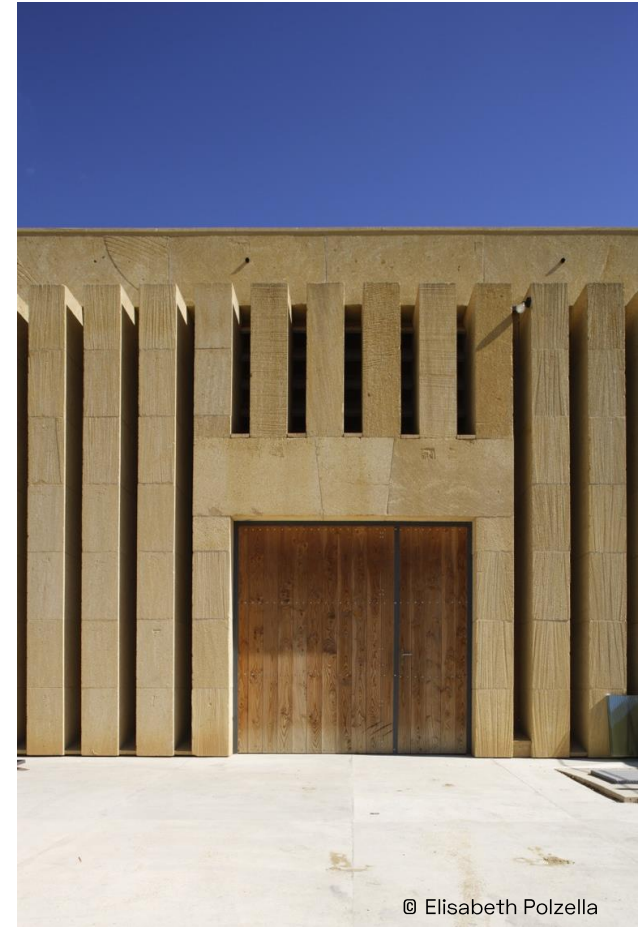
**Webinaire filière TERRE : 19 mai 2022**

- **Cassandra Guntz** (CEREMA)
- **Laurent Bouyer** - Enerterre
- **Julien KUNZLI** - Les 7 Vents du Cotentin
- **Guillaume CHARRIER** - maçon terre crue
- **Julien LUCAS** - Bâtir en terre
- **Margaux Raoul** - GOM architecture

### **Bibliographie**

- Intervention de Patrick Grégoire, en charge de la filière « Construire en terre » de Saint-Gobain, à la conférence de Grand Paris Aménagement sur sa stratégie 2030 relative aux nouveaux matériaux et modes de construction
- Guides de bonnes pratiques de la construction en terre crue, sous la direction de la Confédération de la Construction en Terre Crue, édition du 15 octobre 2020.
- Restitution des rencontres de professionnels des terres et fibres (torchis + terres allégées), ARPE Normandie, novembre 2020
- Guide des bonnes pratiques du chanvre fermier dans l'habitat, Les Chanvriers en circuits court, 2021

# 9. *Filière Pierre*



## Synthèse filière

*Une filière historique à continuer à structurer pour un renouveau*



### Etat de la filière

#### Une ressource abondante

L'utilisation de la pierre dans la construction est aujourd'hui anecdotique malgré quelques réalisations emblématiques d'architecture contemporaine, notamment pour du logement. Pourtant, dans l'étude menée à l'occasion de l'exposition "Pierre, révéler la ressource, explorer la ressource" présentée au Pavillon de l'Arsenal en 2018, l'abondance de roche calcaire disponible dans les carrières du Bassin parisien est soulignée. Les volumes d'extraction de pierre de taille relevés sont estimés à une moyenne de 63 000 m<sup>3</sup> et un maximum de 92 000 m<sup>3</sup> en blocs marchands par an pour l'ensemble des carrières sondées. On peut estimer qu'il serait alors possible de produire 6 000 à 9 000 logements en pierre massive chaque année.

#### Difficultés à recruter et déclin des savoir-faire

Aujourd'hui la filière manque de moyens humains. Aux problématiques conjoncturelles s'ajoute le fait que les métiers de la pierre peuvent être difficiles, dans une filière assez peu industrialisée finalement. Qui plus est, des techniques ancestrales disparaissent peu à peu, à l'image du moellonage, qui permet d'utiliser des rebuts de carrière.

#### Valoriser plus et optimiser la transformation

La valorisation d'une plus grande partie de la ressource extraite apparaît comme un enjeu clef pour la filière. Une fois les prix des matières premières et du transport stabilisés, une réflexion sur le coût élevé de la transformation reste à mener pour viabiliser le prix du mètre cube de pierre et rendre le matériau compétitif. Il s'agit aujourd'hui d'une industrie du sur-mesure, mais la standardisation est un levier possible. La découpe selon des dimensions standards est une tradition qui s'est un peu perdue.

### Perspectives de développement

#### Un potentiel pour attirer les investisseurs, et un potentiel de réemploi infini

Le coût de la construction pierre peut être optimisé par une bonne prise en compte de la variabilité du matériau et une conception adaptée. En outre, le temps de latence en production n'est pas une fatalité : en consultant en amont les spécialistes de la pierre, le chantier ne connaît pas d'imprévus. Une mise en avant de la construction en pierre massive bénéficierait à la filière et lui prodiguerait un élan nouveau.

La juste valorisation de la capacité de réemploi de la pierre est un sujet important, notamment avec la mise en application dans la RE2020 de l'ACV dynamique. C'est un matériau naturel dont la production reste une industrie propre, locale, peu énergivore.

### Systèmes constructifs analysés

#### Pierre massive

- ✓ Maçonnerie en pierre massive
- ✓ Murs double avec parement en pierre calcaire

#### Pelliculaire

- ✓ Revêtement mural int/ext en pierre calcaire en pose collée
- ✓ Revêtement mural attaché en pierre mince. Support : maçonné / banché
- ✓ Revêtement de sol int / ext en pierre calcaire en pose scellée ou collée
- ✓ Bardage rapporté constitué d'un panneau avec parement en pierre mince
- ✓ Vêtire en pierre naturelle et assimilés. Support : maçonné / banché

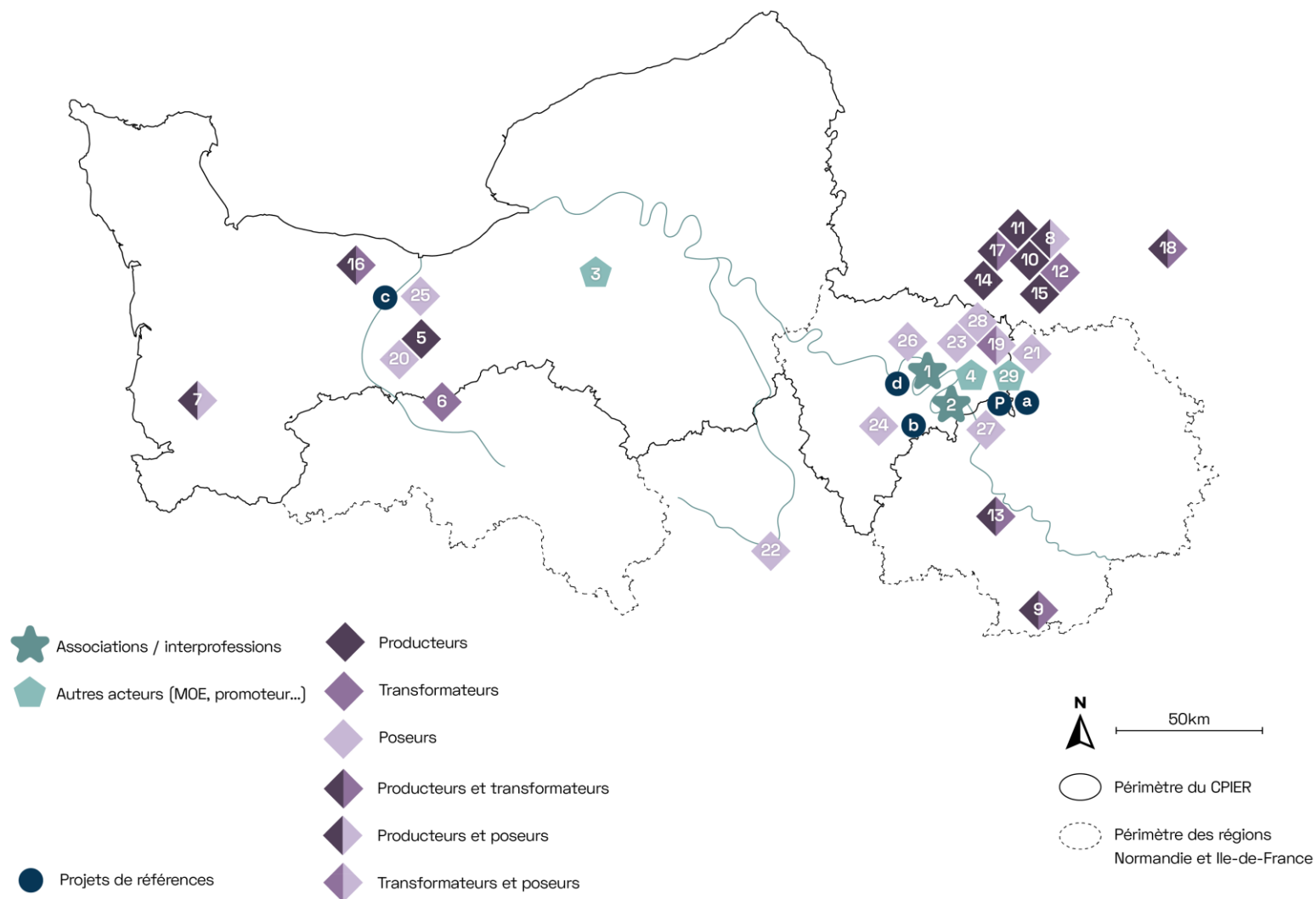
#### Autres

- ✓ Lauze, ardoises, pierre sèche, ...



# Aperçu de l'écosystème

## Peu de pierre en Normandie



Pas de donnée quantitative identifiée sur la ressource à l'échelle des 2 régions. Une enquête du SNROC va démarrer à l'été 2022 mais les résultats ne devraient être disponibles qu'en 2023.

1	SNROC	Clichy	<a href="http://www.snroc.fr/">www.snroc.fr/</a>
2	CTMNC	Paris	<a href="http://www.ctmnc.fr/">www.ctmnc.fr/</a>
3	Ingépierre	Saint-Philbert-sur-Risle	<a href="http://www.ingepierre-moe.fr/">www.ingepierre-moe.fr/</a>
4	Pierre Naturelle conseil	Paris	<a href="http://www.pierre-naturelle-conseil.webnode.fr/">www.pierre-naturelle-conseil.webnode.fr/</a>
29	Verrecchia	Rosny-sous-bois	<a href="http://www.verrecchia.com/">www.verrecchia.com/</a>
5	Carrières de la plaine de Caen	Cintheaux	<a href="http://www.francepierre-pc.com/fr">www.francepierre-pc.com/fr</a>
7	Pierre de Beauchamps	Le Mesnil Villeman	<a href="http://www.pierre-de-beauchamps.fr/">www.pierre-de-beauchamps.fr/</a>
8	Carrières de Noyant	Septmonts	<a href="http://www.carrieresdenoyant.com/">www.carrieresdenoyant.com/</a>
9	Carrière de Souppes	Souppes-sur-Loing	<a href="http://www.carrieresdesouppes.com/">www.carrieresdesouppes.com/</a>
10	Rocamat Carrière de Saint Maximin	Saint-Maximin	<a href="http://www.rocamat.fr/carriere-de-saint-maximin/">www.rocamat.fr/carriere-de-saint-maximin/</a>
11	Rocamat Carrière de Saint Vaast	Montataire, Saint-Vaast-lès-Mello	<a href="http://www.rocamat.fr/carriere-de-saint-vaast/">www.rocamat.fr/carriere-de-saint-vaast/</a>
13	Grès de Fontainebleau	Moigny-sur-Ecole	<a href="http://www.gresdefontainebleau.free.fr/">www.gresdefontainebleau.free.fr/</a>
14	Carrières Violet	Nogent-sur-Oise	
15	Carrières Degan SAS	Saint-Maximin	<a href="http://www.groupement-mh.org/fiche_entreprise/degan-sas/">www.groupement-mh.org/fiche_entreprise/degan-sas/</a>
16	La Pierre d'Orival	Creully	<a href="http://www.lapierredorival.fr/web/carriere-pierre-normandie.php">www.lapierredorival.fr/web/carriere-pierre-normandie.php</a>
17	BPE Lecieux	Saint-Maximin	<a href="http://www.bpelecieux.com/">www.bpelecieux.com/</a>
18	Carrière du Clocher SAS	Bonneuil-en-Valois	<a href="http://www.carriereduclocher.com/fr/la-pierre-du-clocher-de-bonneuil">www.carriereduclocher.com/fr/la-pierre-du-clocher-de-bonneuil</a>
9	SFP Normandie	Falaise	<a href="http://www.sfpnormandie.fr/">www.sfpnormandie.fr/</a>
12	Rocamat Usine de Saint Maximin	Saint-Maximin	<a href="http://www.rocamat.fr/site-de-transformation-de-saint-maximin/">www.rocamat.fr/site-de-transformation-de-saint-maximin/</a>
19	MJ Pierre	La Courneuve	

Ces données n'ont pas vocation à être exhaustives. Voir également la base de données des pierres naturelles françaises du CTMNC : <https://lithoscopectmnc.com/>

20	Taille Pierre et Traditions	Falaise	<a href="http://www.taillepierresettraditions.fr/">www.taillepierresettraditions.fr/</a>
21	KILIC Batiment	Clichy sous bois	<a href="http://www.kilic.fr/">www.kilic.fr/</a>
22	Groupe Villemain Mignières	Mignières	<a href="http://www.groupe-villemain.eu/">www.groupe-villemain.eu/</a>
23	Groupe Villemain Paris	Paris	<a href="http://www.groupe-villemain.eu/">www.groupe-villemain.eu/</a>
24	Groupe Villemain Coignières	Coignières	<a href="http://www.besnard-chauvin.fr/">www.besnard-chauvin.fr/</a>
25	Besnard & Chauvin	Coignières	<a href="http://www.lefevre.fr/">www.lefevre.fr/</a>
26	Lefèvre Caen	Gennevilliers	<a href="http://www.lefevre.fr/">www.lefevre.fr/</a>
27	Lefèvre Paris	Chevilly-Larue	<a href="http://www.lefevre.fr/">www.lefevre.fr/</a>
28	FTS SAS	Goussainville	

### Acteurs hors-carte

Les Carrières de Vassens	Vassens	<a href="http://www.carrieresdevassens.fr/">www.carrieresdevassens.fr/</a>
Atelier Philippe d'Art	Marguerittes	<a href="https://www.linkedin.com/company/philippe-d'art/">www.linkedin.com/company/philippe-d'art/</a>
R.O.C. groupe Villemain	St Cyr en Val	<a href="http://www.groupe-villemain.eu/">www.groupe-villemain.eu/</a>
R.O.C. groupe Villemain	Guèble	<a href="http://www.groupe-villemain.eu/">www.groupe-villemain.eu/</a>
SNBR	Sainte-Savine	<a href="http://www.snbr-stone.com/">www.snbr-stone.com/</a>

Ces données n'ont pas vocation à être exhaustives. Voir également la base de données des pierres naturelles françaises du CTMNC : <https://lithoscopectmnc.com/>

## Projets

a	Logements locatifs sociaux	Bry-sur-Marne [94]
b	Logements collectifs	Versailles [78]
c	Mémorial de Caen	Caen [14]
d	Villa Gabriella	Maisons-Laffitte [78]
p	Musée d'Orsay	Paris [75]
P	Cathédrale Orthodoxe de la Sainte Trinité	Paris [75]
p	Oberkampf	Paris [75]
P	Immeuble 52 Seven	Paris [75]
	Musée du Grand Pressigny	Le Grand Pressigny [37]
	20 logements collectifs sociaux	Cornebarrieu [31]

Ces données n'ont pas vocation à être exhaustives. Voir également la base de données des pierres naturelles françaises du CTMNC : <https://lithoscopectmnc.com/>

## Ressource 1/2

*Une industrie propre dont la mécanisation est à développer encore*



© Octave Giaume

### Données clés

#### Quantités extraites

401 652 m<sup>3</sup> production nationale toutes pierres confondues en 2019 (chiffres SNROC)

#### Concurrences d'usage

Aucune (voirie et funéraire)

#### Adaptabilité au changement climatique

Forte

### Fournisseurs de matière première

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

### De nouveaux gisements potentiels

La ressource pierre peut être considérée comme infinie. Mais encore faut-il avoir accès aux terrains et l'autorisation de les exploiter. Par ailleurs, dans certaines régions, les gisements sont limités. A ces difficultés s'ajoute le fait que l'ouverture d'une carrière nécessite du temps et de lourds investissements. De surcroît la rentabilité de cette industrie de production n'est pas énorme. C'est là un des freins pouvant limiter la quantité de production.

### Des gisements avec leurs particularités

Qu'elle soit souterraine ou à ciel ouvert, chaque carrière a son fonctionnement et est spécialisée dans différents ouvrages (famille). Ce qui représente une difficulté pour le néophyte cherchant à s'y retrouver. Le choix de la pierre doit être adapté selon l'usage que l'on souhaite en faire : structure, façade, dallage avec passage fréquent, plan de travail, etc. Par exemple en appuis de baie et en pieds de mur des pierres différentes seront mises en œuvre (et la couleur des éléments choisis est à anticiper). Comment faciliter le travail des carrières pour obtenir ces informations et comment démocratiser l'accès à ces informations, afin de les rendre lisibles pour les acteurs concernés ?

### Choisir la pierre adaptée

Les territoires d'où proviennent les différentes roches sont pour la plupart engagés dans des démarches d'Indications Géographiques (IG) homologuées par l'INPI pour certifier l'origine des matériaux et leur traçabilité. L'IG garantit l'origine des produits : IG Granit de Bretagne, IG Pierre de Bourgogne, IG Pierres marbrières de Rhône-Alpes, IG Pierre d'Arudy, et d'autres sont à venir. Le CTMNC propose avec le Lithoscope un outil cartographique hébergé sur le site du SNROC. Le Centre a mis au point la méthode de l'ADN de la pierre, qui permet de vérifier techniquement et scientifiquement la réelle provenance géologique des pierres. Cette base de données est très précieuse et il serait intéressant de continuer à l'enrichir.



## Ressource 2/2

### *Une industrie propre dont la mécanisation est à développer encore*



© Octave Giaume

#### **Une industrie "verte sans le savoir"**

La pierre a un impact environnemental très réduit. Pour l'extraction de blocs massifs destinés à la construction la seule opération est la découpe. Elle requiert peu de consommations énergétiques pour son extraction et sa transformation. L'impact carbone lié au transport est généralement faible grâce à la proximité géographique des carrières et des chantiers. D'ailleurs la seule prise en compte du transport dans le calcul de l'empreinte environnementale bien que fondamentale, peut être considérée insuffisante. Il convient en effet de considérer également, comme pour les forêts, la gestion responsable des carrières françaises durant et après leur exploitation : suivi de la biodiversité, réduction drastique des nuisances, remise en état et réaménagement... Car en France, chaque carrière est régie par arrêté préfectoral : la soumettant à une obligation de remise en état ou de valorisation en fin d'exploitation.

#### **Une ressource disponible, avec un délai !**

La filière pierre souffre d'un délai d'acquisition de la matière beaucoup plus long qu'un autre matériau (comme le bois ou le béton...). Par conséquent l'équipe de MÔE et MOA doit contacter la carrière bien en amont du chantier, pour s'intégrer dans les carnets de commandes. La pierre connaissant un regain d'intérêt, les moyens mis en œuvre et notamment humains ne permettent pas systématiquement d'être réactif par rapport à l'apparition de plusieurs projets de grande ampleur.

#### **Une utilisation de la ressource qui peut être grandement améliorée**

Une importante quantité de la pierre extraite n'est pas valorisée dans la construction : tranche de four, bloc fendu à l'extraction, etc. Les chutes et les rebuts disposent de nombreuses pistes de valorisation et sont d'ores et déjà bien souvent réutilisés, que ce soit pour le réaménagement de carrières, l'enrochement, le remblai, en tant que granulats concassés, etc.

Mais on compte seulement 40% en moyenne du volume extrait qui est ensuite mis en œuvre dans la construction. Alors comment valoriser ces déchets dans les projets ? Avec des blocs moins "dessinés" ? Plusieurs pistes permettraient une amélioration :

- Retour du savoir-faire du moellonnage
- Adaptation du dessin des façades lors de la conception
- Travail de concert avec les carrières.

La standardisation et la conception avec de petits éléments pourrait-elle permettre une plus grande utilisation du volume extrait ?

### Une variabilité du matériau naturel pour une diversité d'emploi



© Octave Giaume

#### Données clés

##### Quantités transformées

264 089 m<sup>3</sup> blocs bruts équarris toutes pierres confondues en 2019, au national

##### Chiffre d'affaires 2019

25,5 M€ HT production francilienne de ROC  
(Variation de +8,4% par rapport à 2018)

10,3 M€ HT production normande de ROC  
(Variation de +3,9% par rapport à 2018)

546,5 M€ HT production nationale de ROC  
(Variation de +3,6% par rapport à 2018)

Chiffres SNROC

#### Fabricants de matériaux

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

#### La concurrence des pierres importées

L'industrie française des roches ornementales et de construction (ROC) a accusé de longue date un lourd déficit de son commerce extérieur. Mais auparavant, ce déficit était plutôt représentatif de la bonne santé de l'industrie des ROC dans la mesure où l'essentiel des importations concernait des produits bruts qui n'existaient pas en France et qui étaient transformés par les entreprises locales. Aujourd'hui, il est plutôt indicateur de la fragilité de la branche notamment vis-à-vis de pays émergents comme la Chine ou l'Inde qui inondent le marché de produits finis à bas prix mettant ainsi en difficulté de nombreuses entreprises françaises dont les coûts de production sont bien plus élevés.

#### Une industrie du sur-mesure

Tous matériaux confondus (calcaire, granit, grès, lave,...), la répartition de l'utilisation des produits par secteur en France en 2019 se fait ainsi :

- 43,7% bâtiment
- 43% funéraire
- 13,3% voirie

Dans le cas du bâtiment, pas ou très peu de modules préexistants sont proposés par les transformateurs. En outre, la pierre n'est pas un produit revendu par les distributeurs, hormis dans le cas de quelques produits spécifiques, plutôt pour le sol. Les ateliers sont donc structurés pour découper selon la commande. Par exemple la réalisation d'une façade en pierre exige un dessin de calepinage. Mais les concepteurs ne sont pas toujours sachant vis-à-vis de la construction pierre. Le non-emploi de modules standards va demander plus de travail, tant du côté des MOE que des entreprises d'extraction et de taille. La standardisation permettrait de diminuer les coûts et de rendre ainsi la ressource plus accessible.

#### La caractérisation du matériau est-elle suffisante ?

Les normes à respecter dans la construction sont nombreuses et concernent de nombreux aspects différents du bâtiment. Il y a les Eurocodes pour la structure, les normes acoustiques, thermiques, la

règlementation au feu. Avec le développement des exigences climatique et carbone arrivent aujourd'hui des exigences environnementales (FDES). La caractérisation du matériau peut être parfois insuffisante pour pouvoir le mettre en œuvre dans certains types de bâtiments (logement, ERP...). Sachant que chaque carrière exploite une matière spécifique, chacune est responsable de la caractérisation du matériau produit. Les informations n'existent pas toujours car les obtenir représente un investissement financier.

## *Matériaux (1<sup>ère</sup> transformation) 2/2*

### *Une variabilité du matériau naturel pour une diversité d'emploi*



© Octave Giaume

#### **Le sujet du coût de la pierre naturelle**

Comme évoqué, les produits en pierre naturelle n'ont pas de dimensions standards. Et pour chaque pierre, chaque banc géologique, les coûts varient en fonction de divers paramètres parmi lesquels il est possible de citer :

- l'homogénéité d'aspect de la pierre. Plus la fourniture est homogène en nuance et en couleur, plus son coût sera élevé;
- la dureté de la pierre. Plus une pierre est dure, plus son prix sera important;
- la rareté de la pierre. Plus une pierre est rare, plus elle sera chère;
- le format des éléments (petits ou grands, simples ou complexes, etc.);
- la standardisation du format des éléments est une source d'économie. Le rôle du calepeneur est primordial à cette étape;
- les tolérances sur les dimensions des éléments
- la finition choisie
- les modénatures
- le mode de mise en œuvre
- la distance des lieux de production au chantier

C'est pourquoi il est important de se rapprocher du producteur pour optimiser la matière et obtenir le meilleur rapport prix / nombre d'éléments.

#### **Une grande diversité de produits**

La variabilité de la ressource apporte une forte diversité dans les produits qu'offre la filière. Les réalisations contemporaines en pierre porteuse, parfois semi-porteuses, exploitent la résistance à la compression du matériau et l'associent à d'autres matériaux aux meilleures propriétés mécaniques pour la flexion ou la traction. Ainsi des mises en œuvre combinant pierre et béton permettent d'ouvrir de larges baies ou des ossatures légères en bois complètent une façade en pierre afin de donner plus de hauteur au bâtiment. La pierre trouve aussi sa place en complément des maisons à ossature bois qui ont besoin de l'inertie thermique d'un matériau noble et écologique. De même, les cloisons intérieures en pierre constituent un domaine porteur où les qualités d'inertie thermique, acoustiques et esthétiques du matériau lapidaire sont mises en valeur. La section suivante détaille ses applications.

# Pierre

Système constructif #1

## Maçonnerie en pierre massive 1/2

### Le marché porteur de la pierre porteuse



© LM Ingénieur

#### Données clés

##### Coût de fabrication

2400 € / m<sup>3</sup> (fourniture + pose)  
Prix comprenant ravèlement, entailles pour les menuiseries et le plancher

Pas de FDES

#### Synthèse du Cadre technico-normatif

##### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- NF DTU 20.1

##### Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

#### Applications constructives

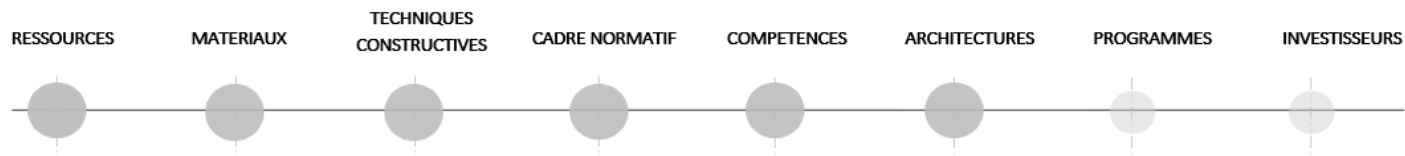
Un ouvrage est considéré en pierre massive dans le cas où les éléments utilisés ont une épaisseur supérieure à 80mm. Pour le gros œuvre, les éléments de maçonnerie en pierre, doivent avoir une épaisseur d'au moins 20cm. Cette épaisseur est nécessaire pour éviter la pénétration d'eau par capillarité et, dans certains cas, reprendre les charges en compression. Les pierres massives moins épaisses sont utilisées dans le cas du mur double, ce système constructif est traité après.

#### Moellons & pierres de taille

Les éléments des ouvrages de gros œuvre en pierre naturelle peuvent être des moellons (pierres de petites dimensions, brutes, ébauchées ou équarries) ou des pierres de taille (pierres dont toutes les faces sont taillées pour obtenir des plans plus ou moins réguliers) hordés au plâtre, au mortier de ciment ou de chaux ou bien montés au mortier de joint mince pour les éléments en pierre de taille.

#### Avantages de la pierre

La construction de gros œuvre en pierre massive présente un aspect esthétique et un confort de vie appréciable notamment grâce à une bonne inertie thermique et une isolation phonique naturelle.



# Pierre

Système constructif #1

## *Maçonnerie en pierre massive 2/2*

### *Le marché porteur de la pierre porteuse*



© LM Ingénieur

#### Cadre technico-normatif

Les structures confectionnées avec des murs en pierre naturelle calcaire peuvent être visées par le NF DTU 20.1. Si celui-ci est respecté en tous points, ces structures peuvent être reconnues en technique courante.

L'attention du lecteur est cependant attirée sur le fait qu'une vérification approfondie doit être menée pour que tous les autres ouvrages périphériques ou matériaux constituant le mur disposent bien eux-aussi, d'un référentiel reconnu en technique courante (Structure support, Isolant, Mortier, etc.)

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

##### Réemploi

Pour la réutilisation de la pierre de taille se pose la question de la séparation du mortier et d'une éventuelle rectification. Une étude réalisée par le CTMNC a consisté à caractériser des pierres de taille issues d'une déconstruction. La comparaison des résultats d'essais d'aptitude à l'emploi a démontré que les propriétés mécaniques de ces éléments étaient proches de pierres « neuves » actuellement extraites dans des carrières similaires. Cependant, selon l'emplacement de la maçonnerie dans l'ouvrage et de sa potentielle altération au fil du temps, l'ensemble ne peut pas forcément être réutilisé tel quel dans une nouvelle construction. Il peut alors être nécessaire de procéder à de nouvelles découpes dans des formats

de plus petite dimension, permettant ainsi d'offrir une nouvelle vie à la pierre. L'enjeu pour ces produits est de disposer d'un référentiel et de méthodes de caractérisation rapides et portables, ainsi que d'un réseau de distribution efficace et de garanties de durabilité.

##### Thèse Comportement au feu des maçonneries en pierre naturelle

Pour la maçonnerie en pierre naturelle, le texte de référence pour le dimensionnement au feu des structures en maçonnerie au niveau Européen est l'Eurocode 6 dans lequel, contrairement aux autres maçonneries, il n'existe pas de valeurs tabulées. Cela rend l'usage de la maçonnerie en pierre naturelle plus complexe et ne permet pas de l'utiliser selon sa pleine capacité de résistance au feu. Dans ce contexte, l'objectif de la thèse d'Elodie Donval est de proposer une méthode complète d'évaluation du comportement au feu des murs en pierre naturelle, à visée applicative pour l'ingénieur.

##### FDES

Le CTMNC a réalisé l'ACV maçonnerie de mur massif : Pierre tendre du Bassin Parisien.



# Pierre

Système constructif #2

## Murs doubles avec parement en pierre calcaire

(NF DTU 20.1)

### Perspective de développement avec le bois



© F. Naudet

#### Applications constructives

La pierre massive d'épaisseur comprise entre 80 et 100mm est uniquement employée en parement, pour les murs doubles. Un mur double est constitué de deux parois, l'une interne, porteuse, en maçonnerie ou en béton banché, l'autre externe en éléments maçonnés de pierre naturelle apparents. Il peut s'agir de pierre de taille ou de moellons. Le parement en pierre permet de donner un aspect semblable à celui d'une construction en pierre de taille.

#### Lame d'air

Un vide d'air sépare les deux parois, dans lequel peut être interposé un isolant permettant ainsi de diminuer les ponts thermiques. Le mur peut également être réalisé sans isolant.

#### Cadre technico-normatif

Les structures confectionnées avec des murs doubles dont le parement est en pierre calcaire peuvent être visées par le NF DTU 20.1. Si celui-ci est respecté en tous points, ces structures peuvent être reconnues en technique courante.

L'attention du lecteur est cependant attirée sur le fait qu'une vérification approfondie doit être menée pour que tous les autres ouvrages périphériques ou matériaux constituant le mur double disposent bien eux-aussi, d'un référentiel reconnu en technique courante (Structure support, Isolant, Mortier, etc.)

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

##### FDES

Le CTMNC a réalisé l'ACV pour maçonnerie de mur double : Grès des Vosges

##### Mixité bois-pierre

Une étude technico-économique sur mur double structure bois – pierre porteuse 8cm reste à mener mais ce système constructif laisse imaginer des perspectives intéressantes. Des moyens peuvent être alliés à cette piste de développement.

#### Données clés

FDES : 1 Par défaut

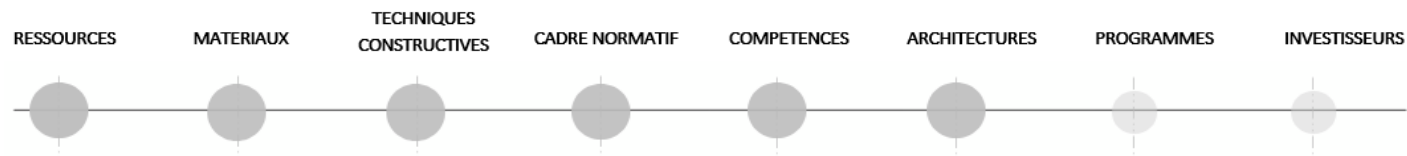
#### Synthèse du Cadre technico-normatif

##### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- NF DTU 20.1

##### Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.



# Pierre

Système constructif #3

## **Revêtement mural int/ext** en pierre calcaire en pose collée (DTU 52.2) *De la pierre pelliculaire*



@ Rocamat

### Applications constructives

Les revêtements muraux collés sont composés de plaques en pierre naturelle d'épaisseur comprise entre 10 et 20mm selon leur masse volumique, fixés au support par un produit de collage (mortier colle par exemple). Ces éléments, de mise en œuvre facile, permettent une grande liberté de décoration intérieure ou extérieure.

#### Pour commenter

Cette option est mentionnée dans un souci d'exhaustivité, mais on peut s'interroger sur la légitimité qu'a ce système pour la massification bio et géosourcés.

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

#### DTU

Le NF DTU 52.2 révisé daté de juin 2022 a été publié.

#### Données clés

FDES : 1 Par défaut

#### Synthèse du Cadre technico-normatif

##### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- NF DTU 52.2

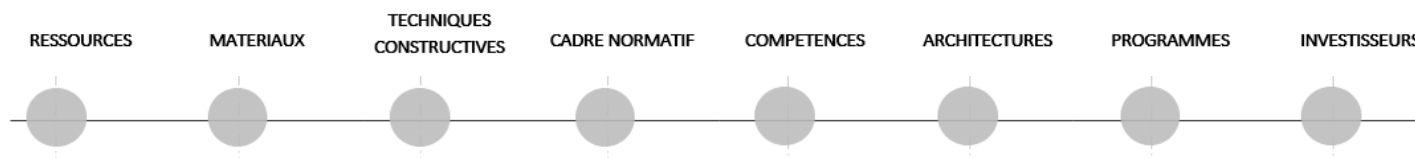
##### Tests et essais performanciers

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

### Cadre technico-normatif

Les revêtements muraux collés intérieurs et extérieurs en pierre de calcaire peuvent être visés par la norme NF DTU 52.2. Si celui-ci est respecté en tous points, ces revêtements peuvent être reconnus en technique courante.

L'attention du lecteur est cependant attirée sur le fait qu'une vérification approfondie doit être menée pour que tous les autres ouvrages périphériques aux revêtements muraux disposent bien eux-aussi, d'un référentiel reconnu en technique courante (Support muraux, etc.).



# Pierre

Système constructif #4

## Revêtement mural attaché en pierre mince (DTU 55.2) De la pierre pelliculaire



© Patrick Miara

### Données clés

FDES : 1 Par défaut

### Synthèse du Cadre technico-normatif

Référentiels normatifs ou prénormatifs

- NF DTU 55.2

Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.

### Applications constructives

Les revêtements muraux en pierre attachée sont composés de plaques d'épaisseur inférieure à 80mm chacune fixée à un mur support, dont la stabilité est assurée par ailleurs. L'épaisseur de pierre dépend de la nature de la pierre, des dimensions de la plaque, du mode de pose, du type d'attache et de l'importance des sollicitations. Une lame d'air ventilée est ménagée entre la face arrière des plaques et le support ou l'isolant.

#### Fixations

On distingue différents types d'attaches :

- les revêtements attachés par agrafes métalliques et polochons (la mise en œuvre d'une isolation thermique par l'extérieur n'est pas compatible avec l'emploi des polochons)
- les revêtements fixés par attaches métalliques sans polochons
- les revêtements fixés sur ossature intermédiaire (ROACLIP par exemple)

#### Avantages

Cette technique s'adapte à différents types d'architecture, permet de mettre en œuvre tout type d'isolation, y compris par l'extérieur. Sa mise en œuvre est rapide. Le procédé aurait intérêt, du point de vue environnemental, à être compatible avec des supports en matériaux bio ou géosourcés...

#### Pour commenter

Cette option est mentionnée dans un souci d'exhaustivité, mais on peut s'interroger sur la légitimité qu'a ce système pour la massification bio et géosourcés.

### Cadre technico-normatif

Les revêtements muraux attachés en pierre de calcaire peuvent être visées par la norme NF DTU 55.2. Ainsi, dans la mesure où le

référentiel est respecté en tous points, le présent procédé est reconnu en technique courante.

L'attention du lecteur est cependant attirée sur le fait qu'une vérification approfondie doit être menée pour que tous les autres ouvrages périphériques aux revêtements muraux disposent bien eux-aussi, d'un référentiel reconnu en technique courante (Support muraux, etc.)

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

#### Essai LEPİR II

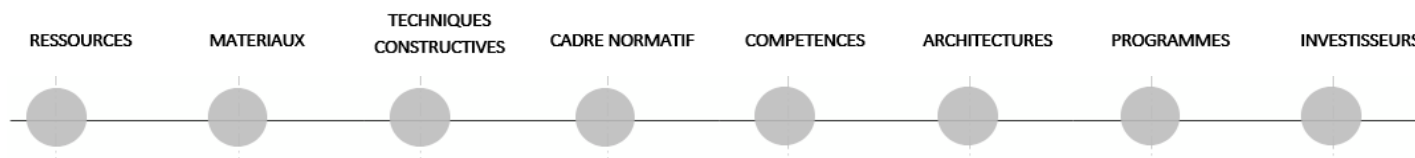
Un essai de résistance au feu LEPİR II a été commandé par le CTMNC et réalisé au sein du laboratoire Efectis (site des Avenières en Isère) au mois de mars 2022. L'essai porte sur un « système générique » de revêtements muraux attachés en pierre mince sur support béton, et plus spécifiquement de revêtements fixés par attaches métalliques sans polochon. Cet essai permet l'obtention d'une Appréciation de laboratoire.

#### Amendement du DTU

Les attaches de fixation sont entrées dans le domaine traditionnel et donc les Avis Techniques correspondants ne sont pas reconduits. Les exigences sur les attaches feront l'objet d'un amendement au NF DTU 55.2.

#### FDES

Le CTMNC a réalisé l'ACV pierre mince attachée : Pierre calcaire ferme de Bourgogne.



# Pierre

Système constructif #5

## **Revêtement de sol int/ext** en pierre calcaire en pose scellée (DTU 52.1) ou collée (DTU 52.2) *De la pierre pelliculaire*



@ SFP Normandie

### Applications constructives

Les revêtements de sols scellés sont posés à l'aide d'un mortier de scellement. La pose en intérieur est désolidarisée par interposition d'un film polyéthylène entre le support et le mortier de pose. En extérieur, la couche de désolidarisation doit également avoir une fonction drainante. Sinon les revêtements de sols composés d'éléments en pierre naturelle sont fixés au support par un produit de collage.

### Cadre technico-normatif

Les revêtements de sol intérieurs et extérieurs en pierre de calcaire en pose scellée ou en pose collée peuvent être visés respectivement par la norme NF DTU 52.1 et NF DTU 52.2. Ainsi, dans la mesure où le référentiel est respecté en tous points, le présent procédé est reconnu en technique courante.

L'attention du lecteur est cependant attirée sur le fait qu'une vérification approfondie doit être menée pour que tous les autres ouvrages périphériques au revêtement de sol disposent bien eux-aussi, d'un référentiel reconnu en technique courante (Support de sol, etc.)

#### Données clés

FDES : 1 Par défaut

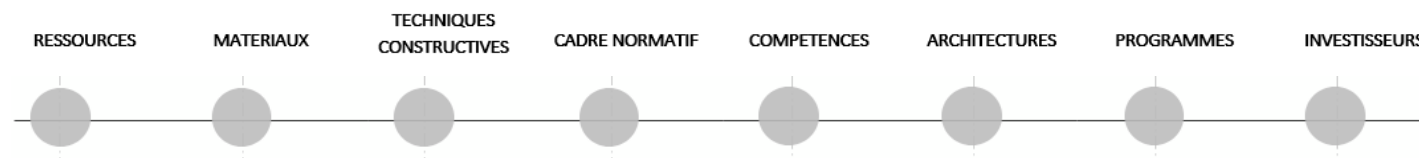
#### Synthèse du Cadre technico-normatif

##### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- NF DTU 52.1
- NF DTU 52.2

##### Tests et essais performanciels

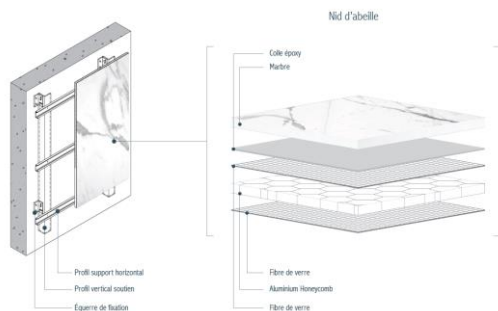
- Voir le détail du Cadre technico-normatif.



# Pierre

Système constructif #6

## Bardage rapporté constitué d'un panneau avec parement de pierre mince De la pierre pelliculaire



### Applications constructives

Les panneaux sont constitués généralement :

- D'un parement extérieur en pierre naturelle mince ou en céramique de 5mm d'épaisseur environ (tranches de 2cm laminées)
- Collé à la résine d'une épaisseur de 1mm sur une âme en nid d'abeille aluminium comportant de part et d'autre une peau de fibres de verre pré-imprégnée de résine époxy

Cette technique permet de réaliser des revêtements de grands formats en réduisant les contraintes de poids et en simplifiant la mise en œuvre. Ces systèmes nid d'abeille peuvent être appliqués soit en revêtement mural intérieur et extérieur, en plafonds et dans l'ameublement. Par l'intermédiaire d'inserts les panneaux sont attachés à des rails et à une ossature en aluminium ou acier eux-mêmes fixés au support.

### Pour commenter

Cette option est mentionnée dans un souci d'exhaustivité, mais on peut s'interroger sur la légitimité qu'a ce système pour la massification bio et géosourcés.

### Cadre technico-normatif

A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel technique traditionnelle visant ce procédé, mais il existe plusieurs Avis Techniques sur liste verte de la C2P et une Appréciation Technique d'Expérimentation de cas « a » favorable du procédé de bardage rapporté constitué d'un panneau avec parement de pierre mince dont les références sont citées dans le cadre technico-normatif de synthèse. Ainsi, dans la mesure où les référentiels sont respectés en tous points, le présent procédé est reconnu en

technique courante.

Ces avis techniques sont destinés au procédé de bardage rapporté en panneau dont les supports sont conformes à la norme NF DTU 20.1 (Maçonneries), NF DTU 23.1 (Banchées) en neuf et en rénovation.

Les supports COB conformes au NF DTU 31.2 ainsi que les supports CLT sous Avis Technique ou Document Technique d'Application sont uniquement visés par l'Avis Technique enregistré au numéro 2.2/13-1567\_V4.

La perspective de développement pour les régions Normandie et Île-de-France pourrait être de proposer un procédé équivalent en matériaux locaux, en faisant reconnaître celui-ci par une ATEX de cas « a » favorable, pour en permettre son emploi large.

### Données clés

Pas de FDES

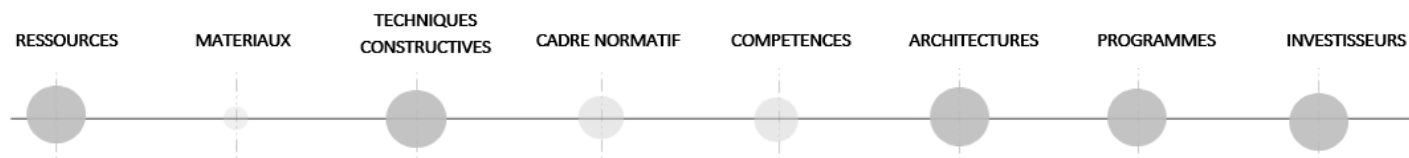
### Synthèse du Cadre technico-normatif

#### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- ATEc 2.2/19-1804\_V1
- ATEc 2.2/13-1568\_V1
- ATEc 2.2/13-1567\_V4
- ATEx 2718\_V1

#### Tests et essais performanciers

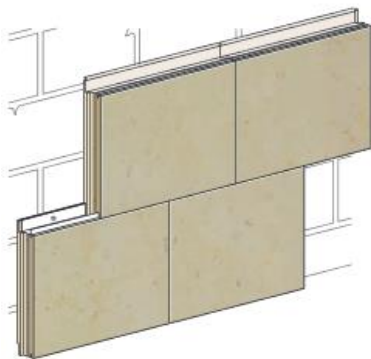
- Voir le détail du Cadre technico-normatif.





# Pierre

Système constructif #7



© Rocamat

## Vêtture en pierre naturelle et assimilés De la pierre pelliculaire

### Applications constructives

Il s'agit d'un système d'isolation par l'extérieur à base de petits éléments préfabriqués constitués d'une plaque de pierre naturelle mince, collée sur un isolant usiné en polystyrène expansé. L'élément en pierre possède une épaisseur de 2 à 4cm, l'isolant mesure entre 6 et 10cm d'épaisseur. Les dalles sont enfourchées sur des rails en aluminium, ceux-ci étant chevillés au support à travers l'isolant. Des rainures dans les chants horizontaux des pierres permettent leurs fixations par vissage.

### Emploi

L'élément de vêtture s'utilise en réhabilitation, en complément d'une isolation intérieure. La résistance thermique de l'ensemble varie de 1,58 à 2,63 m<sup>2</sup>.K/W.

### Pour commenter

Cette option est mentionnée dans un souci d'exhaustivité, mais on peut s'interroger sur la légitimité qu'a ce système pour la massification bio et géosourcés. A minima l'isolant pourrait-il être en liège ?

### Cadre technico-normatif

A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel technique traditionnelle visant ce procédé, mais il existe un Avis Technique sur liste verte de la C2P du procédé d'isolation thermique extérieur avec parement en pierre mince, enregistré sous le numéro 2/16-1732. Ainsi, dans la mesure où le référentiel est respecté en tous points, le présent procédé est reconnu en technique courante.

Cet avis technique vise l'isolation thermique par l'extérieur à base

d'éléments constitués d'une paroi en pierre naturelle mince associée par collage à un isolant en polystyrène expansé pour les supports conformes à la norme NF DTU 20.1 (Maçonneries) et NF DTU 23.1 (Banchées) en neuf et en rénovation.

La perspective de développement pour les régions Normandie et Île-de-France pourrait être de proposer un procédé équivalent en matériaux locaux, en faisant reconnaître celui-ci par une ATEc de cas « a » favorable, pour en permettre son emploi large.

#### Données clés

Pas de FDES

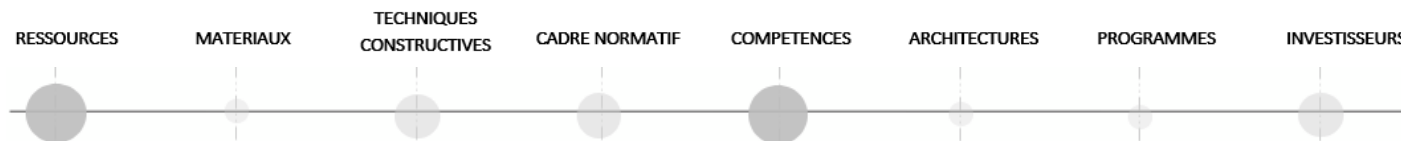
#### Synthèse du Cadre technico-normatif

##### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- ATEc 2/16-1732

##### Tests et essais performanciels

- Voir le détail du Cadre technico-normatif.



# Pierre

Système constructif #8

## Autres 1/2

### Pierre sèche, lauze, ardoises



@ Pierre de Beauchamps

#### Données clés

**Coût de fabrication pierre sèche**  
1500 € / m<sup>3</sup> (fourniture + pose)

Pas de FDES

#### Synthèse du Cadre technico-normatif

Référentiels normatifs ou prénormatifs

#### Applications constructives

##### Pierre sèche

Technique ancestrale inscrite au patrimoine immatériel de l'UNESCO, la construction en pierre sèche repose sur un principe simple : l'absence de matériaux de synthèse, de ciment ou de matière de scellement. En l'absence de liant, les pierres sont réutilisables très facilement, ne créant aucun déchet. Des moellons, des plaquettes, des dalles, des blocs, bruts ou ébauchés peuvent être ainsi assemblés. Les ouvrages en pierre sèche limitent l'érosion et les inondations en favorisant l'écoulement naturel des eaux pluviales.

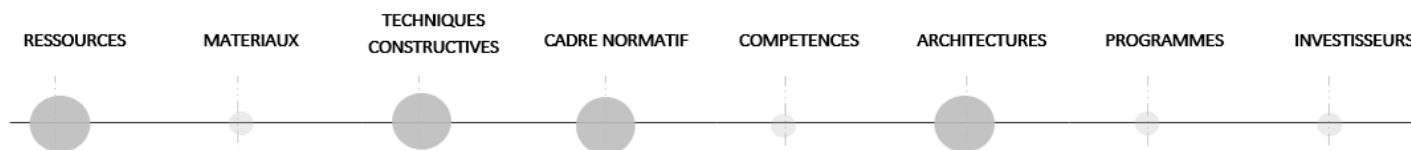
La forme aérée des bâtis préserve et régule l'humidité sans l'emprisonner. Enfin, l'agencement des pierres génère des niches biologiques. Cette technique utilise peu d'énergie grise.

La pierre sèche est utilisée pour la création d'aménagements extérieurs, de murs de soutènement, de sous-bassement, escaliers, niches, voutes, ... Le métier de murailleur est, depuis 2011, inscrit au répertoire de l'Institut National des Métiers d'Arts comme un « métier d'art rare ».

##### Pierres pour la couverture des toitures

La lauze est une pierre utilisée en toiture, d'une épaisseur entre 20 et 40mm (schiste, calcaire, phonolite ...). La pose se fait par insertion entre des lattes de bois servant de support. La couverture en lauze reste rare et localisée du fait de ses nombreuses contraintes (poids, coût, savoir-faire particulier et durée de pose). Mais ces savoir-faire ancestraux ont été préservés, et l'exploitation de carrières permet aujourd'hui de restaurer de nombreux sites. Les ardoises ont une épaisseur variant de 3 à 9mm. Elles sont utilisées principalement dans les régions traditionnelles de production (Bretagne entre autres). La France est restée une grosse consommatrice de ce matériau, bien que ses gisements

soient éteints, grâce à l'importation de pierre étrangère (d'Espagne et du Portugal par exemple). L'ardoise est aujourd'hui moins utilisée, du fait de l'apparition de matériaux synthétiques moins onéreux.



# Pierre

Système constructif #8

## Autres 2/2

### Pierre sèche, lauze, ardoises



© Pierre de Beauchamps

#### Cadre technico-normatif

##### Pierre sèche

A la date de réalisation du sourçage, il existe des règles professionnelles « Technique de constructions des murs en pierre sèche », acceptées par la C2P avec un suivi du retour d'expérience (RP-B).

Ainsi, dans la mesure où le référentiel est respecté en tous points, le présent procédé est reconnu en technique courante, associé à un suivi du retour d'expérience de l'Agence Qualité Construction.

##### Ardoises

Les couvertures en ardoises peuvent être visées par le NF DTU 40.112. Ainsi, dans la mesure où le référentiel est respecté en tous points, le présent procédé est reconnu en technique courante. L'attention du lecteur est cependant attirée sur le fait qu'une vérification approfondie doit être menée pour que tous les autres ouvrages périphériques à la couverture en ardoise disposent bien eux-aussi, d'un référentiel reconnu en technique courante (Charpente, etc.)

##### Lauze

A la date de réalisation du sourçage, il n'existe aucun référentiel technique visant un procédé de couverture en lauze. Ce procédé relève, ainsi à date, de la technique non courante.

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

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

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

##### FFPPS

La Fédération Française des Professionnels de la Pierre Sèche est une association interdisciplinaire et transrégionale de bénévoles pour l'animer et la gérer, tous professionnels investis dans la promotion du savoir-faire et de la technique.

##### Formation lauze

La CMAR Occitanie-Lozère et l'association nationale des Artisans Lauziers Couvreur (ALC) organisent depuis janvier 2022 les premières formations qualifiantes au métier de couvreur lauzier au sein du Campus des Métiers et de l'Artisanat de la Lozère. Elles permettent l'obtention d'un certificat de qualification professionnelle (CQP) Couvreur Lauzier Schiste ou Couvreur Lauzier Calcaire.

##### Normalisation des ardoises

La norme EN 12326-2 « Ardoises et éléments en pierre pour toiture et bardage pour pose en discontinu - Partie 2 : méthodes d'essai pour ardoises et ardoises carbonatées » est en attente de révision. Une nouvelle norme EN 12326-3 « Schistes et pierres schisteuses pour toiture pour pose en discontinu - Spécifications et méthodes d'essai » a passé l'enquête CEN.

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

## Historique de la filière

### Une filière vieille d'au moins 2000 ans

On peut en réalité faire remonter l'usage de la pierre en construction aux premiers établissements sédentaires, soit 10 000 ans avant notre ère. Un haut niveau de connaissance du matériau est atteint dans l'Antiquité, qui se perd avec la fin du monde gallo-romain. Plus tard, la maçonnerie en moellons se généralise. Les blocs de pierre sont taillés aux dimensions dans les carrières où les débris de taille sont laissés, les constructeurs se limitant à des blocs de 300-400kg. Au XIII<sup>ème</sup> siècle, le savoir-faire culmine dans l'art gothique et continue à s'enrichir jusqu'au XIX<sup>ème</sup>. La pierre est un matériau majeur de l'architecture du XX<sup>ème</sup> siècle. Le Paris de Haussmann, avec ses immeubles en pierre de taille et ses nouvelles gares aux grandes charpentes métalliques racontent une apogée et un début de concurrence : les filières du métal et du béton émergent. Les deux guerres mondiales vont ralentir le déclin de la pierre. Ainsi, durant la seconde guerre mondiale le retour de la pierre est fortement encouragé pour assurer la reconstruction.

### Régression et renouveau

L'utilisation de la pierre dans la construction décline durant les années 60 et s'effondre à partir des années 1970/1980. Peu à peu remplacée par les parpaings béton, elle va disparaître en tant que matériau massif. S'adaptant aux modes de construction actuels, elle trouve d'autres applications et est mise en œuvre en faible épaisseurs (revêtements de sol ou muraux). Ce n'est qu'à partir des années 2000 que l'on constate un renouveau de la construction en pierre massive. Le produit se révèle très porteur face aux nouvelles attentes. Dans la comparaison avec le matériau bois, la pierre possède notamment deux avantages :

- le confort climatique, en particulier en milieu urbain;
- La ressource est déjà là, illimitée.

## Actualités et perspectives de développement

### Valorisation des coproduits

Un projet de recherche impulsé par la Graniterie Petitjean est en cours à l'INRAE pour déterminer la faisabilité technico-économique de la valorisation des déchets fins de carrière en tant que

fertilisants pour l'agriculture biologique. Les premiers résultats sont attendus au second semestre 2023.

### Analyse environnementale des produits en pierre naturelle

Le CTMNC réalise des analyses de cycle de vie et suit les comités de normalisation sur l'ACV ainsi que la création de données génériques par défaut. Le Centre cherche par ailleurs à capitaliser un maximum de données environnementales sur les produits en pierre afin de proposer des données par défaut plus réalistes, moins défavorables. Cela passe par la réalisation de FDES individuelles ou collectives, mais aussi par la veille bibliographique en matière d'EPD (EPD pour « environmental product declaration », l'équivalent européen des FDES).

#### Offre de formation & effectifs (France)

- ❑ CAP Tailleur de pierre\* → 315
- ❑ CAP Marbrier du bâtiment et de la décoration\* → 53
- ❑ Mention complémentaire sculpture sur pierre\*
- ❑ FCIL Sculpture sur pierre niveau 5 → 19
- ❑ FCIL Emailleur sur lave
- ❑ Brevet Pro Métiers de la pierre\* → 121
- ❑ Bac Pro Métiers des arts de la pierre\* → 172
- ❑ Bac Pro Interventions patrimoine bâti\* → 326
- ❑ BMA Gravure sur pierre\* → 19
- ❑ Titre Pro BTMS Métiers de la pierre → 32
- ❑ BTS Géologie appliquée → 67
- ❑ Titre Pro de Sculpteur Ornemaniste sur pierre → 17

\* offre disponible en IdF. Aucune offre n'a été relevée en Normandie

Données issues du catalogue de formation professionnelle, métiers de la pierre [2019]

#### Un réseau morcelé

##### Des structures à taille humaine

La filière compte en France 664 entreprises, en très grande majorité des PME et des TPE, ancrées dans des territoires ruraux. 80% de ces entreprises ont un chiffre d'affaires inférieur à 1 million d'euros (source SNROC 2019). En 2012, près de 78% des entreprises de la branche comptaient moins de 10 salariés, tandis que moins de 1,5% d'entre-elles occupaient plus de 50 collaborateurs (source Memento ROC 2014). La filière pierre est clairement constituée d'un tissu de petites – voir très petites – entreprises, que la concurrence des produits finis à bas coût fragilise un peu plus. En effet la part des importations de produits finis ne cesse d'augmenter et passe de 382 millions d'euros en 2016 à plus de 474 millions en 2019 (source SNROC). En outre, cette filière fait face à une consommation intérieure parmi les plus faibles des pays industrialisés.

##### Un manque de visibilité

La filière pierre, très ancienne en France, continue d'exister aujourd'hui, mais reste diminuée. Rocamat est le premier producteur de pierre du pays et fait partie des leader mondiaux de la production de pierre de construction. Malgré tout l'entreprise reste un acteur modeste dans le monde de la construction : elle emploie 160 salariés, quand Lafarge par exemple en compte 4200. Certes les entreprises de pierre s'intègrent dans des tissus d'acteurs locaux mais ce morcellement de la filière ne joue pas en faveur de sa visibilité. D'ailleurs la question de savoir comment ces petites entreprises spécialistes se positionnent face aux majors qui ne tarderont pas à s'intéresser au matériau est essentielle.

#### Réapprendre à construire en pierre

##### Un déficit en termes de moyens humains

La pierre est une ressource "inépuisable à notre échelle", c'est

plutôt la demande qui limite la production. Si cette dernière venait à augmenter, la main-d'œuvre serait-elle disponible ? Aujourd'hui, on constate un problème en termes de ressources humaines : les carrières manquent clairement de jeunes à recruter, et certains savoir-faire, comme le moellonage, se perdent. Les carrières étant parfois souterraines, les métiers de la pierre demeurent difficiles.

##### Trouver des poseurs compétents

La multiplication des formations conduisant aux métiers de pose de pierre pourrait contrecarrer la perte de savoir-faire. Par ailleurs le positionnement des entreprises générales ou de gros œuvre par rapport à ce matériau est à questionner. En effet les grandes entreprises du BTP offriraient l'opportunité à la filière de plus s'industrialiser, mais les conditions de ce développement restent à définir. Est-ce qu'elles accordent la possibilité de massifier la construction géo-sourcée, au détriment des entreprises de pierre existantes, déjà peu visibles ?

##### Former les incultes

L'usage de la pierre n'offre pas les mêmes libertés que le béton. Il est nécessaire que les acteurs réapprennent à construire en pierre, et ce dès la conception. En effet, l'architecture doit être adaptée à la pierre. Il faut admettre que la pierre est variable en faisant les études des ouvrages en pierre. S'ils sont amenés à poser de la pierre, les entreprises de GO doivent absolument être formées. Certes la mise en œuvre est relativement simple, elle n'est pas insurmontable mais il y a des connaissances à avoir. En bref ces acteurs doivent s'approprier le matériau.



## Architectures Références d'ERP

### Mémorial de Caen – Caen (14)

- MOA :
- MOE : MCG Architectes
- Année : 1986
- Coût : NC
- Mode constructif : façade en pierre de Caen

### Musée d'Orsay – Paris (75)

- MOA : Musée d'Orsay
- MOE : Gae Aulenti
- Année : 1983
- Coût : NC
- Mode constructif : revêtement intérieur sol et murs

### Cathédrale Orthodoxe de la Sainte-Trinité – Paris (75)

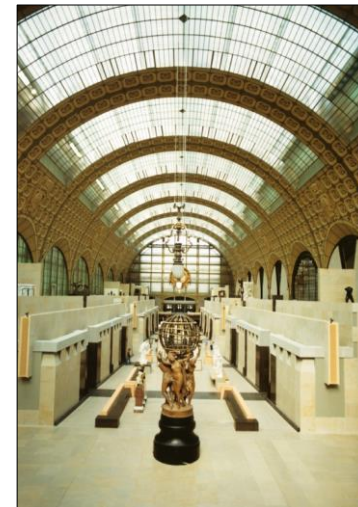
- MOA : Fédération de Russie
- MOE : Wilmotte et Associés Architectes
- Année : 2016
- Coût : 170 000 000 €
- Mode constructif : pierre en bandeaux linéaires sur mur-rideau

### Musée du Grand Pressigny – Le Grand Pressigny (37)

- MOA : Conseil Général d'Indre et Loire
- MOE : HOGE Architectes
- Année : 2010
- Coût : 4 200 000 €
- Mode constructif : pierre massive



Mémorial de Caen (14) © Normandie-tourisme



Musée d'Orsay (75) © SNROC



Cathédrale Orthodoxe de la Sainte-Trinité (75) © Rocamat



Musée du Grand Pressigny (37) © Rocamat

## Architectures Références de logements

### Oberkampf – Paris (75)

- MOA : RIVP
- MOE : Barrault & Pressaco Architectes
- Année : 2017
- Coût : 3 200 000 € HT
- Mode constructif : pierre de taille porteuse

### 20 logements collectifs sociaux – Cornebarrieu (31)

- MOA : Promologis
- MOE : Perraudin architectes
- Année : 2005
- Coût : 2 000 000 € HT
- Mode constructif : pierre porteuse

### Immeuble 52 Seven – Paris (75)

- MOA : RIVP
- MOE : Architectures Raphaël Gabrion
- Année : 2021
- Coût : NC
- Mode constructif : façade pierre autoporteuse

### Résidence Cœur de Reine – Bourg-la-Reine (92)

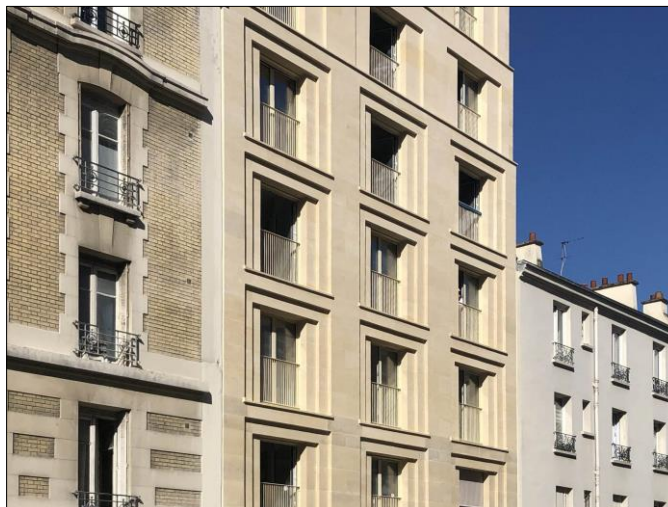
- MOA : Emerige, SEM 92
- MOE : Badia Berger Architecte
- Année : 2015
- Coût : 12 500 000 € HT
- Mode constructif :



Oberkampf (75) © Barrault Pressaco



20 logements collectifs sociaux (31) © Le Moniteur



Immeuble 52 Seven (75) © Rocamat



Résidence Cœur de Reine (92) © Barrault Badia Berger Architecte



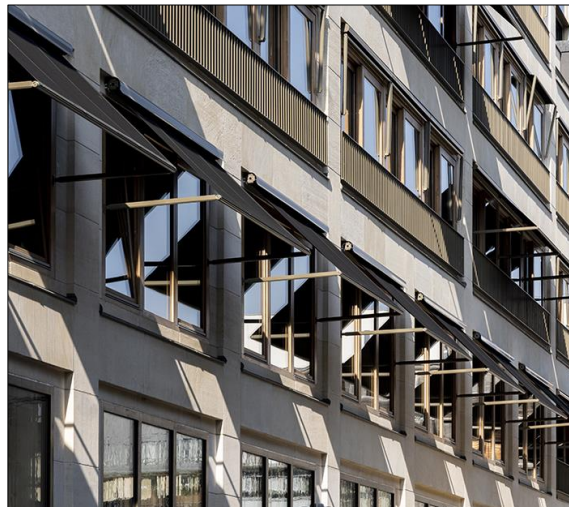
## Architectures Références de logements

### Immeuble mixte, ZAC de Beaujon – Paris [75]

- MOA : Elogie-Siemp
- MOE : NRAU Nicolas Reymond
- Année : 2021
- Coût : 8,7M€ HT (dont hôtel, 1,6M€HT)
- Mode constructif : façade pierre autoporteuse

### Emmaüs / du baron à l'abbé – Paris [75]

- MOA : Emmaüs Habitat
- MOE : SOA
- Année : en chantier (livré en 2022)
- Coût : NC
- Mode constructif : pierre porteuse



Immeuble mixte, ZAC de Beaujon [75] © NRAU



Emmaüs / du baron à l'abbé [75] © SOA

#### Données clés

La filière Roches Ornementales et de Construction (ROC) représente aujourd'hui **4%** du marché du bâtiment

La France se place au **16ème** rang mondial des utilisateurs de pierre avec une consommation annuelle par habitant de l'ordre de **0,5m<sup>2</sup>** de pierre.

Source *mémento SNROC*

#### Principales typologies

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

Souvent mise en œuvre en rénovation, la pierre est adaptée à tous types de construction contemporaine, privée, publique. Des architectes contemporains et des entreprises ont fait le pari de réutiliser la pierre naturelle massive dans divers types de constructions: habitat collectif, établissements scolaires, bâtiments administratifs, musées, chais, maisons individuelles,...

#### Maîtrises d'ouvrage impliquées

##### Un matériau noble

La pierre de taille possède une identité architecturale forte et représente, entre autres, le charme des immeubles haussmanniens. C'est un matériau qui donne de la valeur et qui ne se déprécie pas avec le temps. La pierre se veut rassurante pour les acquéreurs. Des groupes comme Verrechia ou Francosuisse l'ont bien compris et se positionnent sur les marchés de la promotion et la construction dans le domaine de l'immobilier résidentiel haut de gamme en pierre de taille massive.

##### Un caractère durable qui amène les bailleurs à investir

Si les coûts d'investissement sont généralement plus élevés, ils se retrouvent amortis sur le long terme par la grande longévité des bâtiments en pierre massive, leur facilité d'entretien et leur faible besoin de maintenance. Ce matériau nécessite peu d'entretien car on prévoit en moyenne un ravalement tous les 30 ans. De plus sa pérennité représente un avantage économique pour les MOA directes. Par ailleurs la forte inertie thermique permet de faire des économies sur le chauffage et la climatisation.

##### Les acteurs de la commande publique

Des engagements des collectivités sur des produits français permettraient de soutenir la filière. Plus de 150 entreprises ont disparu en moins de 10 ans, soit près de 20%, à cause de

l'augmentation des importations (Portugal, Espagne, Chine, Inde, Croatie, Turquie...), principalement dans le cadre de la commande publique.

Le président du SNROC, Jean-Louis Vaxelaire, alerte les acteurs de la commande publique dans une tribune intitulée " La pierre naturelle française en appelle à une commande publique éclairée". Dans ce texte il est question de sécuriser un approvisionnement local. Il demande pour cela que des lots spécifiques pour la pierre ornementale (qui représente 80% du résultat esthétique d'un ouvrage et quelquefois moins de 20% du prix) soient constitués dans les appels d'offre, et que les critères de notation soient équilibrés entre le prix, la qualité des matériaux, la mise en œuvre et l'impact environnemental, sans que le prix soit systématiquement dominant.

### Atouts

- Matériau naturel et durable
- Industrie propre, peu énergivore et locale
- Forte capacité de production
- Formats standards, petits modules et automatisation pour un coût optimisé

### Verrous

- Rentabilité de l'extraction et de la transformation
- Réemploi sous-évalué dans la RE2020
- Acteurs clés très ignorants
- Extinction des savoir-faire

### Leviers d'action opérationnels

- Investir dans la construction neuve en pierre massive
- Financer des ATEx pour innover
- Donner de la visibilité sur la part réservée à la pierre dans les opérations futures
- Soutien à l'ouverture / extension de carrières
- Soutien à la modernisation de la filière

### Pistes de développement à long terme

- Réflexion sur le calcul ACV dynamique de la RE2020 pour diminuer l'impact carbone en fin de vie
- Expérimenter sur la mixité des matériaux (mur double pierre/bois entre autres)
- Sensibiliser les régions pour maintenir la ressource accessible et utilisable







	à l'échelle des deux régions		à l'échelle nationale		à l'échelle des deux régions		à l'échelle nationale	
	RESSOURCES	MATERIAUX	TECHNIQUES CONSTRUCTIVES	CADRE NORMATIF	COMPETENCES	ARCHITECTURES	PROGRAMMES	INVESTISSEURS
<b>Maçonnerie en pierre massive</b> NF DTU 20.1	Ressource abondante	Pierre de taille, moellons	Maçonnerie porteuse et de remplissage	DTU 20.1 + 20.13	Entreprises qualifiées			
<b>Murs doubles avec parement en pierre calcaire</b> NF DTU 20.1	Ressource abondante	Blocs, moellons	Pierre massive, mur en moellons	NF DTU 20.1	Entreprises qualifiées			
<b>Revêtement mural Int/ext en pierre calcaire en pose collée</b> (DTU 52.2)	Ressource abondante	Pierres de taille, Plaquettes	Mur autoporteur, pierre collée, scellée	NF DTU 52.1/52.2	Entreprises qualifiées			
<b>Revêtement mural attaché en pierre minces</b> (DTU 55.2) Support : Maçonné (DTU 20.1) / Banché (DTU 23.1)	Ressource abondante	Dalles	Mur autoporteur, pierre attachée	NF DTU 55.2	Entreprises qualifiées			

	à l'échelle des deux régions		à l'échelle nationale		à l'échelle des deux régions		à l'échelle nationale	
	RESSOURCES	MATERIAUX	TECHNIQUES CONSTRUCTIVES	CADRE NORMATIF	COMPETENCES	ARCHITECTURES	PROGRAMMES	INVESTISSEURS
<b>Revêtement de sol Int/ext en pierre calcaire en pose scellée (DTU 52.1) ou collée (DTU 52.2)</b>	Ressource abondante	Dalles, Pavés, Plaquettes	Pierre collée, scellée	NF DTU 52.1/52.2	Entreprises qualifiées			
<b>Bardage rapporté constitué d'un panneau avec parement en pierre mince</b> Support : Maçonnerie (DTU 20.1) / Banché (DTU 23.1) / COB (DTU 31.2)	Ressource abondante	Plaquettes 20mm	Panneau préfabriqué ITE + bardage	Avis technique	Entreprises formées par fabricant			
<b>Vêtire en pierre naturelle et assimilés</b> Support : Maçonnerie (DTU 20.1) / Banché (DTU 23.1)	Ressource abondante	Plaquettes 20mm	Vêtire collée sur ITE	Avis technique	Entreprises qualifiées		Façades accessibles et/ou protégées (RDC, loggias)	
<b>Autres (lauze, ardoises, pierre sèche, ...)</b>	Ressource abondante	Peu de fabricants	Techniques traditionnelles	DTU 40.11, Guide des Bonnes Pratiques, Règles Pro	Peu d'entreprises qualifiées			

**Obs:**

Pour les systèmes constructifs bénéficiant d'ATec ou d'ATEx, ils sont référencés à date du sourcing. Ils peuvent ne plus être valables le jour de la publication.

	RESSOURCES	MATERIAUX	TECHNIQUES CONSTRUCTIVES	CADRE NORMATIF	COMPETENCES	ARCHITECTURES	PROGRAMMES	INVESTISSEURS	
<b>Maçonnerie en pierre massive</b> NF DTU 20.1	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<b>Murs doubles avec parement en pierre calcaire</b> NF DTU 20.1	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<b>Revêtement mural Int/ext en pierre calcaire en pose collée</b> (DTU 52.2)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<b>Revêtement mural attaché en pierre minces</b> (DTU 55.2) Support : Maçonné (DTU 20.1) / Banché (DTU 23.1)	●	●	●	●	●	●	●	●	●

	RESSOURCES	MATERIAUX	TECHNIQUES CONSTRUCTIVES	CADRE NORMATIF	COMPETENCES	ARCHITECTURES	PROGRAMMES	INVESTISSEURS	
<b>Revêtement de sol Int/ext en pierre calcaire en pose scellée (DTU 52.1) ou collée (DTU 52.2)</b>	●	●	●	●	●	●	●	●	
<b>Bardage rapporté constitué d'un panneau avec parement en pierre mince</b> Support : Maçonnerie (DTU 20.1) / Banché (DTU 23.1) / COB (DTU 31.2)	●	●	●	●	●	●	●	●	
<b>Vêtire en pierre naturelle et assimilés</b> Support : Maçonnerie (DTU 20.1) / Banché (DTU 23.1)	●	●	●	●	●	●	●	●	
<b>Autres (lauze, ardoises, pierre sèche, ...)</b>	●	●	●	●	●	●	●	●	

### Entretiens

- Carrières de la plaine de Caen – producteur (19.04.22) LM Ingénieurs & ARPE Normandie
- Sciage Façonnages Pierres Normandie (SFPN) – fabricant (28.04.22) LM Ingénieurs
- Rocamat – producteur et applicateur (26.04.22) LM Ingénieurs
- Carrière de Vassens – producteur (05.05.22) LM Ingénieurs
- CTMNC – interprofession (03.06.22) LM Ingénieurs
- Pierre de Beauchamps – producteur (27.04.22) LM Ingénieurs
- Carrières de Souppes – producteur (13.04.22) LM Ingénieurs

### Webinaire filière PIERRE : 19 mai 2022

- Quentin Leblond (Les Carrières de Vassens)
- Yanick Lasica (Pierre de Beauchamps)
- Emeric De Kervenoael (Carrières de Noyant, SNROC)
- Jean-Louis Marpillat (Rocamat)



### Bibliographie

- Intervention de Emeric de Kervenoael, Directeur Carrières de Noyant, à la conférence de Grand Paris Aménagement sur sa stratégie 2030 relative aux nouveaux matériaux et modes de construction
- Dossier de presse de l'exposition "Pierre Révéler la ressource, explorer le matériau" au Pavillon de l'Arsenal (23.10.2018 - 2.12.2018)
- Comprendre les enjeux de la réglementation; La pierre massive et la RT 2012 – CTMNC
- Le guide pratique de la pierre naturelle – CTMNC, UNTEC (2016)
- Mémento sur l'industrie française des roches ornementales et de construction – BRGM, SNROC, CTMNC (2014)
- Principales exigences techniques applicables aux produits de construction en pierre naturelle – CTMNC (2021)
- La pierre naturelle française dans la commande publique – SNROC
  
- Formation professionnelle; Métiers de la pierre - Rocalia

### Expertises techniques complémentaires identifiées

- CTMNC <http://www.ctmnc.fr/>
- SNROC <http://www.snroc.fr/>
- BRGM <http://www.brgm.fr/>

# 10. Filière Ouate de cellulose





## **Synthèse filière** *Un process industrialisé et massifiable, à territorialiser*



### Perspectives de développement

#### **Un gisement méconnu et un potentiel de développement**

Bien que méconnu, le gisement de papier (y compris cartons) pour l'industrie de la ouate de cellulose peut être présupposé important sur le territoire de la Vallée de la Seine afin de rapprocher production de ressource, transformation et mobilisation sous forme de systèmes techniques dans les projets de construction régionaux.

L'implantation d'outils industriels de production de ouate de cellulose pourrait permettre le développement rapide de la filière au sein du territoire et répondre quasiment immédiatement aux besoins d'isolant des régions Ile-de-France et Normandie, d'autant qu'actuellement l'importation de ouate de cellulose est supérieure à l'exportation de la ouate de cellulose produite à l'échelle nationale, qui se répartit entre les régions Occitanie, Bretagne, Pays de la Loire, Nouvelle Aquitaine et Bourgogne Franche-Comté.

### Les systèmes constructifs

#### **4 groupes de systèmes techniques associés à la ouate de cellulose sont ici considérés :**

- Isolation thermique de combles à base de ouate de cellulose en vrac (Par soufflage)
- Isolation thermique de mur à base de ouate de cellulose en vrac (Par projection humide, Insufflée)
- Isolation thermique de rampant à base de ouate de cellulose en vrac (Insufflée)
- Isolation en panneau à base de ouate de cellulose

*Cette filière n'étant pas territoriale (pas d'acteurs dédiés identifiés à l'échelle des deux Régions), elle est traitée de manière synthétique et plutôt sous l'angle de son cadre technico-normatif et de l'abondance de sa ressource, dans une perspective de territorialisation.*

# Ouate de cellulose

## Ressource

*Un gisement important et une structuration nationale, mais pas d'acteurs territoriaux*



© Confia

### Données clés

#### Disponibilité/quantités produites

1 200 000 tonnes/an (brutes) en France de matière première brute (non transformée) – papier

50 000 tonnes/an (nettes) en France de ouate de cellulose fabriquée (matériau isolant)

#### Concurrences d'usage

Energie, recyclage papier

#### Adaptabilité au changement climatique

Oui (non directement concerné par une éventuelle pression sur la ressource)

#### Fournisseurs

Les fournisseurs nationaux disposent de partenariats avec des acteurs tels que Paprec, Veolia, etc.

#### Un gisement majeur non quantifié

La ouate de cellulose est issue du recyclage du papier (journaux invendus, chutes d'imprimerie, cartons).

Bien que le gisement ne soit pas quantifié à l'échelle du territoire, la ressource est abondante et tend à augmenter avec des taux de recyclage du papier de plus en plus élevés. Fermée en 2020, la papeterie de la Chapelle-Darblay (76) traitait jusque là 350 000 tonnes de vieux papiers pour produire du papier recyclé.

#### Une production à relocaliser

Aucun outil industriel de production de ouate de cellulose n'est encore implanté sur le territoire de la Vallée de la Seine ou à l'échelle des deux régions considérées. 7 sites de productions sont répartis au sein de cinq régions françaises : Occitanie, Bretagne, Pays de la Loire, Nouvelle Aquitaine et Bourgogne Franche-Comté. La capacité de production nationale est estimée à 50 000 tonnes de ouate de cellulose en vrac chaque année. Néanmoins, un quart à un tiers du volume commercialisé en France est fabriqué à l'étranger, tandis qu'une petite partie de la production nationale est exportée vers des pays limitrophes.

#### Une structuration existante à l'échelle nationale

Le syndicat ECIMA, regroupant plusieurs producteurs, défend et promeut les intérêts des fabricants. Il organise également des formations pour les artisans qui souhaitent devenir applicateurs. Le syndicat veille à la qualité des produits en ouate de cellulose mis sur le marché. Par ailleurs, la ouate de cellulose entre dans le champ de compétences de l'Association Syndicale des Industriels de l'Isolation Végétale (ASIV).

# Ouate de cellulose

## Matériaux

Un matériau très performant d'un point de vue de ses EGES, malgré la présence d'adjuvants

### Données clés

#### Sites de transformation :

*hors territoire - 7 usines en France*

#### Coopératives : hors territoire

#### Volume de production global

*hors territoire - 50 000 tonnes/an env.*

#### Volume moyen par producteur

*hors territoire ~ 10 000 tonnes/an env.*

#### Quantités mobilisées

*~ 7 kg/m<sup>2</sup> construit*

#### Aire géographique d'approvisionnement

*Pas de fabricant sur le territoire*

#### Coût de fabrication

*25 à 35€ / m<sup>2</sup> (fourniture + pose)*

#### Fabricants de matériaux

*hors territoire*

### La présence d'adjuvants, avec des conséquences discutées sur la santé humaine

Le papier recyclé est broyé en flocons puis les fibres de cellulose sont désolidarisées afin d'aboutir à un produit aéré, nécessitant peu d'énergie grise. Le matériau final se présente sous forme de particules fibreuses en général grises ou blanches.

La ouate nécessite l'ajout d'adjuvants fongiques et ignifuges (sels de bore ou sels d'ammonium). Les traitements garantissent sa résistance au feu et empêchent la formation de moisissure d'attirer les rongeurs. La composition moyenne est 80% de cellulose et moins de 20% d'adjuvants.

En 2011, le sel de bore est reconnu comme un produit à risque pour la santé humaine et remplacé par du sel d'ammonium. Suite à des plaintes (dégagements de vapeurs nocives par temps humide), ce dernier est interdit et le sel de bore réintégré (à hauteur de 5% maximum). Elle est classée A+ en termes de COV.

### Un produit disponible en vrac ou en panneaux semi-rigides

Une fois transformée, la ouate de cellulose est disponible sous deux formes :

- en vrac : 25 à 65 kg/m<sup>3</sup>
- en panneau semi-rigide : 70 à 90 kg/m<sup>3</sup>

### Des caractéristiques hygrothermiques intéressantes et de très bonnes performances environnementales

La ouate de cellulose est ouverte à la diffusion de la vapeur d'eau et constitue un bon régulateur hygrothermique. Ses propriétés physiques lui permettent de procurer un très bon confort d'été et acoustique :

- Conductivité thermique : 0,036 à 0,055 W/(m.K)
- Perméabilité à la vapeur : 1 à 2
- Déphasage thermique : 6h pour un R de 5m<sup>2</sup>.K/W
- Rw = 41 dB
- Tenue au feu : Classe B-s2, d0

Elle dispose également d'excellentes performances environnementales (émissions carbone négatives), associées à une bonne disponibilité de FDES développées par les fabricants et disponibles sur la base INIES. En fin de vie, la ouate de cellulose est recyclable à nouveau : elle peut être valorisée en ouate de cellulose ou en papier (le papier est recyclable jusqu'à 8 fois).

Données environnementales – émissions carbone

- Ouate insufflée : de -2,84 à 2,59 kg.CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>
- Ouate soufflée : -3,71 à 1,73 kg.CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>

Certaines ouates de cellulose disposent également du label ACERMI et/ou d'avis techniques du CSTB (ATEC).

### Techniques de mise en œuvre : panneaux et ouate de cellulose en vrac insufflée, soufflée ou projetée

La ouate de cellulose est utilisée en vrac ou sous forme de panneaux semi-rigides à base de ouate de cellulose.

Il existe trois techniques de mise en œuvre de la ouate de cellulose en vrac.

- **La ouate de cellulose insufflée**, utilisée pour l'isolation thermique et phonique des murs, des cloisons ou des planchers intermédiaires, toitures. Elle nécessite la création de caissons fermés avec un frein vapeur coté intérieur et une membrane ouverte à la diffusion de la vapeur d'eau à l'extérieur.
- **La ouate de cellulose soufflée** : utilisée pour isoler des surfaces horizontales ouvertes (combles non aménagés, plancher intermédiaire refermé).
- **La ouate de cellulose projetée**, surtout utilisée pour les murs en ossature bois, en raison du cloisonnement déjà présent. Elle peut également être utilisée en isolation par l'intérieur de murs anciens, en complément d'une ossature bois légère ou de rails placo. La ouate a l'avantage de combler les interstices et permet de « redresser » les murs anciens avec un faux aplomb. Le temps de séchage est de 1 à 3 mois, avant de pouvoir poser le parement. Cette technique semble peu développée en Normandie.



Ouate de cellulose  
Système constructif #1

## Isolation thermique de combles à base de ouate de cellulose en vrac *(par soufflage)*

Une isolation très performante et peu coûteuse encadrée par DTU



© alpes-ecomateriaux.fr

### Cadre technico-normatif à date

L'isolation thermique de comble à base de ouate de cellulose en vrac peut être visée par le NF DTU 45.11. Si celui-ci est respecté en tous points, ce procédé peut être reconnu en technique courante.

L'attention du lecteur est cependant attirée sur le fait qu'une vérification approfondie doit être menée pour que tous les autres ouvrages périphériques à l'isolation thermique de comble à base de ouate de cellulose en vrac, disposent bien eux-aussi, d'un référentiel reconnu en technique courante (Structure support, faux plafonds, etc...)

#### Données clés

##### Coût (Igloo France cellulose)

Fourniture : env. 0,65€/kg (soit 5,15€/m<sup>2</sup> pour 8kg/m<sup>2</sup>)

Pose : 9€/m<sup>2</sup> en soufflage de comble (R=7)

FDES : 3 Collectives

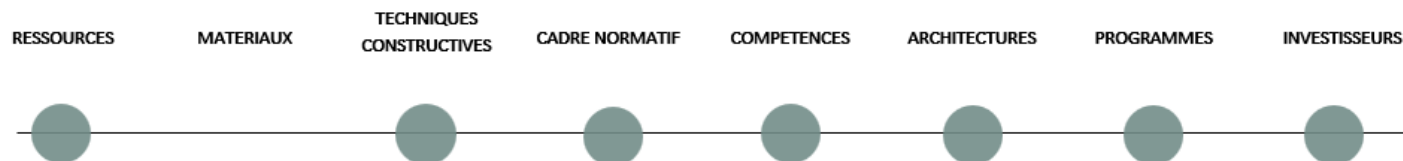
#### Synthèse du Cadre technico-normatif

##### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- NF DTU 45.11

##### Tests et essais performanciels

Voir le détail du Cadre technico-normatif.



# Isolation thermique de mur à base de ouate de cellulose en vrac *(par projection humide ou insufflée)*

## Des Avis techniques et un potentiel de développement



@ ECIMA

### Données clés

FDES : 2 Par défaut, 1 Collective, 10 Individuelles

Coût de la pose (Igloo France cellulose)  
Dans un MOB pour 145mm : 20€/m<sup>2</sup> env.

### Synthèse du Cadre technico-normatif

#### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- ATec 20/13-289\_V3
- ATec 20/13-299\_V2
- ATec 20/15-361\_V3
- ATec 20/17-401\_V3
- ATec 20/17-403\_V2
- ATec 20/18-411\_V2
- ATec 20/17-404\_V2

#### Tests et essais performanciels

Voir le détail du Cadre technico-normatif.

### Applications constructives

La ouate de cellulose insufflée est utilisée pour l'isolation thermique et phonique des murs, mais également des cloisons ou des planchers intermédiaires et toitures.

Elle nécessite la création de caissons fermés avec un frein vapeur coté intérieur et une membrane ouverte à la diffusion de la vapeur d'eau à l'extérieur.

### Cadre technico-normatif à date

A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel technique traditionnel visant ce procédé, mais il existe plusieurs Avis Techniques sur liste verte de la C2P sur le procédé d'isolation thermique de mur à base de ouate de cellulose en vrac, dont les références sont listées dans le cadre technico-normatif de synthèse. Dans la mesure où tous les points de cet Avis technique sont respectés, ce procédé peut être reconnu en technique courante.

Ces avis techniques sont destinés à l'isolation thermique de mur des locaux de type EA, EB, EB+ privatif à faible ou moyenne hygrométrie. Les types de bâtiments visés sont les bâtiments d'habitations individuelles ou collectives, les bâtiments à usage de bureaux et les bâtiments scolaires, hospitaliers, hôteliers, et autres établissements recevant du public ainsi que les locaux industriels et commerciaux.

Les supports visés sont uniquement les murs banchés de type IV conformément à la norme NF DTU 23.1 et les murs maçonnés de petits éléments de type IV conformément à la norme NF ENTU 20.1. Les murs des maisons à ossatures bois, conformes à la norme NF EDTU 31.2, sont également visés comme support.

La perspective de développement pour les régions Normandie et Île-de-France pourrait être de proposer un procédé équivalent en matériaux locaux, en faisant reconnaître celui-ci par une ATEX de cas A favorable, pour en permettre son emploi large.



# Isolation thermique de rampant à base de ouate de cellulose en vrac *(insufflée)*

## Des perspectives de développement



@ build-green.fr

### Données clefs

FDES : 1 Individuelle

### Synthèse du Cadre technico-normatif

Référentiels normatifs ou prénormatifs  
-DTA 20/20-457\_V1

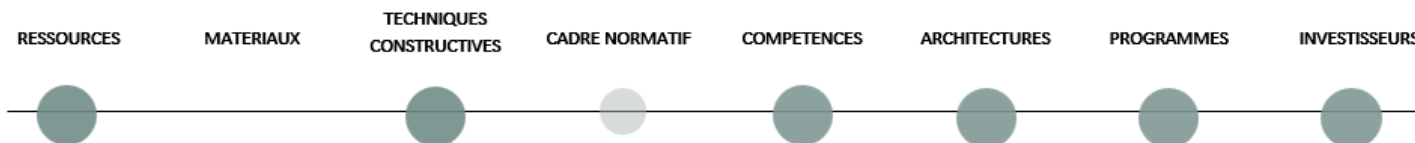
Tests et essais performanciels  
-Voir le détail du Cadre technico-normatif.

### Cadre technico-normatif à date

A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel technique traditionnel visant ce procédé, mais il existe un Document Technique d'Application sur liste verte de la C2P sur le procédé d'isolation thermique de rampant à base de ouate de cellulose en vrac, enregistré sous le numéro 20/20-457\_V1, auprès du CSTB. Dans la mesure où tous les points de ce Document Technique d'Application sont respectés, ce procédé peut être reconnu en technique courante.

Ce document technique est destiné à l'isolation thermique de rampant des locaux de type EA, EB, EB+ privatif à faible ou moyenne hygrométrie. Les types de bâtiments visés sont les logements individuels ou collectifs, les bâtiments recevant du code du travail et les établissements recevant du public dont le dernier plancher haut est : à moins de 8 mètres.

La perspective de développement pour les régions Normandie et Île-de-France pourrait être de proposer un procédé équivalent en matériaux locaux, en faisant reconnaître celui-ci par une ATEx de cas a favorable, pour en permettre son emploi large.



# Isolation en panneau à base de ouate de cellulose

*Un cadre normatif défavorable mais une technique simple et thermiquement performante*



© matériaux-naturels.fr

## Applications constructives

**Des panneaux souples et compressibles, pour un traitement efficace de l'isolation thermique et acoustique**

Les panneaux semi-rigides peuvent être utilisés en tant qu'isolation à part entière, complément d'isolation et isolation phonique. Peut-être mis en œuvre dans des cloisons, murs, planchers, plafonds et rampants. Les panneaux sont assez souples et compressibles, ce qui facilite le traitement des ponts thermiques.

## Cadre technico-normatif à date

A la date de réalisation du sourçage, il n'existe aucun référentiel technique visant un procédé d'isolation en panneau à base de ouate de cellulose. Ce procédé relève, ainsi à date, de la technique non courante.

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

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

### Données clés

FDES : 2 Par défaut, 1 Individuelle

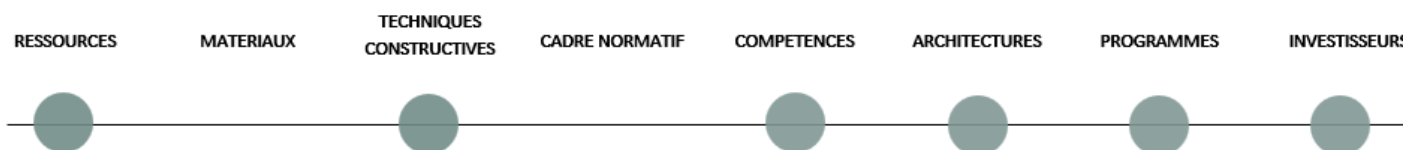
### Synthèse du Cadre technico-normatif

#### Référentiels normatifs ou prénormatifs

- *A la date de réalisation du sourçage, il n'existe pas de référentiel normatif ou prénormatif sur le procédé d'isolation en panneau à base de ouate de cellulose*

#### Tests et essais performanciels

*Voir le détail du Cadre technico-normatif*



## CORIOLI – ENPC Bâtiment Descartes – Marne-la-Vallée [77]

- MOA : ENPC
- MOE : Atelier Thierry Roche – Atelier LD, Enertech, Terre Eco, Cabut, Médiéco, Oasiis
- Année : 2013
- Coût : 13 M € HT
- Programme : bureaux, enseignement, amphithéâtre 400 places, laboratoires
- Mode constructif : structure béton, **MOB préfabriqué à remplissage ouate de cellulose en vrac**



CORIOLI – ENPC Bâtiment Descartes [77]

## Ecole élémentaire – Achères [78]

- MOA : Ville d'Achères
- MOE : Atelier Philippe Madec & associé, Scoping, ECSB, TRANS-FAIRE
- Année : 2022
- Coût : 4 200 000 € HT
- Programme : équipement éducatif (1653m<sup>2</sup>)
- Mode constructif : MOB remplissage botte de paille (36cm), laine de bois intérieure, toiture-terrasse accessible isolée en polystyrène expansé, **isolation des rampants en ouate de cellulose.**



Ecole élémentaire [78]

## Pôle culturel Brocéliande – Caen [14]

- MOA : SCI Les Acacias de France SOGOFIM
- MOE : Architecte DPLG BIENVENU ARCHITECTES scpa, SAS IBATEC, SARL BABIN
- Année : 2012
- Coût : 335 000 € HT (lot bois n°1)
- Programme : équipement culturel (1037m<sup>2</sup>)
- Mode constructif : panneau ossature bois, ITI ouate de cellulose



Pôle culturel Brocéliande [14] © BIENVENU



# Ouate de cellulose

## Architectures Logements

### Logements Le bois de la Taffarette – Ferrières en Brie (77)

- MOA : 3F
- MOE : Atelier Odile + Guzy, SIBAT
- Année : 2022
- Coût : 6 970 000 € HT
- Programme : logement social (40'18m²)
- Mode constructif : façades brique isolée par l'intérieur, brique porteuse, plancher béton isolé, isolation des combles par 45cm de ouate de cellulose

### Maison des années 60 rénoverée et surélevée – Louvigny (14)

- MOE : L'Archiviolette
- Année : 2015
- Coût : 119 750 € HT
- Programme : logement individuel (50m²)
- Mode constructif : panneau ossature bois, ITI ouate de cellulose, ITE laine de bois souple



Logements sociaux Le Bois de la Taffarette (77)



Maison des années 1960 rénoverée et surélevée (14)  
© L'Archiviolette

# Ouate de cellulose

# Architectures Bureaux

## Bureaux de la CRIIRAD – Valence [26]

- MOA : CRIIRAD
- MOE : AGC Concept, Enertech, BET Mathieu
- Année : 2013
- Coût : 700 000 € HT
- Programme : bureaux
- Mode constructif : ossature bois porteuse, murs en caisson bois/paille, sol sur TP 20cm PSE Th29, **isolation des combles** par 50cm de ouate de cellulose

## Bâtiment d'exploitation de la station d'épuration – Aubevoye [27]

- MOA : Communauté de Communes Eure-Madrie-Seine
- MOE : SOGETI ARCHITECTES, Groupe 3 Architectes, AR ARCHITECTES
- Année : 2015
- Coût : 1 800 000 € HT
- Programme : lieu d'entreprise (710m<sup>2</sup>)
- Mode constructif : structure / charpente / revêtement / menuiserie bois, ITI laine de chanvre, ITE ouate de cellulose



Bâtiment d'exploitation [27]  
© AR ARCHITECTES



Bureaux de la CRIIRAD [26]

### **Atouts**

- Une ressource abondante sur le territoire
- Un cadre-normatif existant pour des applications diverses (mur, toiture...) mais parfois sur des typologies spécifiques (2<sup>nd</sup> famille en toitures)
- Des entreprises de mise en œuvre formées

### **Verrous**

- Pas de fabrication du matériau sur le territoire

### **Leviers d'action opérationnels**

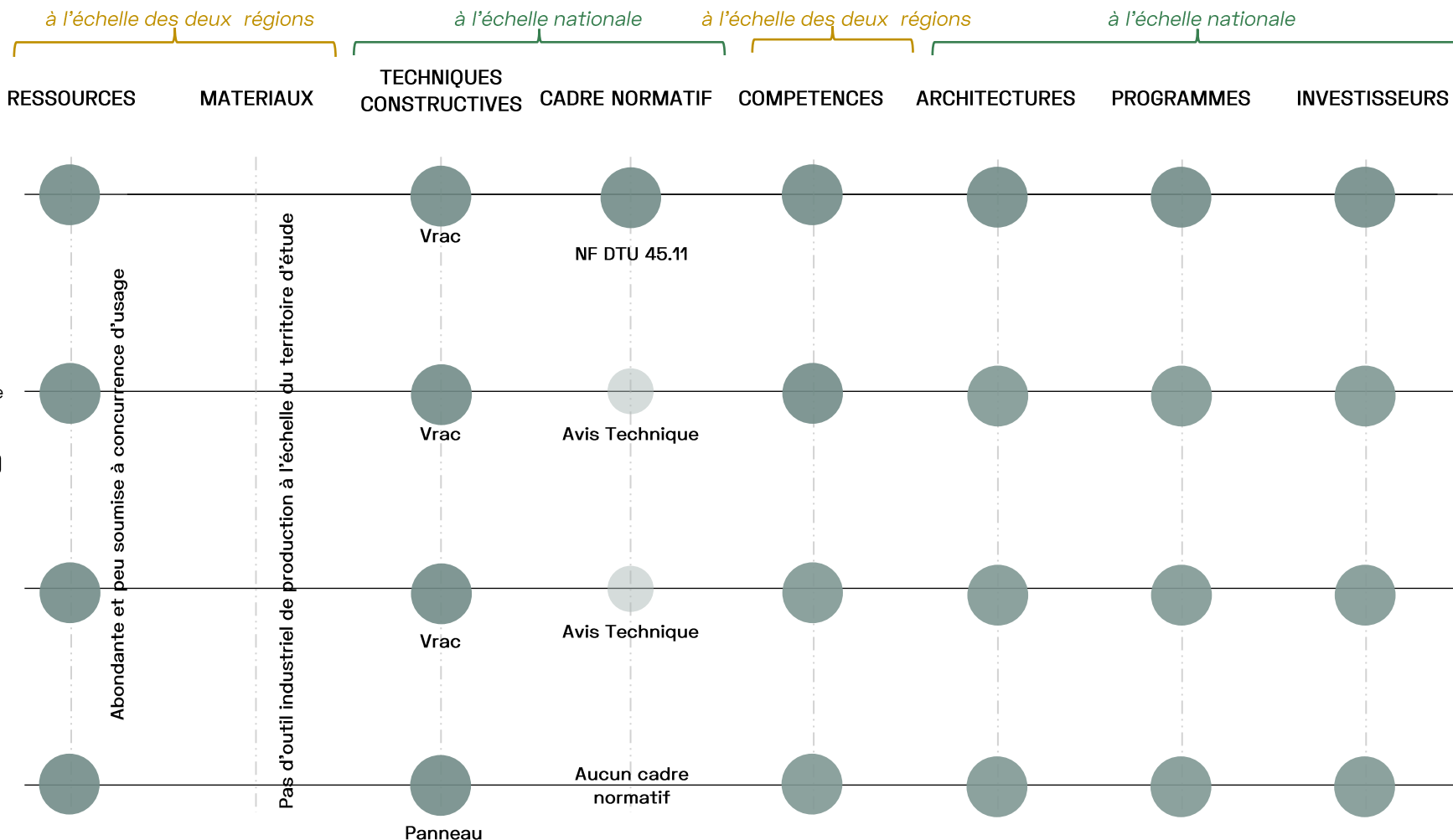
- Accompagner l'implantation d'un outil de production industriel sur le territoire (AMI... )

### **Pistes de développement à long terme**

- Accompagner le développement de prescriptions sur le neuf, le marché de la ouate de cellulose étant aujourd'hui très majoritairement dédié à la rénovation

# Ouate de cellulose

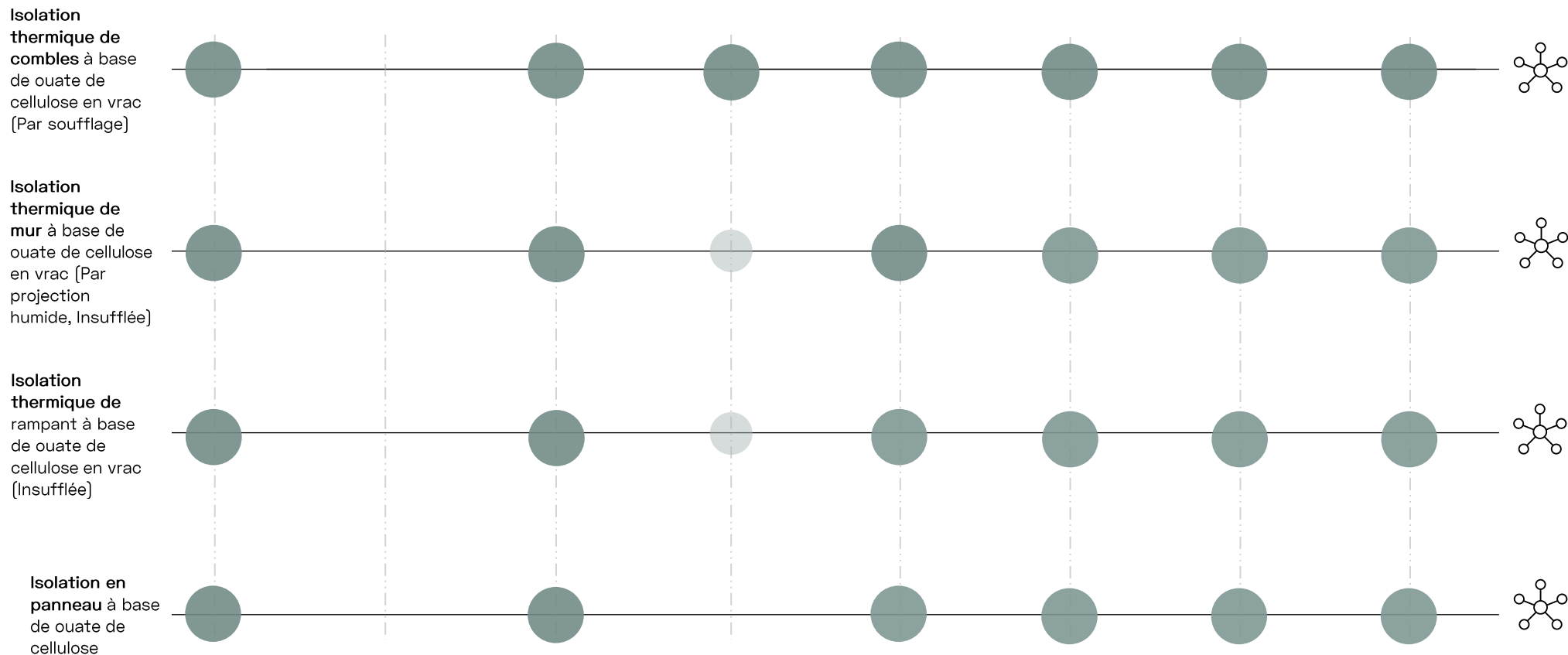
## Matrice de synthèse



# Ouate de cellulose

## Matrice de synthèse

RESSOURCES    MATERIAUX    TECHNIQUES CONSTRUCTIVES    CADRE NORMATIF    COMPETENCES    ARCHITECTURES    PROGRAMMES    INVESTISSEURS





### **Bibliographie**

- *Les filières des matériaux de construction biosourcés, Enjeux & perspectives* – Institut Paris Région (2021)
- *Etude sur le secteur et les filières de production des matériaux et produits biosourcés utilisés dans la construction, état des lieux économiques du secteur des filières* – Nomadéis (2017)
- *Guide des éco matériaux pour l'immobilier* – Observation de l'Immobilier Durable (2021)
- *Matériaux biosourcés produits et/ou utilisés en Basse-Normandie* – Région Basse-Normandie (2012)
- *Le guide des éco-matériaux normands* – ARPE Normandie (2020)
- *Les filières franciliennes des matériaux et produits biosourcés pour la construction* – ARENE (2014)