# L'évolution de l'image du matériau paille dans la construction contemporaine de l'habitat

Sara Fatemi

▶ **To cite this version:**

Sara Fatemi. L'évolution de l'image du matériau paille dans la construction contemporaine de l'habitat. Architecture, aménagement de l'espace. 2014. dumas-01227904

**HAL Id: dumas-01227904**

**https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01227904v1**

Submitted on 12 Nov 2015

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

# Mémoire de séminaire : conditions de consultation

**Ce document est protégé par le droit d'auteur (art. L. 112-1 du Code de la propriété intellectuelle).**

**L'auteur du document accorde les droits d'usages suivant :**

| | OUI | NON |
|---|---|---|
| **Consultation sur place** | ✔ | ☐ |
| **Impression** | ✔ | ☐ |
| **Diffusion Intranet** | ✔ | ☐ |
| **Diffusion Internet** | ✔ | ☐ |
| **Exposition** | ✔ | ☐ |
| **Publication non commerciale** | ✔ | ☐ |

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

École nationale supérieure d'architecture de Toulouse _83 rue Aristide-Maillol _BP 10629 _31106 Toulouse cedex 1
Tél. : 33 (0)5 62 11 50 50 _Fax : 33 (0)5 62 11 50 99 _Courriel : ensa@toulouse.archi.fr _Site : www.toulouse.archi.fr

Établissement public décret 81.333 du 6-4-81 _N° siret : 193 101 508/00011 _Code ape : 9215

# L’Évolution de l’image du matériau paille dans la construction contemporaine de l’habitat

## Environnement, Paysage et Architecture ENSA Toulouse


Présenté par :

**Sara FATEMI**

Encadré par :

**Frédéric BONNEAUD**


Juin2014


ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

# Résumé

Cette étude porte sur la question de l évolution de l'image de la paille dans la construction contemporaine en s'appuyant sur l'exemple de la terre. Cette démarche a pour objectif de se rendre compte des mécanismes qui ont changé des mentalités et des attitudes vers de nouvelles méthodes de construction, utilisant cette ressource naturelle, afin de les transposer prochainement pour le matériau paille.

Elle expose dans un premier temps les avantages qu'offre ces modes de construction en traversant un aspect technique (différentes méthodes de construction, ainsi que les similitude et les distinctions qu'il peut exister entre les deux type de matériaux), puis un aspect plus concret : à travers des entretiens et des recherches pour établir un bilan du regard que porte le grand public sur ces types de constructions. De plus cette étude a pour objectif de répertorier les enjeux concernant ces filières, déterminer les éléments développant ces filières, exposer un portrait de ce qui se fait aujourd'hui en France et dégager une vision prospective pour la promotion de ce matériau.

Mots-clés : construction paille, construction terre, auto-construction, environnement, évolution, aspect technique, entretien, ressource naturelle

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

# Remerciements

En premier lieu, je tiens à remercier Monsieur Frédéric BONNEAUD, enseignant à l'ENSA Toulouse pour avoir suivi et encadré cette étude. Je tiens à le remercier pour sa collaboration, son aide précieuse ainsi que pour toutes les remarques et discussions constructives qui m'ont permis de progresser dans ce travail de recherche.

Je remercie aussi M. Luc FLOISSAC, intervenant à l'ENSA Toulouse, spécialisé en architecture et qualité environnementale, pour son aide dans la recherche de projets.

Merci aux enseignants, membres du séminaire « Architecture, environnement et paysage », pour leur suivi et leur apport tout au long du semestre.
Enfin je souhaite remercier les personnes qui m'ont accueillies et ont partagé leurs expériences : la famille Mohtashami et Monsieur Matthieu Hauvuy, responsable des Services Généraux chez « Ecocert ».

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

# Sommaire

1. Introduction ..... 6
2. Problématique ..... 9
3. Méthode de travail ..... 10
3.1. Étape 1 : Recherches bibliographiques et entretiens préliminaires afin de cerner les enjeux de l'étude. ..... 10
3.1.1. Phase A : comparaison les différents points de deux matériaux (Terre/Paille) ..... 10
3.1.2. Phase B : découverte des techniques pailles et des techniques terre ..... 10
3.1.3. Phase C : logique de promotion contemporaine du matériau terre en France ..... 10
3.1.4. Phase D : facteurs déclencheurs de quelques constructions contemporaines en paille. 11
3.2. Étape 2 : Synthèse des entretiens préliminaires ..... 11
3.3. Étape 3 : Analyse des entretiens ..... 11
4. Résultats de l'étude ..... 12
4.1.1. Phase A : comparaison les différents points de deux matériaux (terre /paille) ..... 12
4.1.2. Phase B : découverte des technique pailles et des techniques terre ..... 15
4.1.3. Phase C :Logique de promotion contemporaine du matériau terre en France ..... 21
4.1.4. Phase D : Facteurs déclencheurs de quelque construction contemporaine en paille : ... 25
4.1.4.1.Analyse: ..... 46
4.1.4.2.Les Enjeux: ..... 49
5. Les propositions pour structurer l'approvisionnement d'une filière paille pour l'Eco-construction : ..... 51
5.1. La sensibilisation des agriculteurs : ..... 51
5.2. La sensibilisation des artisans et des professionnels : ..... 51
5.3. Etablir une relation entre les agriculteurs et les artisans : ..... 52
5.4. Structurer l'approvisionnement : ..... 52
5.5. Stockage : ..... 53
5.6. La sensibilisation des acteurs publics : (commande public) ..... 53
5.7. Recensement des bâtiments : ..... 54
6. Conclusion : ..... 55
Bibliographie: ..... 57

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

# Table de figure

Figure 1: le bâtiment dans son environnement (vue sud) ..... 29
Figure 2: Vue nord ..... 29
Figure 3: Vue ouest ..... 29
Figure 5: système poteaux/poutre ..... 31
Figure 6: Remplissage de caisson avec de la paille ..... 31
Figure 7: Murs chauffants ..... 31
Figure 8: Caisson en bois ..... 31
Figure 9: Plan du niveau RDC ..... 32
Figure 10: Plan du niveau 1 ..... 32
Figure 11: Plan du niveau 2 ..... 32
Figure 12: Plan du niveau 3 ..... 32
Figure 13: l'espèce bureaux ..... 35
Figure 14: l'espace bureaux ..... 35
Figure 15: Colonne centrale (espace café ..... 35
Figure 16: Vue dégagé vers les champs ..... 37
Figure 17: Vue de la maison ..... 38
Figure 18: Vue nord ouest ..... 38
Figure 19: Vue su ..... 38
Figure 20: Pose l'ossature ..... 39
Figure 21: La paille comme isolant ..... 40
Figure 22: Enduit cote extérieur ..... 40
Figure 23: Mur capteur en pise ..... 40
Figure 24: Mur chauffant ..... 40
Figure 25: Plan RDC ..... 41
Figure 26: Leséjour ..... 43
Figure 27: Le séjour ..... 44
Figure 28: La mezzanine ..... 44
Figure 29: Mur capteur en pise ..... 44

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

# 1. Introduction

Ce travail de recherche porte sur la question actuelle de la réception des constructions en paille.

Avant tout il me semble important de regarder l'histoire de l'usage de la botte de paille dans la construction.

La construction en paille est née aux Etats-Unis vers 1800. Elle y concerne des maisons individuelles, des églises, des écoles... Beaucoup de ces constructions étaient conçues pour servir de logements temporaires. Nombre de ces bâtiments sont encore utilisés et toujours en bon état. Ils ont acquis rapidement le statut de logements permanents.

Dans la majorité des cas, les bottes de paille y assurent à elles seules la structure, l'isolation thermique et le support d'enduit (cette technique de construction américaine est appelée technique Nebraska).

Alors que la construction en paille connaissait une passion grandissant aux Etats-Unis et au Canada, elle est arrivée tardivement en Europe.

En France, des bâtiments industriels et des logements ont été réalisés en bottes de paille dans les années 1920. L'exemple le plus connu est la maison «Feuillette» construite en 1921 à Montargis, constituée d'une structure porteuse en bois R+1 et d'un remplissage en bottes de paille.

En France, les logements en bottes de paille ont été construits le plus souvent par des auto-constructeurs.

D'évidence, la construction en bottes de paille contemporaine concerne la réalisation de bâtiments de toute taille. Associée ou non à une structure porteuse en bois, métallique ou en béton, elle couvre aujourd'hui aussi bien la maison individuelle, l'immeuble à étages, les locaux de bureaux, les hangars industriels ou agricoles. Par ailleurs, elle est utilisée pour l'isolation thermique en réhabilitation.

Pourquoi assiste-t-on aujourd'hui à un tel renouveau de la construction en paille?

La construction en paille présente de grands avantages :

La valorisation d'un coproduit de l'agriculture, l'utilisation d'un matériau ayant un pouvoir isolant important ainsi que l'utilisation d'une ressource locale.

La construction en paille répond de multiples manières à la problématique énergétique : tout en offrant une isolation thermique de bonne qualité, elle participe pleinement au bien-être des habitants

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

qui vivent entre ses murs. La paille est un matériau sain, qui ne diffuse aucune particule allergène ou cancérigène. Les avantages des matériaux paille sont convaincants, la paille est disponible localement presque partout dans le monde et sa production ne demande que très peu d'énergie.

Il s'agit d'un sous-produit d'une ressource renouvelable, elle est entièrement biodégradable et son utilisation contribue à la protection de l'environnement. La botte de paille est par ailleurs un matériau économique et relativement facile à mettre en œuvre, avec des outils simples. Un autre avantage de la construction en paille est qu'elle offre des espaces d'échanges sociaux en permettant aux futurs habitants de participer aux travaux. De ce point de vue, et grâce aussi au cout modéré du matériau, la construction en paille répond bien aux exigences d'un habitat économique, individuel et sociabilisant. Autre avantage, elle laisse libre cours à la créativité de chacun. En effet selon la technique utilisée, elle permettra la réalisation de formes arrondies, la création de niches ou autres sculptures dans l'épaisseur du mur. La construction en paille permet à des personnes inexpérimentées de prendre part à la construction et de contribuer à donner forme à leur propre maison. La possibilité de réaliser soi-même une partie des travaux, en auto construction, entraine également une diminution des couts.

D'une part, la conception du bâtiment à construire ou à rénover est fondamentale. Il semble en effet que l'intérêt pour des constructions écologiques soit en plein développement. Construire écologique c'est tout d'abord tenir compte de l'usage du bâtiment et du milieu dans lequel il va être implanté.

D'autre part, d'un point de vue technique, la construction écologique privilégie l'utilisation de matériaux bruts, proches de leur état naturel. Ils sont issus prioritairement de matières premières renouvelables et locales afin de ne pas générer de transports inutiles. Ces matériaux sont de préférence crus (terre crue, bois massif, fibres végétales brutes (paille)...) ce qui permet d'économiser l'énergie de cuisson, et surtout de profiter de leurs qualités respirantes qui offrent un confort thermique et hygrothermique largement reconnu.

Les principales caractéristiques de la paille et le contexte règlementaire et normatif applicable à ce matériau, les conditions techniques et économiques de son utilisation dans la construction ainsi que les différentes techniques de construction en paille (comme élément porteur, comme remplissage, en isolant d'ossatures et de structures diverses), en isolation par l'extérieur, ou par l'intérieur ont déjà étaient développé dans plusieurs ouvrages. C'est la raison pour laquelle nous souhaitons orienter ce

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

travail sur une approche plus rationnelle, à l'échelle de l'usager et du concepteur afin de comprendre leurs manières de voir et de vivre ce genre de constructions, ainsi que les différents éléments qui pourraient déclencher l'adhésion de professionnels et les mécanismes qui aides à la décision de construction en paille.

Ce travail tout d'abord a pour objectif de mettre en avant l'image de la paille dans la société, tout en repérant les expériences françaises de structuration de filière paille, répertorier les différents enjeux de développement de cette filière, déterminer les scénarios et leviers d'actions pour développer la filière paille en région, autrement dit : l'évolution de l'image du matériau paille dans la construction contemporaine de l'habitat.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

# 2. Problématique

Nous assistons actuellement en France à un rapide changement des mentalités et des attitudes à l'égard des architectures et des méthodes nouvelles de construction utilisant les ressources d'un matériau millénaire : la terre crue

Ce matériau, utilisé depuis onze millénaires, reste aujourd'hui le matériau de construction le plus répandu à travers le monde.

A cet égard, l'année 1982 apparait déjà comme celle d'une évolution décisive, d'un tournant très important dans l'évolution de la situation en France.

Depuis cette année, la reconnaissance du matériau terre, a été ouverte afin de répondre aux défis liés à l'environnement, à la diversité culturelle et à la lutte contre la pauvreté. Cette perspective, a pour objectifs de:

- mieux utiliser les ressources locales, humaines et naturelles.
- améliorer l'habitat et les conditions de vie.
- valoriser la diversité culturelle.

Il me semble important que les professionnels et le public aient une bonne connaissance de l'histoire des architectures en terre, des divers aspects culturels, des traditions savantes populaires dans ce domaine et de leurs spécificités régionales ou nationales afin de se rendre compte des mécanismes qui ont récemment changé radicalement l'image du matériau terre, on peut alors se demander si il serait possible de l'appliquer au matériau paille ?

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

# 3. Méthode de travail

## 3.1. Étape 1 : Recherches bibliographiques et entretiens préliminaires afin de cerner les enjeux de l'étude.

### 3.1.1. Phase A : comparaison les différents points de deux matériaux (Terre/Paille)

Réflexion personnelle pour justifier la pertinence de cette position de vouloir transposer une expérience du matériau terre vers une évolution possible du matériau paille. Dans cette phase, il s'agira de comparer les différents points de comparaison de ces deux matériaux mais aussi de rappeler leurs différences. Cette réflexion permettra d'indiquer, au final, les limites de cette comparaison entre deux matériaux.

Résultats escomptés : faire une liste de points semblables (très faibles impacts environnementaux et énergétiques (faible transformation), matériaux bio-sourcés, ressources locales, produits issus du monde rural...) et points non comparables (procédés de construction de l'habitat vernaculaire, techniques terre = lourde, inertie, faible hauteur, humide, ...).

### 3.1.2. Phase B : découverte des techniques pailles et des techniques terre

Avant tout il me semble important de réaliser une étude bibliographie sur les ouvrages disponibles à la bibliothèque de l'école. Les techniques de constructions en botte de paille ainsi que le terre ont déjà été abordées et approfondies dans plusieurs ouvrages et recherches. Les divers aspects techniques et règlementaires de constructions en paille ont été détaillés dans « la construction en paille », ainsi que « Règles professionnelles de construction en paille ».
Résultats escomptés : présentation rapide de différentes techniques avec leurs avantages et inconvénients

### 3.1.3. Phase C : logique de promotion contemporaine du matériau terre en France

Ensuite, réaliser une étude bibliographique sur l'architecture de terre ainsi que l'actualité de la construction de terre en France me parait fondamentale afin d'apercevoir les démarches qui ont mise en avant la revalorisation des constructions en terre dans le but de changer les mentalités des

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

professionnels et particuliers en mettant en avant les nouvelles politiques ainsi que des méthodes de constructions.

Résultats escomptés : liste et description des différents leviers utilisés récemment dans le contexte français pour promouvoir des procédés de construction en terre.

### 3.1.4. Phase D : facteurs déclencheurs de quelques constructions contemporaines en paille

Justification de différentes études de cas (la maison individuelle et l'équipement) : (variété de programme ? Proximité géographique ? Proximité linguistique ? ...)

Ensuite justifier le choix d'une méthode d'entretiens ouverts : explicitation du choix de 3 thèmes qui orientent les entretiens.

Résultats escomptés : présentation rapide des études de cas retenues + liste de thèmes et leurs sous-thèmes qui caractérisent les envies de se lancer dans la construction d'une habitation en paille.

## 3.2. Étape 2 : Synthèse des entretiens préliminaires

Synthèse des entretiens : que pouvons-nous retirer des propos recueillis et qu'est-ce qui n'a pas été dit ou révélé ?

Synthèse des premiers entretiens et repérage des enjeux de la filière paille en région. Ensuite classement de ces enjeux par ordre prioritaire : enjeux économique, de mise en œuvre, sociaux et environnementaux.

Résultats escomptés : parmi les thèmes et sous-thème, quels sont ceux explicités par les maitres d'ouvrages d'une manière systématique, régulière, hasardeuse, ou bien peu ou jamais abordés.

## 3.3. Étape 3 : Analyse des entretiens

Dégager une vision prospective pour la promotion contemporaine du matériau paille dans notre région. Il s'agit de synthétiser des entretiens puis analyser par thème (économie, mise en œuvre, social et environnement). Cette analyse a permise de dégager différents enjeux autour de la structuration de la filière paille et de dégager différentes pistes d'actions pour poursuivre le travail de structuration.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Résultats escomptés : vers une hiérarchie d'actions à entreprendre, dans la limite de notre étude (très faibles échantillons de bâtiments visités, de personnes interrogées...).

# 4. Résultats de l'étude

## 4.1 Étape 1 : Recherches bibliographiques et entretiens préliminaires afin de cerner les enjeux de l'étude.

### 4.1.1. Phase A : comparaison les différents points de deux matériaux (terre /paille)

Cette phase sert à définir les similitudes ainsi que les distinctions qu'il peut exister entre les deux types de matériaux : la paille et la terre.

Aspect écologique de la terre, énergie grise limitée, peu de transformations, matériau local, recyclable et non toxique, rendre ce matériau compatible avec le matériau paille.

Qualités techniques: la résistance au feu, la capacité d'absorption des odeurs et des bruits, le confort thermique et sanitaire lié à la régulation de l'hygrométrie et l'accessibilité au grand public, sont des points semblables des deux matériaux.

La terre a été utilisée dans la construction depuis des temps très anciens et reste encore aujourd'hui l'un des matériaux les plus répandus. Elle a été plus au moins délaissée et progressivement abandonnée au profit de matériaux dits « modernes », en particulier le parpaing sous prétexte d'une durabilité moindre. Aujourd'hui en raison de la montée alarmante de la pollution, les enjeux écologiques nous interpellent afin d'utiliser davantage de matériaux sains et renouvelables pour limiter la consommation d'énergie. Pour se faire, nous privilégions les matériaux naturels et renouvelables dont les répercussions écologiques sont moindres.

La terre crue est sans doute le matériau de construction le plus écologique qui soit : disponible localement, cout extrêmement réduit et confort souvent inégalable, à condition de savoir la mettre en œuvre. Elle offre l'un des plus faible impact environnemental car elle est disponible régionalement et ne nécessite qu'une faible transformation : pas de cuisson ni d'apport chimique. Il suffit, en gros, de la ramasser, la modeler à la main, la mettre dans un moule ou un coffrage. Donc quasiment pas d'énergie ni pour son transport, ni pour sa mise en œuvre.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Evidemment, la terre est complètement renouvelable et recyclable. On est proche de zéro en terme d'empreinte écologique. Ainsi la paille, est un matériau disponible localement, son bilan écologique est excellent, et il est susceptible de répondre aux plus hautes exigences en matière d'isolation thermique (s'il est correctement mis en œuvre). Il contribue à créer un lieu de vie confortable et sain. Les constructions en paille ne sont pas plus couteuses que celles réalisées avec les matériaux traditionnels. En outre, la mise en œuvre est simple, ce qui favorise largement l'auto-construction. Elle répond à la nécessité de construire des bâtiments passifs ou à énergie positive, écologiques et économes en énergie grise.

Ces faibles impact environnementaux, permettent non seulement l'intégration respectueuse du bâtiment dans son environnement, mais accroit considérablement le confort intérieur tout en réduisant la consommation d'énergie. L'autre avantage principal de ces matériaux concerne l'aspect économique de ces derniers, ce sont des techniques qui ne demandent pas beaucoup d'investissement. Cette prise en compte est indispensable puisque le secteur du bâtiment reste un gros consommateur d'énergie et surtout un des secteurs les plus polluants à l'échelle de la planète.

**L'aspect technique** :

La terre crue est un matériau à forte inertie thermique. L'inertie thermique est la capacité d'un corps, matériau, à stocker de la chaleur. L'objectif de l'inertie thermique d'une paroi est de restituer la chaleur ou la fraicheur stockée en décalage avec les variations thermiques en dehors et dans le bâtiment. C'est donc une façon d'utiliser l'énergie thermique de manière plus efficiente. Quand l'inertie d'un bâtiment est forte, il se réchauffe et se refroidit lentement. Lors des périodes de surchauffe (comme en été), l'inertie du bâtiment est une source de confort qui permet de maintenir des températures fraiches à l'intérieur. On bénéficie alors d'une réserve de fraicheur pour les heures ensoleillées. De la même manière, l'énergie du chauffage en hiver ou des apports solaires sont stockées dans les murs. Par contre, la construction en paille consiste à une faible inertie thermique (problème de surchauffe en été et peu de stockage de chaleur en hiver), la construction en paille pourra être complétée par une dalle en béton ou un mur de masse pour améliorer l'inertie du bâtiment.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

**Procédés de construction de l'habitat vernaculaire** :

Depuis toujours, l'homme fait confiance à la terre crue comme matériau de construction, pour une simple raison: la terre est une matière première naturelle et sa transformation en matériau de construction de qualité s'obtient sans grande dépense énergétique et sans aucun processus chimique. C'est un matériau utilisé depuis des millénaires et sur tous les continents. Les techniques ancestrales et vernaculaires de construction en terre crue ont déjà fait l'objet de recherches poussées.

Aujourd'hui, un tiers de la population mondiale vit dans un habitat en terre. Le succès de ce mode de construction s'explique par la disponibilité de la matière première. Matériau bio-source, universel, abondant et facilement accessible, il est doté d'atouts écologiques et économiques indéniables. Il présente également l'avantage de pouvoir être mis en œuvre de manière extrêmement diversifiée (briques, torchis appliqué sur une armature en bois, pisé, bauge, etc.) offrant ainsi une grande palette de possibilités aussi bien architectoniques qu'esthétiques. Cette polyvalence de la terre à bâtir lui permet d'être employée dans des contextes variés (ruraux ou urbains).

Par contre, la construction en paille est arrivée tardivement en Europe. Dans les années 1920, une publication démontre au public la pertinence de la mise en œuvre de ce matériau dans le bâtiment. Mais à la suite de la première guerre, l'état Français mise sur l'industrialisation de la construction, donc les savoir-faire des bâtisseurs commencent alors malheureusement à se dévaloriser. Mais la construction en bottes de paille redémarre en France dans les années 1980.

Actuellement, l'association, (Réseau Français de Construction en Paille) estime le nombre de maisons en paille en France à environ 3000 réalisations comportant maisons individuelles, habitats collectifs et ERP (établissement recevant du public).

Plus de 150 artisans, architectes, bureaux d'études et plusieurs PME (type scope) se sont spécialisés dans ce type de construction. La construction en bottes de paille est surtout réalisée en auto-construction. Pour autant, la construction en paille n'était toujours pas reconnue officiellement en France. Depuis le 1er janvier 2012, la botte de paille s'est fait une place au milieu des matériaux reconnus dans le monde du bâtiment.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

### 4.1.2. Phase B : découverte des technique pailles et des techniques terre

Découverte des techniques de mise en œuvre de paille ainsi que la terre : Présentation rapide des différentes techniques avec leurs avantages et inconvénients

Présentation rapide de différentes techniques avec leurs avantages et inconvénients :

**Paille porteuse :**

La plus ancienne des techniques de construction avec de la paille, mais aussi la plus simple et la plus économique. La construction en bottes de paille porteuse a démarré au Nebraska (Etats-Unis d'Amérique) à la fin du XIX ème siècle. Dans ce système constructif, la paille assure à la fois un rôle structurel et un rôle d'isolant thermique. Avec cette technique, les bottes sont simplement empilées les unes sur les autres comme pour un mur de briques, reliées entre elles par des bois fichés verticalement dans la paille. Les bottes sont compressées entre la lisse basse et la lisse haute, afin de réduire les tassements.

Les évolutions contemporaines de ce système constructif sont à la fois liées à l'évolution des besoins, à l'émergence de nouveau types de bottes de paille et à l'évolution des moyens techniques. L'avantage de ce système constructif est qu'il nécessite peu d'outils et des machines pour la mise en œuvre. De plus, cela favorise la gestion de l'étanchéité à l'air. Par contre cela crée des contraintes au niveau de la forme architecturale ainsi que la conception. Cette technique ne permet pas d'avoir plus d'un étage et est plutôt réservée à de petites pièces ou bien des habitations de plein pied avec très peu d'ouverture.

**Technique hybride : paille porteuse et structures de complément**

Dans ce système constructif, la paille assure totalement ou partiellement des fonctions structurelles. Les enduits sont généralement appliqués sur les deux faces des bottes de paille et participent au contreventement. La vitesse de construction des bâtiments est considérable. Ce mode de construction favorise une liberté au niveau de la conception architecturale (des formes plus ou moins libre en profitant des ouvertures parfois généreuses).

**Technique Greb : Collaboration paille/structure/enduit**

Dans ce système constructif, la paille, n'est utilisée qu'en remplissage mais sert de support et arme les enduits qui contribuent au contreventement de l'ouvrage. L'originalité de cette technique réside

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

dans sa mise en œuvre aisée, parfaitement adaptée pour les auto-constructeurs en utilisant des bois de faibles sections ainsi que des coffrages de petites dimensions.

Les ouvertures et les zones de surcharge sont renforcées par des poteaux doubles (colonne d'appui) et par plusieurs linteaux accolés. C'est une technique simple, facile à mettre en œuvre. Elle est particulièrement adaptée à des personnes qui ont envie de construire la structure d'un bâtiment sans avoir de compétences particulières, donc elle ne nécessite pas nécessairement l'intervention de professionnels. De plus c'est le système le plus répandu et le plus formalisé dans ce domaine. La technique du GREB offre :

- une grande flexibilité (formes libres, design particulier).
- un coût de réalisation réduit.
- une facilité et une rapidité d'intervention et la mise en œuvre légère.
- une approvisionnement simplifié.
- une facilité relative de la gestion de l'étanchéité à l'air.

Cependant cette technique ne permet pas d'avoir des grandes constructions, elle consiste à réaliser des bâtiments en plein pied ou bien R+1.

**La paille en caisson :**

L'utilisation de caisson pour réaliser des remplissages en paille est généralement employée dans un système de préfabrication de parois en atelier. Ces caissons peuvent jouer un rôle structurel ou non, peuvent être livrés vides, ou pré-remplis, selon les choix du maitre d'œuvre.

Cette technique, selon le lieu de réalisation, (en atelier, ou sur le site), offre des multitudes d'avantage et des inconvénients. En cas de réalisation en atelier, l'avantage est de profiter d'un espace de mise en œuvre couvert et fermé, mais il nécessite une aire de stockage intermédiaire. De plus, une fois que les caissons sont fermés ou bien remplis, il existe des difficultés au niveau de fixation.

La réalisation des caissons sur chantier, favorise la manutention, facilite la fixation lorsque les caissons sont ouverts et vides. Cependant elle nécessite un espace fonctionnel et abrité afin de protéger la paille contre les intempéries.

Cette technique comprend différentes manières de mettre en œuvre : caisson porteur, caisson secs sur structure, et caisson enduits sur structure.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

### Caisson porteur :

La fabrication des caissons porteurs est généralement réalisée en atelier. Ils sont livrés fermés sauf si leur assemblage est plus facile en les laissant ouverts. Les parements participent au contreventement de l'ouvrage. Ce système offre une grande flexibilité au niveau de la forme architecturale, donc des formes libres. La hauteur du bâtiment peut atteindre R+3.

### Caisson sec sur structures :

Dans ce système constructif, la paille est considérée comme un remplissage isolant qui est rapporté contre la structure. Les caissons sont préfabriqués en atelier ou sur place. Leurs montants sont dimensionnés afin d'assurer leur rigidité. Ces caissons participent au contreventement de l'édifice.

### Caisson enduit sur structures :

Dans ce système constructif comme celui précèdent, la paille est un remplissage isolant. Sauf que l'une ou parfois les deux faces des caissons sont enduites avant la pose. L'intérêt de cette approche consiste à profiter des avantages des enduits (lorsqu'ils sont placés côté intérieur) en termes de confort acoustique et thermique.

Cette technique favorise la rapidité d'intervention, minimise des apports d'humidité sur le site, établit un bon confort acoustique dû aux assemblages paille/enduit ainsi qu'un confort thermique lié à une forte inertie.

### La paille en remplissage : Remplissage d'ossatures porteuses

Dans ce système constructif, la paille est utilisée en remplissage isolant d'ossatures qui assurent la totalité des fonctions structurelles de l'ouvrage. Dans ce système, les dimensions des espacements (entraxes) de l'ossature sont définies par les dimensions des bottes de paille, ainsi la dimension des ossatures est adaptée aux besoins du projet. L'avantage de ce mode de construction est que le système constructif bois est bien maitrisé par de nombreuses entreprises ce qui établit une indépendance entre la mise en œuvre de la structure et celle de la paille. La maison Feuillette, elle est probablement la plus ancienne construction au monde réalisée en ossature bois avec du remplissage en bottes de paille. Ce système offre une liberté au niveau de la forme architecturale et la structure peut monter jusqu'à R+3.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

**Remplissage périphérique à la structure :**

Dans ce système constructif, comme celui précédent, la paille assure une fonction d'isolation périphérique, rapporté contre la structure qui garantit la totalité des fonctions structurelles de l'édifice. Ce système offre les mêmes avantages que le système précèdent, il est bien adapté à la réhabilitation et au bâtiment neuf. Il favorise la rapidité d'intervention. Cependant il nécessite de prévoir une ossature de complément à la structure. Ce qui établit une contrainte au niveau de la gestion des interfaces entre la structure et l'enveloppe de l'isolation. De plus le coût de construction est plus élevé qu'avec une ossature structurelle (pour des petits bâtiments).

**Remplissage avec de la paille en vrac ou en béton :**

Dans ce système, la paille n'assure que le remplissage isolant et elle n'a pas de fonction porteuse. Il y a différentes catégories de préparations :
-voie sèche en remplissage fermés avec de la paillette en vrac
-voie humide sous forme de béton végétal coulé entre des banches
Ce système est aussi bien adapté à la réhabilitation, favorise une excellent confort thermique, facilite l'application des enduits et la gestion de l'étanchéité à l'air. Cependant est un système constructif maitrisé par peu d'entreprises.

La construction en bottes de paille peut donc se faire de différentes manières et possède de réelles qualités techniques tout en étant une construction très respectueuse de l'environnement, puisqu'elle utilise un matériau naturel, renouvelable et dont la fabrication impacte peu en terme d'utilisation d'énergie.

**Terre crue :**

Le nouvel intérêt pour la construction en terre crue a permis de redécouvrir les techniques bien plus raffinées. Aujourd'hui, selon la recherche, il y a 12 modes d'utilisation de la terre crue. (Terre creusée, terre recouvrant, terre remplissant, terre découpée, terre comprimée, terre façonnée, terre empilée, terre moulée, terre extrudée, terre coulée, terre-paille, terre garnissant).

Parmi ces modes d'utilisation, il y en existe quatre qui sont plus utilisés dans la construction en terre : Pisé, Adobe, Bouge, Torchis

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

**Pisé :**

Le pisé est un matériau utilisé en construction depuis des siècles et fait parti du patrimoine riche en habitats en terre. Il constitue l'une des quatre techniques d'utilisation de la terre crue les plus utilisées en France, avec la brique de terre(ou adobe), le torchis et la bauge. C'est un procédé de construction de murs en terre crue monolithique coffré, composé de couches superposées de terre compactée. Cette technique est celle que l'on emploie encore aujourd'hui, en France comme ailleurs.

Au delà de ses aspects écologiques, économiques, et de sa disponibilité universelle, le pisé est un matériau possédant de nombreuses qualités. A la condition d'être correctement entretenu, il a l'avantage de résister aux épreuves du temps. De plus, c'est un matériau respirant qui régule l'humidité à l'intérieur de la maison et qui accumule la chaleur environnante grâce à son inertie, ce qui permet de réaliser des économies d'énergies et un confort indéniable. De plus, c'est un bon isolant phonique. Cependant les bâtiments réalisés en pisé sont souvent fissurés due au fait que la terre n'est pas immobile et bouge dans le temps et qui 'il est très sensible à la pluie ainsi qu'à l'humidité. Les fissures peut être apparaitre sans forcement menacer la stabilité du bâtiment. De plus la résistance thermique d'un mur en pisé est médiocre comparée à des isolants classique donc il est nécessaire d'apporter une isolation complémentaire afin de réduire les charges.

**Adobe :**

L'adobe a une identité bien particulière dans le patrimoine bâti français. Il caractérise l'architecture dans plusieurs régions, mais peut aussi être utilisé en complément d'autre mode de construction, et apparaitre donc sur le territoire de manière plus diffuse que d'autre procédés. La technique de l'adobe a été récemment modernisée avec le bloc de terre crue comprimée. C'est un bloc de terre crue moulée à partir d'une terre malléable souvent ajoutée de paille. A l'origine, ces briques sont formées à la main et actuellement à l'aide des machines.

Avec les briques de terre crue, on peut réaliser des cloisons. Le premier avantage de ces cloisons en brique de terre crue est le rapport de masse thermique, le second est la régulation de l'humidité. Ces briques sont parfaitement adaptées pour le remplissage des structures bois (sur la partie extérieur, à recouvrir avec un enduit à la chaux). Cependant la fabrication exige beaucoup de terre et de main d'œuvre.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

**Torchis :**

Le torchis est une technique de hourdage, est sans doute l'une des plus anciennes techniques de construction qui demeure la plus employée dans le monde. Toutefois, contrairement au pisé, le torchis nécessite une structure en bois ou en blocs mono murs, car il ne peut pas soutenir une toiture, ni même rester durablement debout tout seul. Donc il s'agit de combler les vides d'une armature porteuse en bois. Il est souple et s'adapte aux mouvements de la structure dont il comble. Comme pisé et l'adobe, il est un excellent isolant phonique, meilleur que le parpaing ou la brique. De plus il laisse respirer l'ossature bois et l'empêche de s'abimer.

On peut distinguer 2 grands types de mélange : Le torchis lourd : beaucoup de terre et un peu de paille formant une armature. Il favorise l'inertie de l'accumulation thermique (chaleur, l'hiver ou fraicheur l'été).

Le torchis allégé : beaucoup de paille et un peu de terre. Il assure une bonne isolation thermique grâce à l'importante quantité de paille présente dans le mélange.

Toutefois, afin d'améliorer la durée de vie de la construction, il faut recouvrir les murs extérieur d'un enduit d'argile, de sable ou de chaux. De plus selon la taille du projet, la main d'œuvre peut demander plus d'effort.

**Bauge :**

De toutes les techniques constructives utilisant la terre crue, la bauge est celle qui nécessite le moins d'outillage spécifique.

La technique de la construction en bauge consiste en l'édification de mur massif en terre crue monolithique composée de terre structurée par des fibres végétales et empilée. La bauge et le pisé, quoique se différenciant par leur mise en œuvre, ont en commun d'être monolithiques.

La technique de la bauge permet donc de travailler un matériau très résistant et plastique. Cette technique offre aussi un bon confort thermique, c'est un matériau sain ayant des qualités esthétiques.

Ainsi l'utilisation de ce mode de construction favorise la mise en valeur de la culture constructive locale et le développement de l'économie locale. Ce pendant, cette technique nécessitent un temps de travail conséquent, beaucoup de main d'œuvre et doit faire face au manque des savoir-faire locaux.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

### 4.1.3. Phase C : Logique de promotion contemporaine du matériau terre en France

Aujourd'hui, la valorisation de ressource naturelle (terre crue) pour l'habitat contemporain est une préoccupation qui trouve sa pertinence grâce à la proximité de la matière première, sobriété énergétique, savoir-faire et confort intérieur.

Durant cette phase, nous abordons d'abord les domaines d'obstacles au développement de la construction en terre crue et par la suite, les différents leviers utilisés récemment dans le contexte français pour promouvoir des procédés de construction en terre.

Quatre domaines d'obstacles :

- Le réseau professionnel et communication
- La formation
- La diffusion culturelle
- La capitalisation des connaissances

**Le réseau professionnel et communication :**

Il y a un manque réel de coordination interprofessionnelle entre les différents acteurs de cette discipline. Cette diversité d'expériences, positives comme négatives, reste peu valorisée et reconnue. La déconnexion entre les acteurs empêche une approche transversale. Il y a également très peu d'échanges entre les réseaux professionnels et les réseaux académiques aux différentes échelles, régionale, nationale, alors qu'ils peuvent être de véritables outils d'échanges.

**L'enseignement/ la formation :**

Cet obstacle concerne toutes les structures d'enseignement, à tous les niveaux. La construction en terre crue existe toujours, mais l'enseignement culturel, technique et scientifique peu diffusé sur ce matériau, la méconnaissance des formations existantes, le manque de formateurs compétents pour former aux techniques terre crue, révèlent un manque de coordination et de capitalisation pour diffuser l'ensemble des expériences acquises.

Les maitres d'ouvrage et les maitres d'œuvre ont du mal à identifier des entreprises reconnues et les formateurs. Cette situation caractérise une faiblesse dans l'offre d'enseignement à tous les niveaux,

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

scolaire, universitaire et professionnel. Il y a un manque également de structures régionales de référence, dans la plupart des régions, pour faciliter l'accès à l'information.

**La diffusion culturelle :**

Tous les acteurs professionnels et usagers sont concernés par cet obstacle, cette méconnaissance des cultures constructives est liée à une absence de diffusion et d'exploitation des informations existantes. Le manque de communication culturelle, peu de culture générale du grand public sur la construction de terre crue, ainsi que le manque de communication scientifique et technique accentue l'illisibilité et l'ignorance de ses potentiels. Dans ce contexte, nous mettions en avant trois domaines de méconnaissances :

- Une méconnaissance des cultures constructive :
  Culturellement, la construction en terre ne fait plus partie des savoir-faire et savoir dans la société, elle est rarement enseigné lorsqu'elle participe à l'identification d'une identité culturelle régionale. Dans les régions où elle existe, elle est ignorée et les pratiques sont inadaptées.

- Une méconnaissance des possibilités constructives contemporaines :
  En France, même dans les régions où la terre crue est encore très présente, la majorité des constructeurs proposent comme solution constructive, le béton et le ciment.
  Cet obstacle est lié à une rupture dans l'évolution et la transmission des savoir-faire. Concurrencée par l'arrivée des matériaux de construction industrialisés, la terre crue a largement perdu de son importance dans les constructions urbaines et rurales en Midi-Pyrénées.
  En conséquence, il ne vient pas à l'idée d'un constructeur de bâtir en terre crue, ni d'utiliser ce matériau pour des interventions ponctuelles de maçonneries, voire de décoration. Dans la construction neuve, la terre crue, malgré la multiplicité des emplois possibles, est souvent inenvisagée par méfiance ainsi que par manque de savoir-faire des professionnels.

- Une méconnaissance du fonctionnement de la matière et de son comportement dans
  Un bâtiment :
  D'une manière générale, il y a une absence totale de connaissances sur le fonctionnement

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

d’un habitat. On a prit l’habitude de construire sans penser à l’architecture bioclimatique ce qui fait que parfois les usagers des maisons en terre ont une très mauvaise connaissance du fonctionnement structurel et les qualités qu’offre une construction en terre.

**Capitalisation des connaissances :**

Cet obstacle concernant tous les professionnels résulte d’une faiblesse au niveau de la diffusion ainsi que de la validation des données existantes. La visibilité de référentiels reconnus et la capitalisation des études scientifiques et techniques déjà réalisées ou en cours évitent de perdre du temps à la recherche, voire à les refaire. Le fait d’absences de documents définissants les responsabilités de chacun des acteurs freinent le développement de la filière.

En raison de l'absence de documents de référence sur lesquels s'appuyer, Dans un certain nombre de cas, des solutions de construction en terre n'ont pas été mises en œuvre, ou n'ont pas été optimisées (du point de vue mécanique ou hygrothermique).

Par la suite, nous allons aborder différentes perspectives envisagées récemment dans le contexte français pour promouvoir des procédés de construction en terre ainsi que les pistes qui ont facilité le développement de cette filière.

La revalorisation des cultures constructives est liée aux différents domaines. Les actions visant à favoriser le développement de la filière terre crue, ont été identifiées et regroupées. Les objectifs sont de faire reconnaitre les savoir-faire des entreprises, mobiliser la filière terre crue comme levier de développement local à faible énergie grise et forte intensité sociale, ainsi que valoriser les cultures constructives de terre crue traditionnelles et contemporaines, la sensibilisation, la formation et l’accompagnement technique.

Enfin, que ce soit au niveau national ou au niveau régional, il n’existe pas aujourd’hui de politique « environnement durable » de long terme pour la construction qui pourrait être favorable au développement de la filière terre crue.

**Communication et le réseau professionnel :**

Les organismes de formation ont des difficultés à trouver des professionnels compétents dans ce domaine. La notion de réseau de confiance est très forte dans ce milieu et freine l’accès aux savoirs.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Au final, les maitres d'ouvrages ont de réelles difficultés à trouver des professionnels qualifiés.

Améliorer la coordination et renforcer l'échange interprofessionnel, à toutes les échelles, local, régionale, nationale et internationales, valoriser des métiers, représentation de la filière, diffusion de l'information dans les réseaux, création de commissions régionales, mettre en place un outil pédagogique et mettre à disposition l'information facilite l'émergence de filières en ayant l'objectif de sensibilisation du grand publics (professionnels et scientifique) par une approche culturelle et scientifique.

**L'enseignement et la formation :**

Identifier les lacunes en terme de formations en proposant des stages de formation sur la construction en terre, mettre en place des rencontres et des visites toujours multiculturelles et jamais purement théoriques afin de créer différents outils pédagogiques, capitaliser des savoir-faire et améliorer l'intégration de la terre crue dans les métiers de la construction sont des leviers qui ont été initié en ayant pour objectif de favoriser la reconnaissance des techniques de construction en terre dans les systèmes nationaux d'éducation et de formation. Cette démarche s'inscrit dans un esprit de partage des retours d'expérience au niveau technique comme pédagogique afin d'enrichir les savoirs et les pratiques.

**La diffusion culturelle :**

Dans le contexte contemporain nous pourrions remarquer une évolution culturelle progressive et positive du regard porté par les techniciens et le grand public vis-à-vis du matériau et son patrimoine. Il correspond à la reconnaissance grandissante, par les professionnels et les maitres d'ouvrage publics et privés, des potentiels culturels et économiques du patrimoine. Cette évolution est due à valorisation des savoir-faire et des actions de sensibilisation existantes depuis des années qui reconstituent une culture générale sur l'architecture en terre et ses caractéristiques. Cette situation est issue d'une demande d'information de plus en plus technique, avec l'existence de réseaux actifs dont les maitres d'œuvre sont engagés pour promouvoir des procédés de construction avec des ressources locales, avec l'implication d'entreprises expérimentées et reconnues. Aujourd'hui, grâce à ces actions, cette ressource apparait comme un matériau nouveau dans le bâtiment et la construction.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

**Capitalisation des connaissances :**

Il y a un véritable manque de communication technique sur lequel pourrait s'appuyer les professionnels. En effet, mettre en place des référentiels techniques afin d'obtenir une reconnaissance des savoir-faire, des contrats d'assurance. La réalisation de dossier technique pour convaincre la plupart des entreprises à s'investir dans ce type de techniques constructives, une formation initiale et continue, une capitalisation des donnés techniques, scientifique et culturelle existante. Le fait de rassurer les particuliers ainsi que les professionnels par des références reconnues facilite l'accès et le choix pour ce matériau. Le fait qu'il existe de multiples acteurs, isolés ou plus ou moins regroupés à l'échelle locale ( menant des actions de sensibilisation et de recherches techniques), qui partagent leurs contraintes et leurs questionnements permettent de faciliter des relations interprofessionnelles et la capitalisation des données.

### 4.1.4. Phase D : Facteurs déclencheurs de quelque construction contemporaine en paille :

Les choix de différentes études de cas, ont été orientés par la volonté de connaitre ce matériau naturel, utilisé depuis des siècles dans la construction, qui revient aujourd'hui dans des constructions récentes, notamment grâce à ses qualités thermiques et ses faibles impacts environnementaux.
Après avoir effectué des recherches sur les établissements recevant du public (ERP), réalisés en paille, nous nous sommes intéressés au nouveau bâtiment d'écocert, bâtiment à énergie positive. C'est le bâtiment le plus haut et plus grand de la construction en paille européenne.
Ce choix a été pris, d'une part pour la proximité géographique de l'équipement et d'autre part pour la démarche ecocert qui est la valorisation de l'environnement. Afin de mettre en valeur un matériau qui n'est qu'un résidu de l'agriculture, ils ont fait le choix de construire en paille justement pour donner une deuxième vie à ce matériau et changer l'image de celle-ci.
Ensuite, concernant le choix de la maison individuelle, l'étude en fut plus intéressante et facilitée du fait des mêmes racines culturelles et linguistiques partagées avec le propriétaire. Ce qui diffère cette maison des autres construites en paille est que c'est une maison à énergie positive. Compacité de la maison, aménagement intérieur et extérieur selon l'orientation solaire, font que la maison produit plus d'énergie qu'elle n'en consomme. Tous les matériaux utilisés pour construire cette maison, ainsi que le système de chauffage et la ventilation sont naturels.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Afin d'orienter les études de cas sur une approche plus rationnelle, trois thème ont été mis en place pour permettre d'avoir un retour sur leur expérience et répertorier les difficultés qu'ils avaient pu rencontrer, faire connaitre au grand public, la qualité de vie qu'offre la construction en paille.
Les thèmes composants cette partie sont :

1- les caractéristiques et comparaisons du matériau terre et du matériau paille (les choix techniques, la mise en œuvre, l'usage ainsi que le confort des gens qui y vivent, l'accessibilité du matériau ainsi que les contraintes liées aux matériaux)
2- mécanisme d'aide à la décision de construction avec ces matériaux (est ce que c'est un choix politique, physique-technique, symbolique, culturelle ou bien économique)
3- le retour ainsi que le regard extérieur sur ces matériaux par des particuliers et les professionnels.

Le choix du matériau « terre » est dû à ses caractéristiques communes avec celles de la paille. Que ce soit au niveau technique ou bien des impacts environnementaux (faibles impacts environnementaux et énergétiques, faible transformation, matériaux bio-sourcés, ressources locales, produits issus du monde rural...). De plus ils sont des matériaux ayant des performances énergétiques très élevées, qui vont revenir dans des constructions récentes afin de répondre aux nouveaux enjeux environnementaux et diminuer l'impact négatif en ayant une faible empreinte écologique.
Le premier thème comprend :

- les choix techniques (principe structurel, l'emploi de la paille, finition, mode de chauffage et ventilation),
- la mise en œuvre (si c'est de l'auto-construction ou si un cabinet d'architecte choisit ce mode de construction),
- l'usage de la construction (confort d'été, hiver, ambiance et des espaces)
- l'impact sur la forme architecturale, est-ce que le fait de construire en paille implique des formes précises ou bien peut-on avoir des formes libres, est ce que la paille était un choix dès le départ ?),
- l'accessibilité des matériaux, le transport et le stockage pendant le déroulement du chantier afin de les protéger contre les intempéries, conception et l'insertion dans le site,
- les contraintes liées à ce matériaux tant au niveau de la technique que le confort de l'usage.

Dans un deuxième temps, nous avions abordé le thème concernant les mécanismes d'aide à la

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

décision de construction avec ces matériaux. (Choix politique, physique-technique, symbolique, culturel ou bien économique, pourquoi choisir la terre ou la paille et pas d'autres matériaux peu transformés?). La terre crue est un matériau de construction utilisé depuis des millénaires grâce à ses qualités thermiques. Donc les techniques de construction en terre crue ont été déjà analysées et étudiées. Mais suite à l'arrivée des matériaux de construction industrialisés, la terre crue a largement perdue de son importance dans la construction. Aujourd'hui les enjeux environnementaux deviennent une préoccupation dans les sociétés. On redécouvre les avantages de la terre en tant que matériau de construction. En effet la terre est une matière première qui nécessite très peu d'énergie et aucun traitement chimique pour être transformée en matériau de construction. Ici l'objectif est de connaitre les mécanismes qui ont récemment changés radicalement l'image de la terre afin d'assimiler prochainement ces mécanismes pour le matériau paille.

Comment aujourd'hui un matériau peu noble qui était le symbole de la pauvreté autrefois réussi à trouver sa place dans l'architecture contemporain tout en respectant l`aspect environnemental et écologique. Pour ce faire, nous avons traité d'abord les obstacles et les freins au développement de la filière et ensuite les leviers et les perspectives utilisés dernièrement dans le contexte français afin de promouvoir cette filière.

Pour finir, le dernier thème envisagé pour cette étude est le retour d'expérience ainsi que le regard extérieur des particuliers et les professionnels sur ces matériaux. Ce thème a été étudié dans l'objectif de connaitre la culture générale du grand public par rapport à ces matériaux de construction qui se développent de plus en plus en France. Il a pour objectif de prendre en compte les inquiétudes ainsi que les méconnaissances du grand public concernant le fonctionnement du matériau et son comportement dans le bâtiment.

Ensuite nous avons porté un regard sur la place des professionnels en France. Qu'est-ce qui pourrait déclencher l'adhésion des professionnels à ce type de construction? Quels rôles jouent-ils pour mettre en valeur l'image de ces matériaux afin de faciliter le choix des gens afin qu`ils se lancent dans ces modes de constructions ?

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

## Etude de cas 1: présentation rapide des études de cas retenu

## (un bâtiment public)

Type de bâtiment : Équipement (bâtiment écocert)

Localisation : l'Isle Jourdain (Gers)

Fin des travaux : Avril 2013

Maitre d'œuvre : Architecte jean François Collart

### Environnement :

Le bâtiment écocert se situe dans un milieu rural à l'Isle Jourdain, entouré par des champs, donc il s'inscrit dans un paysage très vert, avec des beaux éléments de végétation.

C'est le bâtiment construit en paille, le plus haut et le plus grand en Europe. L'équipement se compose de trois bâtiments, le bâtiment principal où il y a tous les bureaux dont le bureau de direction. Le deuxième bâtiment qui s'appelle « dôme espace », est un bâtiment qui fut acheté en préfabriqué, avec un volume tout en bois, se trouvant auparavant à la place du bâtiment principal. Ce volume fut destiné dès le départ pour le bureau de direction. Aujourd'hui c'est une salle de restauration qui reste encore très chaleureuse.

Suite à l'étude de la configuration du terrain, afin de construire un équipement aussi important que le bâtiment principal, le meilleur emplacement compte tenu du climat, des orientations, des ombrages se situait à la place du dôme, donc l'architecte a proposé assez tôt de le déplacer afin d'implanter le nouveau bâtiment écocert à sa place.

Pour finir, le troisième bâtiment, qui fut dès le départ le premier bâtiment « écocert ». Il fut construit en 1994 et constituait déjà un bâtiment écologique fait avec des matériaux « écologique » de l'époque. Les constructions voisines sont plus récentes, il s'agit en majorité de maisons individuelles, de plain-pied à R+1. Le bâtiment profite d'une orientation nord-sud très dégagée. La façade sud est équipée de protections solaires (des stores) à l'extérieur, le coté nord est équipé de stores à l'intérieur afin de limiter la lumière du matin à l'été. Contrairement à certains bâtiments bioclimatiques qui ont une façade complètement fermée au nord, la façade nord de ce bâtiment est très ouverte.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

**Figure 1: le bâtiment dans son environnement (vue sud)**

**Figure 2: Vue nord**

**Figure 3: Vue ouest**

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

**Principe structurel :**

Il y a eu deux phases au cours du chantier, une phase de bétonnage pour faire le mur bas (au niveau de RDC), ainsi que la colonne centrale. Ensuite la deuxième phase qui se compose d'un assemblage de poteaux et de poutre en bois qui a été réalisée à partir du premier étage. Ce choix s'explique par le poids des murs en paille sur une telle hauteur, donc il était nécessaire d'envisager ce système constructif afin de pouvoir supporter les trois étages au-dessus. Ensuite les caissons sont préfabriqués en atelier, le système consiste à remplir les caissons en bois avec de la paille.

**Finition :**Le mode constructif utilisé, les caissons, permettent d'avoir à l'intérieur comme à l'extérieur une surface d'accroche lisse : OSB couvert d'enduit à chaux à l'intérieur et bardage bois à l'extérieur.

**Mode de chauffage et de ventilation :** Le projet est équipé d'une VMC double flux ainsi que la pompe à chaleur.

**Figure 4: Colonne centrale**

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

**Figure 5: système poteaux/poutre**

**Figure 6: Remplissage de caisson avec de la paille**

**Figure 7: Murs chauffants**

**Figure 8: Caisson en bois**

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

## Le Projet :

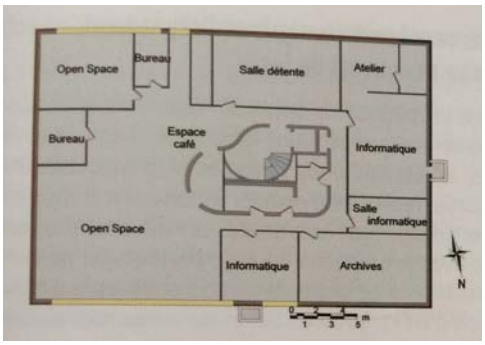


**Figure 9: Plan du niveau RDC**

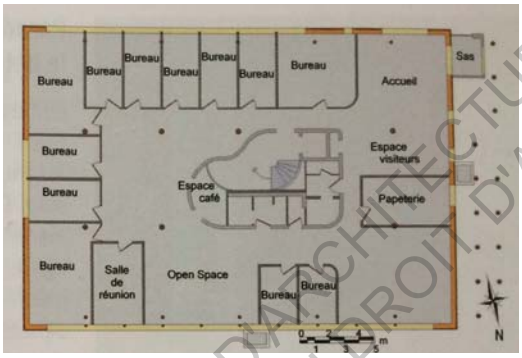


**Figure 10: Plan du niveau 1**

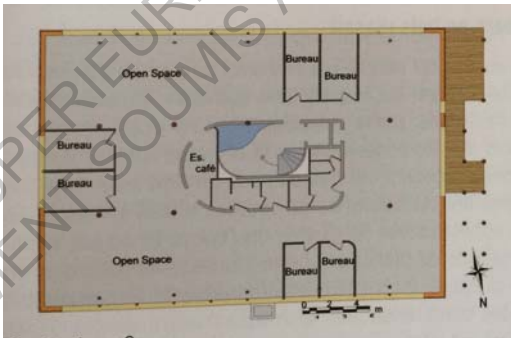


**Figure 11: Plan du niveau 2**

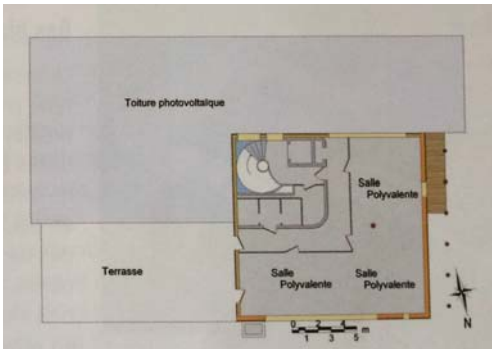


**Figure 12: Plan du niveau 3**

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

**Naissance de l'idée :**

Pour ce nouveau projet, ils cherchaient à construire des bâtiments qui soient performants énergétiquement et ils ont été très vite convaincus par rapport a la performance énergétique de la paille. Ils voulaient un bâtiment à énergie positive, donc c'est plutôt la performance énergétique qui influe la décision de construction en paille.

Le maitre d'ouvrage connaissait déjà l'architecte qui a réalisé le premier bâtiment ecocert, donc ils l'ont mis en concurrence. Il s'était adressé aux autres architectes aussi afin de voir ce que d'autre pourrait lui proposer, mais pour conclure, c'est lui qui fut choisi pour construire le nouveau projet. L'architecte entouré par des entreprises et des personnes travaillantes dans ce domaine, Luc FLOISSAC (qui en faisait partie) a proposé assez rapidement des murs en paille, ce qui correspondait très bien à ecocert. Le cœur du métier c'est agriculture, la grande majorité des clients sont des agriculteurs. Dans le domaine de l'agriculture, la paille est un résidu qui n'est pas valorisé, en agriculture biologique ils la valorisent un petit peu en la laissant sur les champs pour alimenter le sol en matière organique mais dans l'agriculture conventionnelle, la paille représente un déchet.

Donc dans la démarche ecocert de valorisation de l'environnement, ça leur convenait bien d'utiliser la paille comme matériaux isolant pour bâtiment parce que c'est la valorisation d'un matériau qui n'est qu'un résidu de l'agriculture. C'est une deuxième vie à donner à ce matériau que l'on trouve dans les champs. C'est aussi une façon de valoriser le travail et changer l'image de la paille. En plus ecocert a toujours été dans rénovation et la paille, peut-être plus que le chanvre ou les autres matériaux écologiques, parce qu'elle représente un matériau qu'ils trouvent dans les champs avec une grande facilite d'approvisionnement auprès de leurs clients. Ce fut un juste retour des choses que ecocert fasse un bâtiment qui mette en valeur le travail de l'agriculture, une image forte qu'ils ont bien réussi à valoriser.

**Conception et réalisation : « l'insertion dans le site a été assez important »**

La paille ne se trouvant pas dans les magasins de bricolage habituels, ecocert a du s'en occuper. Ce fut le seul matériau de tous les bâtiments qui venaient de la maitrise d'ouvrage, tous les autres matériaux ont été amenés par les entreprises qui ont travaillé sur le projet. Ils ont donc fait appel a un prestataire qui connaissait la construction en paille et qui connaissait les exigences techniques dont ils avaient besoin pour la construction en paille.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

L'architecte a trouvé une ferme agricole « bio » régionale à quelque kilomètre, qui était d'accord pour leur laisser la paille sur le champ après les récoltes. Ce champs agricole bio n'est pas certifié bio directement par ecocert mais il est certifié par un de leurs concurrents car c'était important pour ecocert que la paille soit bio en vue de l'obtention du label.

La paille leur était alors garantie sans produits chimiques.

Pour ce projet, la demande du maitre d'ouvrage était d'envisager un bâtiment écologique et bioclimatique donc peu importe le type d'isolant, il devait nécessairement être un bâtiment compact pour limiter les déperditions de chaleur. Le choix de l'isolation en paille autour du bâtiment n'influence en rien la forme architecturale.

Au départ, ils ont voulu faire une forme sphérique en dôme mais ce n'était pas possible, trop compliqué, donc ils ont fait une forme de cube et au fur et mesure de la conception, les besoins chez ecocert ont évolué. Ils devaient construire un bâtiment de 700 m2 mais finalement à la demande de l'architecte ils ont augmenté la surface jusqu'au 2000 m2 afin de faire rentrer tout le projet. Dans un premier temps l'architecte avait pensé à la forme d'un cube et puis il l'a prolongé pour avoir un parallélépipède qui fait 20m par 30m.

La forme de ce cube n'a pas forcement de rapport avec la paille et cela a permis d'avoir un gros volume donc ils ont pu faire ce qu'ils ont voulu à l'intérieur.

**A l'usage :**

Au niveau du confort, l'été dernier, vu que le bâtiment était très récent, ils ne maitrisaient pas l'ensemble des appareils et il y avait eu des disfonctionnements au niveau des machines. Il fit donc un peu chaud. En fait, le bâtiment est très bien isolé et donc l'énergie qui est dégagé par les machines et les hommes reste à l'intérieur. En effet, un bâtiment performant ne peut l'être que s'il est utilisé de manière juste.

Mais par contre durant l`hiver, après quelques réglages au mois de novembre, la température souhaitée fut très satisfaisante, la température à l'intérieur est restée maintenue à 21 degré.

À l'intérieur, l'espace est très ouvert, il y a une superbe luminosité. La conception de système structurels poteaux/poutres en bois a permis de dégager beaucoup d'espaces et d'avoir une grande liberté à l'intérieur. Sachant qu'à la base ils voulaient avoir des bureaux ouverts sans cloisonnement.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

**Figure 13: l'espèce bureaux**

**Figure 14: l'espace bureaux**

**Figure 15: Colonne centrale (espace café**

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

**Regards extérieurs :**

Le bâtiment ecocert est un bon exemple pour l'architecture contemporaine. Ce projet est un bel exemple de réussite, et ouvrent des possibilités pour, dans l'avenir, développer d'avantage ce mode de construction dans les bâtiments publics.

Quand ils parlent de la paille avec les gens qui reçoivent, ces personnes sont un peu surprises mais ils se disent souvent : « pourquoi pas la paille ? ». Les personnes connaissant rien sur le bâtiment ne sont cependant pas tellement étonnées par ce type de construction, par contre les seules réticences qu'ils peuvent avoir sont plutôt la crainte de sécurité et le manque de tenue de la paille aux intempéries, au feu, aux insectes, etc.…

Les personnes novices de ce type de construction ne sont pas, en général, découragées par le côté rustique de ce matériau et l'assimile très bien à l'architecture contemporaine.

**Les contraintes liées à la paille :**

L'épaisseur des murs prends énormément de place et beaucoup d'emprise au sol. La paille est beaucoup utilisée par les auto-constructeurs, les gens qui construisent leurs maisons eux-mêmes, qui achètent leurs matériaux eux-mêmes y comprit la paille.

Ce matériau n'étant pas fréquemment utilisé, certaines entreprises de mise en œuvre ne prennent pas en charge l'approvisionnement. Charge qui revient alors au maitre d'ouvrage comme ce fut le cas pour ecocert.

En effet, il y a des exigences particulières pour la paille en tant que matériau de construction et les gens qui produisent la paille, c'est à dire les agriculteurs, ne sont pas formés à construire des bottes avec certain taux d'humidité.

Ils ne savent pas comment emballer la paille pour la rendre directement utilisable suivant différents critères donc le principal problème est le manque de filière. Ensuite, une fois que les bottes de paille sont faites, il faut les stocker et cela nécessite énormément de places.

**La place des professionnels :**

La construction en bottes de paille est en train de se développer en France car c'est un matériau très performant, écologique et très peu transformé. Ce n'est pas cher et une fois laissé comme déchet sur les champs agricole il suffit juste de quelques tracteurs pour la transformer en un matériau qui est un très bon isolant.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Par contre, aujourd'hui il n'y a que peu d'entreprises expérimentées dans ce mode de construction. En effet la place de l'architecte semble assez importante pour ce genre de projet. Le manque de main d'œuvre qualifiée pousse certains courageux à se lancer dans l'auto-construction, dans cette atmosphère, le rôle à jouer des professionnels semble important à aborder.

## Etude de cas 2 : le choix de la paille (Type de bâtiment : Maison individuelle)

Localisation : Ferrand

Début des travaux : 2010

Fin des travaux : 2012

Usagers : Famille de deux (un couple)

### Environnement :

La maison se situe dans un milieu rural, entourée par des champs, donc elle s'inscrit dans un paysage très vert et dégagé.

Elle profite d'une orientation nord-sud très dégagée. Au sud, elle donne vers les champs afin de profiter au maximum du rayonnement solaire.

Le terrain est en pente et la maison est adaptée à cette pente. Il y a la moitié de la maison qui est posé sur terre (hérisson) et l'autre moitié sur pilotis. Le côté nord est semi-enterré ce qui crée de la masse inertielle, ce qui signifie qu'en hiver la terre transmet sa chaleur et sa fraicheur en été à l'intérieur de l'espace à vivre.

**Figure 16: Vue dégagé vers les champs**

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

**Figure 17: Vue de la maison**

**Figure 18: Vue nord ouest**

**Figure 19: Vue su**

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

**Principe structurel :**

Le projet est constitué d'un système poteaux /poutres en bois (ossature bois). Le plancher et les caissons ont été préfabriqué en ateliers et assembler sur place. Le système consiste à remplir avec de la paille les caissons en bois, et de placer ces derniers entre les montants.

Dans ce projet, la paille est présente sur les murs périphériques mais aussi en toiture.

**Finition :**

A l'extérieur : le vent dominant vient du  nord-ouest donc afin de protéger la paille du vent et de la pluie, la finition à l`extérieur de ce côté est réalisé en bardage bois. Les façades qui ne sont pas exposées au vent et à la pluie sont enduites avec de la terre récupérée sur site, comme la réalisation des enduits intérieurs.

**Mode de chauffage et de ventilation :**

Comme nous le disions précédemment, l'orientation de la maison est réfléchie de façon à profiter au maximum du rayonnement solaire, donc le soleil est un élément majeur pour chauffer la maison. De plus il y a un chauffage d'appoint (cuisinière à bois), et un poêle central (cheminé foyer fermée double face), pour chauffer la maison quand il n'y a pas assez d` apports solaire.

De plus à l'intérieur et dans la partie centrale de la maison il y a un  mur capteur réalisé en terre pisé et brique de terre crue. Vu qu'il possède une grand masse d`inertie, il garde la chaleur du soleil pour ensuite la diffuser à l'intérieur. Ce mur joue un rôle important pour chauffer la maison donc pendant les journées ensoleillées, ils n'ont même pas besoin d'allumer la cheminée.

La maison est ventilée naturellement. Il suffit pour rafraîchir la maison de laisser ouverte la baie vitrée orientée sud, ainsi que la fenêtre de la mezzanine durant 20 minutes uniquement.

**Figure 20: Pose l'ossature**

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

**Figure 21: La paille comme isolant**

**Figure 22: Enduit cote extérieur**

**Figure 23: Mur capteur en pise**

**Figure 24: Mur chauffant**

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

## Le projet :

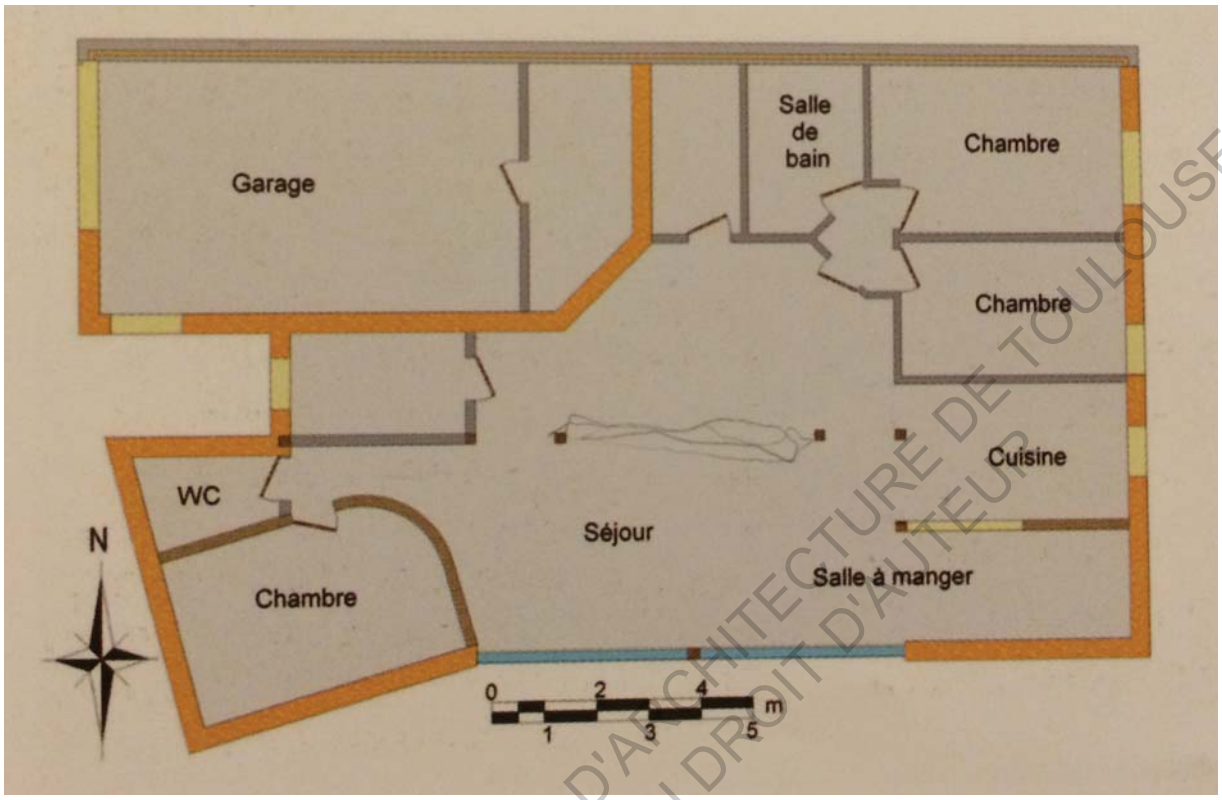


**Figure 25: Plan RDC**

## Naissance de l'idée : «  on voulait une maison écologique »

Pour ce projet, le maitre d'ouvrage s'est adressé aux architectes avec la demande d'une maison écologique. Il nous explique que c'est lui qui a dessiné le plan de la maison parce qu'il n'a pas trouvé d`architecte assez bien formé pour concevoir une maison écologique.

Il nous explique comment il en est arrivé au choix de la paille :

« On voulait une maison écologique. Le point de départ était l'intégration dans le site et que tout soit naturel dans ce projet. Nous recherchions une maison qui nous corresponde. Avec des matériaux naturels et sains, dans un environnement naturel, avec une bonne orientation et une bonne disposition des pièces. Voilà ce que nous souhaitions pour recevoir notre petite famille.

C'est une philosophie de vie qui nous correspond, qui a une influence à différents niveaux : santé, alimentation, rythme et organisation de vie, éducation des enfants, etc.

Notre amour et notre respect pour la nature sont les raisons fondatrices de ces choix. D'où la volonté de vivre en harmonie avec elle.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Au départ, nous avions fait le choix et les démarches pour aboutir à une maison BBC. C'est en discutant avec notre thermicien, que nous avons réalisé que pour passer d'une maison BBC à une maison Passive, cela nous demandait que "quelques" modifications. (Augmenter l'épaisseur de ouate de cellulose pour l'isolation du toit, bottes de paille plus épaisses dans les murs et dans la dalle : 45 cm au lieu de 35 cm, ...) des modifications pouvant nous permettre d'optimiser notre projet sans trop gonfler notre budget».

Il nous explique que l'utilisation de la paille n'a eu aucune influence sur la forme architecturale. Pour ce projet un point important a été mis sur l'insertion dans le site.

**A l'usage :**

Une maison confortable : « au niveau de l'isolation c'est vraiment mieux qu'une maison classique »

En effet, le couple semble réellement satisfait du confort thermique qu'offre leur nouvelle maison. Il nous explique que le principe d'une maison bioclimatique est d'avoir des espaces tampons afin d'obtenir une zone « isolante » entre l'extérieur et l'espace chauffé.

Donc ici le garage qui est situé à côté de la porte d'entrée sur la façade le plus exposée au vent et la pluie (nord-ouest) est considéré comme un espace tampon entre l'extérieur et l'espace à vivre. Il n'est pas chauffé et il protège la maison contre le vent dominant.

Les parois utilisées entre la maison et l'espace tampon doivent être autant isolées que les parois entre l'extérieur et l'intérieur. Donc ici l'isolation est de botte de paille entre l'espace tampon et l'espace à vivre. De plus à l'entré de la maison il y a le sas qui est aussi considéré comme une zone tampon, il n'est pas chauffé et sa température se situe toujours deux ou trois degré au-dessous de la température de la maison. Donc le confort thermique de la maison est optimal, quand il fait très chaud à l'extérieur, il fait plus frais a l`intérieur et inversement.

Il m`a expliqué que l'hiver dernier, il faisait moins onze degré, mais plutôt ensoleillée. L'isolation est tellement performante qu'à l'intérieur, la température ne baissait jamais au-dessous de 23-24 degré, sans utilisation de chauffage. Justement grâce au mur capteur qui garde les rayonnements solaires pendant la journée et les diffuse à l'intérieur de la maison pendant la nuit.

Par contre cette année, pendant l'hiver, il faisait plus chaud mais moins ensoleillé donc ils étaient obligés d'allumer le poêle en foyer fermé, peut-être 6 ou 7 fois afin de chauffer la maison. Cependant, même en allumant le poêle, la consommation d'énergie n'est pas comparable à une maison classique qui n'est pas isolée en botte de paille.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Pour chauffer et afin d'éviter les déperditions de chaleur, les pièces qui sont en relation direct avec l'extérieur (la salle de bain, les chambres côté nord ainsi que le bureau côté l'est) sont composées des tuyaux serpentins côté extérieur des parois.

Le bureau est la seule pièce qui est tournée de quinze degré vers l'est afin de prendre le soleil du matin le plus vite possible ainsi que se protéger du vent parce qu'il est en relation direct avec l'extérieur sans avoir de zone tampon qui la protège.

## Ambiances et espaces :

A l'intérieur, on retrouve l'esprit moderne, c'est une maison très spacieuse, très ouverte et très lumineuse. Quand on rentre dans la maison il y a une superbe luminosité. Les murs enduits à la terre apportent un côté chaleureux à la pièce principale, surtout le mur en pisé au milieu de la maison dans le quel il y a le poêle (la cheminée foyer fermé).

Ce mur, comme nous disions précédemment à un rôle important pour chauffer la maison en ayant une grande masse inertielle. De plus la présence de ce mur en terre apporte un aspect esthétique à l'intérieur de la maison. Il sépare l'espace du jour et les espaces plus intimes ainsi que les espaces de nuit. C'est un élément fort qui participe en même temps à la décoration et la performance de la maison.

Un point assez intéressant du point de vu des ambiances, c'est l'odeur du lieu. Il nous explique : « j'aime bien l'odeur quand je rentre dans la maison, c'est chaleureux et c'est enveloppant ».

Au niveau des matériaux utilisés, le couple semble satisfait de l'utilisation de l'enduit en terre à l'intérieur de la maison, ce qui créé une ambiance assez ancienne. Il aime bien cet effet que les murs ne soient pas parfaitement droits et qu`ils aient des angles arrondis.

**Figure 26: Leséjour**

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

**Figure 27: Le séjour**

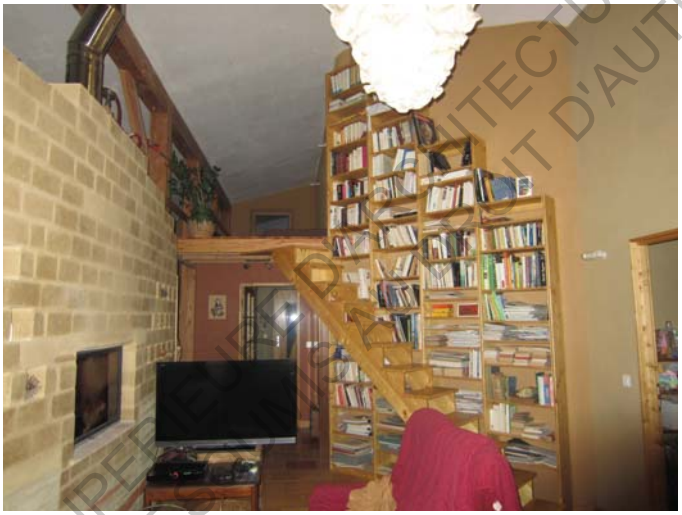

**Figure 28: La mezzanine**

**Figure 29: Mur capteur en pise**

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

**Regards extérieurs :**

Le seul souci pour les gens qui ne connaissent rien sur le bâtiment et la construction en paille, concerne essentiellement la sécurité et la tenue de la paille aux intempéries, au feu, et aux insectes.…

La plupart des non connaisseurs pensent qu`il s`agit d`un matériau qui se dégrade rapidement dans le temps, donc il existe toujours des inquiétudes vis-à-vis du matériau.

La construction de la maison a durée deux ans. Pendant l'été dernier, ils montaient les murs périphériques, mais les portes et les fenêtres n'étaient pas encore mise en place. Durant cette phase, quand les voisins venaient visiter la maison, ils étaient surpris parce qu'ils trouvaient que la température de la maison, même sans portes ni fenêtres, était beaucoup plus fraiche vis-à-vis de leur maison respective parfaitement achevée. « Maintenant aussi, quand ils passent à la maison pendant l'hiver avec une température de -1 °C à l'extérieur, voyant que nous ne chauffons pas la maison, ils restent toujours très étonnés et impressionnés. Maintenant ils comprennent notre choix de matériau et la performance qu'offre une construction en paille ».

**Les contraintes liées à la paille :**

La première contrainte liée à la paille, est son emprise au sol, l'épaisseur du mur en paille est au minimum de 40 cm, donc cela prend beaucoup de places et ce n'est pas adapté à la petite construction. La paille est beaucoup liée à l'auto-construction et vu qu'il est difficile de trouver les filières assez expertes dans ce domaine, cela pousse quelques courageux à se lancer dans le projet d'auto-construction qui demande beaucoup de temps et d'énergie. De plus une fois que la paille est prête sur le champ, elle nécessite un grand espace pour le stockage afin de la protéger contre l'humidité et les intempéries, ce qui n'est pas facile à gérer sur le chantier.

En plus il y existe la problématique liée à la cuisine, il est compliqué d'utiliser la cuisine en été car on risque de chauffer toute la maison. Si on oublie de ventiler la maison pendant la nuit, la chaleur ne peut s'évacuer de l'intérieur de la maison.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

#### 4.1.4.1. Analyse :

Avant toute chose, il parait assez important de s'intéresser à la manière dont les maitres d'ouvrage sont arrivé à construire leur bâtiment à partir de bottes de paille. D'où vient l'idée? Quelles sont les éléments ou bien les mécanismes qui aides à la décision de construction en paille? Et pour finir qu'est ce qui peut changer radicalement l'image de ce matériaux en s'appuyant sur l'exemple du matériau terre?

Lors de nos premiers entretiens, certain de nos interlocuteurs ont pu répondre à certaine de nos problématiques cependant pour y répondre complètement nous avions dû entamer un travail de recherche complémentaire. Leurs retours d'expérience ont permis de dégager de nombreux enjeux autour de la création d'une filière d'approvisionnement en paille pour la construction.

**La naissance du projet :**

Dans le premier cas, c'est le maitre d'œuvre qui a fait la proposition au maitre d'ouvrage qui avait comme objectif de construire un bâtiment écologique, dans l'autre cas c'est le maitre d'ouvrage qui a fait le choix du matériau. En effet, dans les deux projets, la famille et les gens n'ont pas eu beaucoup de mal à accepter l'idée de se lancer dans un tel projet.

La difficulté principale portait sur des craintes vis-à-vis du matériau en lui-même, sur sa pérennité notamment et finalement sur un manque certain d'information. On retrouve ici cette nécessité d'information, de démonstration, pour illustrer ce que l'on peut faire en paille, et abattre les angoisses vis-à-vis du matériau. Lorsque la proposition provenait de l'architecte, les réactions ont été beaucoup plus nuancées. Les maitres d'ouvrages se sont sentis vite rassurés par la présence de l'architecte, ils étaient dans une forme de confiance. Le rôle de l'architecte est plutôt important pour ce genre de projet, son professionnalisme permet de mettre en confiance les clients, notamment en leur faisant visiter d'autres chantiers. Pour le projet de bâtiment recevant du public, il me semble important de créer le lien concepteur / usagers. Il parait intéressant pour ce genre de projet d'inviter la totalité des usagers à des réunions d'information en début de projet pour leur apporter des réponses à leurs questions et ainsi peut être les mettre plus en confiance avec ce système constructif. Aujourd'hui, les méthodes pour construire à partir de bottes de paille se développent et offrent plus de possibilités. Pour chacun des projets il faut noter que le choix de l'isolation en bottes de paille n'a pas eu d'influence sur la forme. Il parait donc important de noter que ce mode constructif permet des formes et des architectures diversifiées.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

## La réception à l'usage :

Lors des visites, et pour chacun des projets, un confort à l'usage est nettement ressorti. En tête de liste, on trouve évidemment le confort thermique. Nous avons pu remarquer les qualités qu'offre une construction en botte de paille. Pour le confort d'hiver, les usagers de maison individuelle ont noté une baisse consommation d'énergie en comparant cette maison à leur ancienne. Au niveau du confort d'été, les usagers semblent tout autant satisfaits. En effet, pour la maison individuelle, une des premières volontés était de ne pas avoir de climatisation, et cela fonctionne plutôt bien. Autre point intéressant, il s'agit de la manière d'utiliser le bâtiment. En effet si le bâtiment n'est pas utilisé correctement, ses performances ne peuvent être maximale.

Un bâtiment en paille possède une isolation importante, mais l'isolation fonctionne dans les deux sens. C'est à dire que s'il fait frais à l'intérieur, que l'on souhaite conserver cette fraicheur, il faut éviter toute source de chaleur, donc la manière d'utiliser le bâtiment est très importante pour que ces performances puissent être maximales.

## Les contraintes liées à la paille:

La construction en bottes de paille offre de vraies qualités techniques et permet aussi de réaliser des projets très divers. Cela implique aussi certaines contraintes à prendre en compte. Dans un premier temps, les gens qui produisent la paille, c'est à dire les agriculteurs, ne sont pas formés à construire des bottes avec certain taux d'humidité. Ils ne savent pas comment emballer la paille pour rendre directement prêt à l'emploie ce matériau de construction donc le principal problème reste le manque de filière. Ainsi, la question du stockage éventuel de la paille se pose. Les conditions du stockage doivent être les plus strictes possibles pour éviter un trop fort taux de perte, estimé en moyenne à 10-15%. Enfin, le transport et la livraison des ballots de paille conditionneront la qualité finale de la botte. Pour les non connaisseurs de la paille il existe  quelques préjugés concernant la construction en paille :

- **On ne peut pas construire une maison solide en paille**

C'est faux. On peut absolument construire des habitations solides en paille. La structure portante pour une maison en paille est une ossature bois. La paille n'a pas une fonction portante, mais sert au remplissage et à l'isolation. De plus, c'est tout à fait erroné de penser que la paille n'est pas assez

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT COUMIS AU DROIT D'AUTEUR

solide. Les ballots sont fortement compressés dans les champs et à la construction, on les comprime davantage encore à l'aide de sangles.

- **Il n y a jamais une assurance incendie pour une maison en paille**

On obtient sans problème une assurance incendie. Selon des tests incendie réalisés, une paroi en ballots de paille recouverte à l'intérieur et à l'extérieur d'un plâtrage de 2 cm d'épaisseur affiche une résistance au feu pendant 90 minutes. Les habitations construites jusqu'à ce jour, ont obtenu une police d'assurance normale, sans le moindre problème."

- **A la longue, la paille va pourrir**

La paille ne pourrit pas si on respecte le principe de base de la construction en ballots de paille. Il est crucial que la paille que l'on utilise dans la maison soit sèche et le reste. Un bon plâtrage extérieur est essentiel afin que cela soit le cas. Mais pendant la construction aussi, il faut veiller à ce que les ballots restent toujours parfaitement secs.

- **La paille attire les souris et d'autres nuisibles**

La paille comporte beaucoup de cellulose et les rongeurs ou les insectes n'aiment pas ça. Ce qui les intéresse, ce sont les graines et les ballots n'en contiennent plus la moindre. Pour exclure tout risque, la compression extrême, la membrane spéciale et le plâtrage veillent à écarter tous les nuisibles.

## La place des professionnels :

La construction en bottes de paille est en train de se développer en France parce que c'est un matériau très performant, écologique et très peu transformé. Par contre les différentes rencontres ont permis de faire ressortir le manque de main d'œuvre qualifié dans la région. Si on fait le choix de construire à l'aide de professionnels, il n'y a aujourd'hui que peu d'entreprises expérimentées dans ce mode de construction. De fait, la place de l'architecte semble assez importante pour ce genre de projet entre les différents corps de métiers pour que le chantier se déroule correctement, ainsi que dans la mise en confiance du client vis-à-vis du matériau.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

**Mécanismes qui aident à la décision de construction en paille :**

A travers ces différentes études de cas, nous avons pu constater les éléments déclencheurs de l'envie de construire en paille qui concerne plutôt l'aspect de performance énergétique du matériau afin de répondre aux différents enjeux environnementaux. On a constaté qu'il y a un vrai manque d'information empêchant le développement de ce mode de construction.

Ensuite nous allons aborder les enjeux qu'on a pu retiré lors des entretiens :

#### 4.1.4.2. Les Enjeux :

- **Enjeux Economiques :**

Les enjeux économiques représentent une des préoccupations pour les différents acteurs qui n'ont pas été abordés pendant les entretiens. C'est un des enjeux qui à une forte influence sur la valorisation du matériau. Cette valorisation doit permettre un juste revenu pour l'agriculteur, mais ne doit pas non plus devenir excessif pour le constructeur qui en achète.

Un des points contraignant est que le coût d'une maison construite en paille est plus élevé qu'une maison classique alors que le matériau a un coût modéré. Ce fait est plutôt du au coût de la main d'œuvre. En plus le matériau prêt à l'emploie reste difficile à trouver, il n'y a pas beaucoup d'agriculteurs qui sont bien formée pour fabriquer des bottes de paille qu'on pourrait utiliser pour la construction. La paille est un matériau disponible partout en France et sa transformation ne prend que peu d'énergie, mais le manque des entreprises expérimentées concernant ce domaine influe sur le prix du matériau et par conséquent sur la main d'œuvre, ce qui oblige quelques courageux à se lancer dans auto-construction.

Le coût assez élevé de la construction décourage certaines personnes à se lancer dans ce mode de construction. Ce coût est cependant justifié par la qualité thermique qu'offre la construction en paille ainsi que le faible impact environnemental. L'avantage de ce mode de construction est qu'une fois la maison terminée, la consommation d'énergie baisse d'une façon considérable et de plus, produit plus d'énergie qu'elle en consomme, donc la maison est rentable au niveau de la consommation énergétique sur le moyen et long terme.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

- **Enjeux de mise en œuvre :**

Ces enjeux comprennent les différentes étapes de la botte de paille, de son conditionnement à son utilisation sur un chantier.

L'approvisionnement du chantier en paille est ensuite un point clé. La question du stockage éventuel de la paille représente un risque important. Les conditions du stockage doivent être les plus strictes possibles pour éviter un trop fort taux de perte. Enfin, le transport et la livraison des ballots de paille conditionneront la qualité finale de la botte. Il faut envisager une plateforme qui centralise de la paille et qui réponde au cahier des charges de la construction en paille. Toutefois, il faut prendre en compte la présence presque inévitable de rongeurs et la dégradation progressive de la paille en fonction de la durée de stockage. La durée de stockage doit être inscrite dans le contrat initial passé entre l'agriculteur et le constructeur, et sera rémunérée.

- **Enjeux Sociaux :**

Le contact et la relation entre les acteurs de la filière paille sont primordiaux. A l'heure actuelle, les relations entre les maitrises d'ouvrages et les maitrises d'œuvres ne sont pas encore naturelles et ils ne savent pas comment s'adresser les uns aux autres. Afin de faciliter le contact, un intermédiaire peut être envisagé et en plus une relation de confiance doit ainsi se constituer entre eux.

Le premier contact est souvent difficile. Les particuliers ne savent pas vraiment où se renseigner. Les particuliers ont constaté qu'il est très difficile de trouver (obtenir) le matériau à cause du manque de connaissance sur cette filière et la difficulté d'accès aux entreprises expérimentées et des professionnels bien formés dans ce domaine.

- **Enjeux Territoriaux :**

L'approvisionnement local est la clé de la réussite de cette filière. Il s'agit donc de réussir à trouver un contact avec un agriculteur local, sensible à la démarche et acceptant de fournir le chantier en paille. La proximité du champ et du chantier fait toute la cohérence du projet.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

# 5. Les propositions pour structurer l'approvisionnement d'une filière paille pour l'Eco-construction :

Pendant cette phase nous allons dégager une vision prospective vers une hiérarchie d'actions à entreprendre, pour la promotion contemporaine du matériau paille dans notre région.
Cette partie permet de dégager différentes pistes autour de la structuration de la filière paille, à partir des synthèses, et des enjeux dues aux entretiens. (économie, mise en œuvre, social et environnement).

## 5.1. La sensibilisation des agriculteurs :

Cette démarche consiste à mettre en place des actions progressives pour que les agriculteurs puissent prendre le temps de s'approprier cette filière et les démarches qui en découlent.
Aujourd'hui la majorité des agriculteurs ont encore des difficultés à apercevoir l'utilisation de paille dans la construction, notamment en tant qu'isolant. Donc ils ont du mal à accepter l'idée de vendre leur paille dans un autre but qu'une destination agricole.
La première étape s'agit d'informer les agriculteurs et définir les critères que les bottes de paille doivent remplir pour satisfaire aux exigences de la construction.
Ensuite la deuxième étape serait d'organiser des rencontres entre des agriculteurs intéressés par cette démarche et ceux qui ont déjà fourni de la paille pour une construction. Il serait très utile d'organiser des visites de chantier où ils pourraient observer la mise en œuvre de la paille afin de visualiser les différents enjeux concernant à ce mode de construction.

## 5.2. La sensibilisation des artisans et des professionnels :

Cette démarche concerne des artisans ne connaissant pas bien la filière de la construction en paille, des personnes physiques ou morales portant un projets de construction ou d'auto construction, ainsi que tout professionnel du bâtiment souhaitant élargir et enrichir sa connaissance afin de proposer à ses clients cette forme de réalisation. Donc il s'agit d'organiser des formations pour les artisans et les professionnels qui sont intéressés par ce mode de construction. C'est une formation de sensibilisation aux techniques de construction en paille.

Ainsi pour aider à l'aboutissement d'une telle éco construction, il serait très utile de mettre en place

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

un chantier participatif. Les objectifs de cette démarche sont de savoir :

1- Comment peuvent s'organiser les différents aspects d'un chantier participatif : vie de groupe, animation du chantier, activités annexes : culturelles, sociales.

2- Où et comment communiquer sur le chantier qu'ils organisent.

3- Une vision précise des différents types de chantiers possibles.

4- Acquis des repères sur les particularités d'un chantier participatif en ce qui concerne les Techniques et étapes du chantier plus adaptées et sur le matériel à mobiliser et la façon de le gérer.

5- Comment avancer sur la conception de la réalisation de son propre projet d'auto construction.

## 5.3. Etablir une relation entre les agriculteurs et les artisans :

Cette démarche consiste à organiser des rencontres entre les artisans et les agriculteurs, pour que chacun puisse apprendre à se connaitre et à être informé des conditions particulières de l'autre partie de la filière (conditions climatiques et de travail des agriculteurs, délais de commande et de construction des artisans...).

Afin de créer une relation entre les artisans et les agriculteurs, la mise en place d'un réseau internet où ils peuvent se référencier semble nécessaire. Ainsi, dès qu'un chantier est prévu, l'artisan saura immédiatement à quel agriculteur s'adresser.

Mettre en place des coopératives agriculteurs-artisans participe à l'amélioration de la promotion de cette filière sur chaque territoire. Ainsi cette mise en place est nécessaire pour instituer ensemble les prix, organiser le déroulement du chantier et le stockage.

## 5.4. Structurer l'approvisionnement :

La paille provient en général d'un agriculteur à proximité de la construction. La construction en bottes de paille rencontre les mêmes difficultés que d'autres matériaux locaux pour le développement la construction de bâtiment durable. Il n'existe pas à l'heure actuelle de filière d'approvisionnement organisée en Région. Donc il y a un manque de connaissance sur le territoire régionale par l'ensemble des acteurs.
Si la demande en construction paille vient à croitre en grande proportion, la structuration de la filière

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

d'approvisionnement devrait alors être envisagée.

Il est nécessaire de connaitre les usages de la paille dans l'agriculture au niveau régional. Cette démarche a pour l'objectif, de fournir les informations et les coordonnées sur les producteurs de paille qui connaissent et métrisent bien les critères, qui sont prêt à faire des bottes de paille pour la construction. Ainsi, connaitre la disponibilité d'approvisionnement de paille sur chaque région, et établir des références sur lesquelles peuvent s'appuyer les agriculteurs souhaitant proposer leurs bottes de paille.

## 5.5. Stockage :

Le stockage de la paille est un des freins à lever dans cette filière. En effet, celle-ci doit être au sec en attendant que quelqu'un souhaite venir les chercher. En fonction de la taille des bottes, la place qu'elles prennent dans les hangars peut varier. Il serait intéressant de regrouper la paille de tous les producteurs régionaux dans un endroit à l'abri de la pluie et surélevé par rapport au sol. Les agriculteurs et les artisans sont pour cela favorables à la création de grandes plateformes où serait stockée de la paille répondant au cahier des charges de la construction en paille. Il faut évidemment tenir compte des 15% de pertes de la paille pendant le stockage.

## 5.6. La sensibilisation des acteurs publics : (commande public)

Les acteurs publics, en fixant des critères dans leurs marchés peuvent influencer l'évolution des modes de production et favoriser ainsi une amélioration de la qualité écologique des produits en général. La prise en compte des enjeux environnementaux dans la commande publique est un des leviers révélateurs pour animer la promotion d'une offre de produit écologique. Pour cela il serait nécessaire que les organismes agricoles ou bien les artisans sensibilisent les acteurs publics sur le fait que la paille, étant un matériau localement disponible, dispose de nombreuses qualités environnementales (très faible impact environnemental, peu transformé).

Si les marchés publics intègrent des critères de qualité environnementale de plus en plus ambitieux, les entreprises seront encouragées à évoluer pour satisfaire ces critères. L'augmentation des ventes de produits devrait ensuite avoir un effet de baisse des coûts. C'est un levier économique puissant.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

## 5.7. Recensement des bâtiments :

Le marché français avec 3000 bâtiments isolés en paille, est un marché limité, alors que le matériau s'adapte bien aux maisons et aux établissements recevant du public. De plus le matériau offre une bonne durabilité dans le temps (Comme la maison feuillette 1921). Dans le cadre de la politique qu'elle met en œuvre en faveur du développement durable, la réalisation des bâtiments et des travaux publics semble nécessaire, indispensable.

Les bâtiments à recenser sont ceux en cours de construction ou bien les constructions achevées.
Cette démarche favorise une vision globale sur le nombre de bâtiments existants sur tous les départements. Le but principal de cette politique n'est pas seulement de réaliser des équipements ayants de hautes performances énergétiques et environnementales mais il est aussi de démontrer concrètement au grand public ainsi qu'aux professionnels les implications pratiques, économiques et environnementales de la construction selon ce principe.

Ici, nous pouvons nous appuyer sur l'exemple du bâtiment « écocert » qui a été analysé pendant cette étude. L'enjeu de ce bâtiment n'est pas seulement d'atteindre la performance énergétique avec des matériaux à faible empreinte écologique, mais de mettre en place un projet de référence pour des nouvelles conditions de construction afin de répondre aux enjeux environnementaux, ainsi que la revalorisation d'un ressource locale. Donc ce projet constitue une base de réflexion sur la revalorisation d'un matériau local pour la construction des équipements publics à énergie positive de demain en France.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

# 6. Conclusion :

Cet étude m'a permise de me faire une idée de ce qui est possible aujourd'hui, de connaitre des qualités techniques de ces matériaux et leurs aspects positifs pour notre environnement. Dans les projets analysés, on a pu constater qu'une des volontés principales était de se lancer dans un projet contemporain. Cette étude est la preuve que construire en bottes de paille ou en terre ne signifie pas forcément une construction rustique mais que plusieurs possibilités sont envisageables pour concevoir un habitat contemporain qui nous ressemble, tant dans la forme que dans la technique utilisée.

De plus, nous avons pu aborder les qualités qu'offre ces constructions en terme de confort thermique, acoustique ainsi que les qualités des espaces et des ambiances. Dans les deux projets étudiés on a pu constater que l'utilisation de la paille n'a pas eu d'impacts sur les formes et les espaces souhaités. Cette étude met en avant l'utilisation des constructions en bottes de paille qui est en train de se développer en France grâce à ses performances ainsi que ses qualités écologiques.

Cependant, les rencontres m'ont permise de faire ressortir un manque d'information évident empêchant le développement de cette filière. De plus le manque de main d'œuvre qualifié dans la région pousse quelques courageux à se lancer dans le projet d'auto-construction.

Dans un deuxième temps, l'objectif général proposé était d'étudier la filière de la paille ainsi que de la terre crue afin identifier les freins au développement de la construction pour ensuite proposer un plan d'action afin de lever ces freins et établir une développement local de la filière. Apres avoir effectué des recherches sur les obstacles concernant au développement de cette filière, deux freins sont régulièrement mis en avant pour le développement et l'utilisation des techniques « terre crue » et « paille » :

Le manque de connaissance du grand public (des clients), l'absence de textes de références et les mains d'œuvre non qualifiées. A travers cette étude nous avons pu constater qu'aujourd'hui, il n'existe pas de politique « environnement durable »sur le long terme pour la construction qui pourrait être favorable au développement de la filière de paille. Cependant les acteurs de la filière placent la terre crue et la paille parmi les domaines innovants pour l'avenir de la construction contemporaine.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Les freins au développement des matériaux locaux sont nombreux. Après avoir effectué des recherches sur ces freins, nous avons pu constater que la filière des matériaux locaux est insuffisamment organisée et structurée. Les matériaux locaux (terre et paille) souffrent d'une faible représentation auprès des différents acteurs, d'un manque de lisibilité, d'un manque de compétitivité. Pour conclure nous pouvons ajouter que le développement des filières de ces matériaux dépend notamment de :

- La disponibilité de la ressource (producteurs, transformateurs, fournisseurs....).

- La reconnaissance, l'information, la communication, la sensibilisation notamment des décideurs, des élus.

- Du soutien des pouvoirs publics.

- La formation des professionnels (concepteurs, architectes, ingénieurs, artisans, agriculteurs, fonctionnaires...)

- La structuration des filières, et la normalisation.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

# Bibliographie:


**-La construction en paille**/Luc FLOISSAC /Édition : Terre vivante (9 novembre 2012)

**-Règles professionnelles de construction en paille/** RFCP (réseau français de la construction en paille)/ Édition : le Moniteur (25 novembre 2011)

**-Construire en paille aujourd'hui/** GRUBER Astrid et Herbert 2003, édition Terre vivante

**-La réception de l'architecture du mouvement moderne:** l'image, usage, héritage/ ANDRIEUX Jean-Yves 2005/ édition Broché, Saint-Etienne.

**-Pour une revalorisation des constructions en terre** (mémoire)/ Constans Michelle/ 1978

**-La réception des construction en bottes de paille** (mémoire)/ Aude GEREZ/Année universitaire 2012-2013

**-Terre crue technique de construction et de restauration/** Bruno Pignal/ Paris : Eyrolles 2004

**-Traité de construction en terre/** Hugo Houben, Hubert Guillard, Michel Dayre, Pierre-Yves Bard/ Édition Parenthèses/ 2006

**-Actualité de la construction de terre en France/**Philippe MICHEL/ paris 1983

**-Des Architectures de terre ou l'avenir d'une tradition millénaire/**Jean Dethier/centre Georges Pompidou/ Paris 1981

**-Bâtir en terre du grain de sable à l'architecture/** Laetitia Fontaine **et** Romain ANGER/édition Belin/ 2009

**-Construire en terre-paille/** Alain Marcom/ Terre vivante/2011

**-Concevoir des bâtiments en bottes de paille/** André de Bouter/la maison en paille, Eyrolles/2009

-http://www.compaillons.eu/

-http://www.homedepaille.over-blog.com

- http://craterre.org/recherche/

- http://www.terrevivante.org/609-construire-en-terre-crue


ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR