



**DIRECTION DES ETUDES ET DES
SERVICES ACADEMIQUES**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES D'INGENIEUR
DE L'EQUIPEMENT RURAL**

Présenté par :

Géraud Sossou HOUNDONUGBO

Thème :

**Constructions de toitures en tuiles au
Burkina Faso.**

MEMBRES DU JURY :

Ismaïlia GUEYE	Président (Encadreur)
Mamadou TOURE	
Hippolyte FREITAS	Encadreur
Sammy LEBELLE	
Rahim ABDOULAYE	

ISM

Juin 2005

SOMMAIRE

DEDICACE	5
REMERCIEMENTS	6
RESUME	7
Liste des abréviations	8
PREFACE	9
INTRODUCTION	10
I – METHODOLOGIE D'ETUDE	11
I.1 - La recherche documentaire	11
I.2 - Entretiens avec les encadreurs	11
I.3 - Travaux de terrain	12
I.4 - Travaux de synthèse	12
II - PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	13
II.1 - Situation géographique	13
II.2 - Géologie	13
II.3 - Pluviométrie et climat	14
II.4 - Population	14
II.5 - Type d'habitat	14
II.5.1 Habitat en zone rurale	14
II.5.2 Habitat dans la zone urbaine	17
III - GENERALITES SUR LES TOITURES	19
III.1 Fonctions de la toiture	19
III.2 Types de toitures	19
III.3 Composantes d'une toiture	20
III.3.1 La charpente	20
III.3.2 La couverture	23
IV - TOITURES EN TUILES	29
IV.1 Histoire des tuiles	29
IV.2 Typologie des tuiles	29
IV.2.1 Classification selon le type de matériau	29
IV.2.2 Classification selon la forme	32
V - TUILES AU BURKINA FASO	46
V.1 Historique	46
V.2 Diagnostique de la filière	46
V.3 Place actuelle dans le domaine de la construction	47
V.4 Description de la filière des toitures en tuiles	47
V.4.1 Producteurs de tuiles	47

V.4.2	Réalisateurs de toitures en tuiles	48
V.5	Difficultés majeures de la filière	50
VI	- MODES DE PRODUCTION ET DE POSE DES TMV	51
VI.1	Production	51
VI.1.1	Matières Premières	51
VI.1.2	Dosage	53
VI.1.3	Mélange	54
VI.1.4	Etalement	54
VI.1.5	Vibration	54
VI.1.6	Moulage des tuiles	54
VI.1.7	Démoulage	55
VI.1.8	Cure des tuiles	55
VI.1.9	Transport	55
VI.2	Pose des tuiles en mortier vibré	56
VI.2.1	Caractéristiques de la toiture	56
VI.2.2	Pose et fixation des tuiles	58
VII	- CARACTERISTIQUES MECANIKES DES TUILES	63
VII.1	- Etanchéité	63
VII.1.1	Mode opératoire	63
VII.1.2	Résultat	63
VII.2	- Résistance à la flexion	64
VII.2.1	Matériel	64
VII.2.2	Mode opératoire	64
VII.2.3	Résultats	65
VII.3	- Résistance à la traction du talon	65
VII.3.1	Mode opératoire	65
VII.3.2	Résultats	66
VII.4	- Résistance à l'impact	66
VII.4.1	Matériel	66
VII.4.2	Mode opératoire	66
VII.4.3	Résultats	67
VII.5	- Détection de microfissures	67
VII.5.1	Matériel	67
VII.5.2	Mode opératoire	67
VII.5.3	Résultats	67
VII.6	- Parallélisme	68
VII.7	- Commentaires	68
VIII	- PATHOLOGIES OBSERVES ET SOLUTIONS	69
VIII.1	- Pathologies liées à la production	69
VIII.2	Pathologies liées à la mise en œuvre de la toiture	71
VIII.3	- Pathologies liées à l'entretien	72
IX	- ETUDE COMPARATIVE DE LA TOLE ET LA TUILE	73
IX.1	- Coût	73
IX.2	- Isolation	74
IX.2.1	Isolation thermique	74
IX.2.2	Isolation acoustique	74
IX.3	Aspect esthétique	74

X - OBSERVATIONS	75
XI - PROPOSITIONS ET RECOMMANDATIONS	76
CONCLUSION GENERALE	77
Références Bibliographiques	79
ANNEXES	80

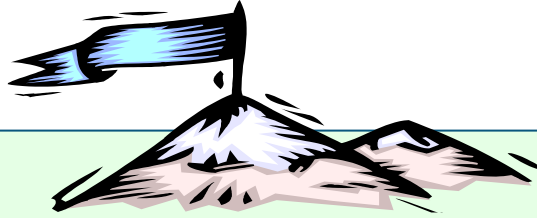
LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : pentes et recouvrements minimaux pour une tuile canal	34
Tableau 2 : Type de fixation d'une tuile canal en fonction de la pente	35
Tableau 3 : type de fixation d'une tuile canal en fonction de l'exposition au vent	36
Tableau 4 : Pentes minimales sans écran pour une tuile plate	38
Tableau 5 : Pentes minimales avec écran pour une tuile plate	38
Tableau 6 : Type de fixation des tuiles plates	39
Tableau 7 : Longueurs minimales de chevauchement des tuiles à emboîtement	41
Tableau 8 : Pentes minimales sans écran pour les tuiles à relief	42
Tableau 9 : Pentes minimales avec écran pour les tuiles à relief	43
Tableau 10 : Pentes minimales sans écran pour les tuiles à pureau plat	43
Tableau 11 : Pentes minimales avec écran pour les tuiles à pureau plat	44
Tableau 12 : Fixation des tuiles à emboîtement en partie courante	45
Tableau 13 : Granulométrie des agrégats du mortier	52
Tableau 14 : Dosage volumétrique du mortier	53
Tableau 15 : Charge en fonction de l'épaisseur	64
Tableau 16 : Devis estimatif d'une toiture	73
Tableau 17 : Coefficient de conductivité thermique de quelques matériaux	74

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du Burkina Faso	13
Figure 2 : Charpente en pannes	21
Figure 3 : Charpentes en fermes, pannes et chevrons	22
Figure 4 : Type de charpente couramment réalisé au Burkina Faso	49
Figure 5 : Disposition des liteaux	57
Figure 6 : Pose des tuiles normales	59
Figure 7 : Pose des tuiles faitières	59
Figure 8 : Fixation par clouage	61
Figure 9 : Fixation par attache	61
Figure 10 : Test d'étanchéité	63
Figure 11 : Test de résistance à la flexion	65
Figure 12 : Test de résistance à la traction du talon	66
Figure 13 : Test de détection de microfissures	67

DEDICACE



- *Au Seigneur Dieu tout Puissant qui m'a créé et qui m'a donné la faculté de connaître et de comprendre, qu'il soit loué éternellement Amen !*
- *A Maman qui m'a donné la vie et qui a guidé mes premiers pas dans la recherche du savoir et de la réussite, qu'elle trouve ici la joie ;*
- *A mon défunt Papa auprès de qui j'ai eu le goût de la sagesse, qu'il se repose en paix ;*
- *A mes frères et sœurs dans la foi qui m'ont été d'un grand secours durant mes études au Burkina Faso ;*
- *A mes sœurs et frères qui m'ont toujours soutenu et éprouvé de la joie pour mes victoires, que le fileo puisse nous unir davantage ;*
- *A mes camarades de l'EIER qui m'ont permis d'étendre ma famille au-delà des frontières, que notre grandeur se fasse entendre en Afrique et dans le monde entier ;*
- *A mes Professeurs qui m'ont transmis leurs connaissances, je leur souhaite du bonheur.*

REMERCIEMENTS

Du profond de mon cœur, j'exprime ma gratitude à tous ceux qui ont contribué à la réussite de ce travail. Je remercie principalement :

- ② Mon encadreur M. Ismaïlia GUEYE pour son entière disponibilité et les motivations que j'ai reçues de lui ;
- ② M. Hyppolite FREITAS qui a suscité en moi l'engouement pour le génie civil ;
- ② M. Hubert Marie Aimé BAMOUNI, Directeur du projet LOCOMAT pour sa disponibilité à mon égard durant mes recherches ;
- ② M. ZI Mahamadou pour toutes les informations utiles qu'il m'a fourni ;
- ② M. SANOU Guy, architecte à la Direction Générale de l'Architecture et de la Construction pour sa collaboration ;
- ② Le corps enseignant de l'EIER pour la qualité de la formation reçue.

Ma gratitude va également à l'endroit de tous les amis qui ont toujours créé une bonne ambiance autour de ma personne.

- ② Je n'oublierai jamais les bons moments passés à l'EIER avec toute la 34^{ème} promotion qui a su garder une très bonne ambiance durant les trois (03) années de formations ;
- ② Je salue aussi l'ensemble des élèves de l'EIER qui m'ont apporté leur soutien pendant mon mandat au sein du comité des élèves. Ces souvenirs ne seront jamais perdus.

AUTEUR : HOUNDONUGBO Sossou Géraud

Professeur responsable : M. Ismaïlia GUEYE

THEME

Constructions de toitures en tuiles au Burkina Faso

RESUME

La recherche d'un habitat décent a toujours été une préoccupation majeure pour les peuples à travers le monde.

La toiture, tout comme les autres parties d'une construction, joue un rôle important du point de vue de la protection contre les intempéries et autres phénomènes naturels.

Le Burkina Faso, à l'instar des pays en voie de développement rêve d'une politique permettant une réduction considérable du coût de construction à travers la valorisation des matériaux locaux tels que la tuile, les blocs de terre comprimée, etc...

Cette étude présente ce matériau qu'est la tuile, sa filière au Burkina Faso, les avantages liés à ce type de couverture et les problèmes majeures que rencontre ce matériau dans le domaine de la construction dans ce pays.

De cette étude, il ressort que la tuile reste encore mal répandue au Burkina Faso, quand bien même qu'elle ait connue un essor considérable dans les années 90. Ce phénomène est lié surtout à la méconnaissance des procédés de production de la tuile et de la mise en œuvre de ce type de toiture. De plus, le bois étant un matériau rare dans le pays freine quelque la vulgarisation de ce genre de couverture.

Néanmoins, la tuile présente des avantages surtout au niveau du confort thermique et de l'isolation acoustique ; deux aspects à considérer dans un pays à températures élevées.

Des solutions d'approche allant d'une formation accrue des acteurs de la filière concernée à l'appui à la mise en place de nouvelles PME, en passant par une normalisation des caractéristiques mécaniques et de résistance des produits, sont proposées en vue d'une meilleure valorisation de ce matériau.

Mots clefs : Burkina Faso, tuiles, toitures, constructions, charpente, couverture, valorisation, matériaux locaux

Liste des abréviations

BIT	: Bureau International du Travail
CNUEH	: Centre des Nations Unies pour les Etablissements Humains
DDA	: Direction de la Coopération au Développement et de l'Aide Humanitaire Suisse
EIER	: Ecole inter-états d'Ingénieurs de l'Equipement Rural
ETSHER	: Ecole inter-états des Techniciens Supérieurs de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural
INSD	: Institut National de la Statistique et de la Démographie
PNUD	: Programme des Nations Unies pour le Développement
SIAO	: Salon International de l'Art de Ouagadougou
SKAT	: Centre de Coopération Suisse pour la Technologie et le Management
TFM	: Tuile en Fibro-Mortier
TMV	: Tuile en Mortier Vibré

PREFACE

« La société saine est celle qui produit des groupes d'habitations disposant de tous les équipements vitaux favorisant l'évolution de l'être humain dans le confort, la stabilité et le progrès. »

IBN Khaldoun, penseur tunisien du XIV^{ème} siècle

INTRODUCTION

L'Afrique est confrontée au grave problème de l'habitat. Il est aujourd'hui nécessaire de développer et de promouvoir des matériaux et techniques de construction adaptées aux conditions locales pour satisfaire la demande en équipements publics et en logements.

La couverture représente un poste très important (souvent supérieur à 30 %) dans le coût de la construction de logements économiques.

L'introduction du matériau allogène comme la tôle ondulée a entraîné une dépendance vis-à-vis de l'extérieur et une régression des confort thermique et acoustique. Après la dévaluation, les importations de tôles ondulées représentent pour les Etats une dépense très lourde (par exemple au Burkina Faso, les tôles ondulées représentent 9 % de l'ensemble des produits manufacturés importés. Chiffre cité lors du Séminaire HABITAT qui s'est tenu à Ouagadougou en Octobre 1994 –Bulletin d'Informations Statistiques et Economiques).

La politique actuelle dans la plupart des pays ayant les problèmes de construction, est la recherche du logement économique pour satisfaire les besoins des populations en la matière.

Pour résoudre ces problèmes de construction, il faut recourir à :

- ✓ Des technologies de construction moins coûteuses et répondant le plus possible aux exigences des populations en matière d'économie et de confort ;
- ✓ Des solutions d'amélioration des matériaux locaux souvent utilisés dans les constructions afin de réduire le coût de construction qui paraît plus cher que le coût de construction moderne ;
- ✓ Des technologies de construction simples, ne demandant pas une très grande qualification pour leur réalisation, et pouvant être appliquées par les populations elles-mêmes, favorisant ainsi l'utilisation d'une main d'œuvre locale afin de mieux lutter contre la pauvreté.

Pour ce faire au cours de la présente étude, nous présenterons tout d'abord ce matériau qu'est la tuile, la place qu'elle occupe dans la construction et les types de toiture au Burkina Faso, et enfin nous proposerons des solutions possibles en vue de sa valorisation.

Ce travail est essentiellement bibliographique.

I – METHODOLOGIE D'ETUDE

La méthodologie adoptée pour ces travaux s'est articulée autour des axes suivants :

- ✓ La recherche documentaire ;
- ✓ Les entretiens avec les encadreurs ;
- ✓ Les travaux de terrain ;
- ✓ Les travaux de synthèse.

I.1 - La recherche documentaire

Cette phase avait pour but, la collecte d'informations et la recherche de la documentation nécessaire pouvant orienter l'étude.

Cette recherche nous a conduit successivement :

- ✓ Au Centre de Documentation et d'Information (CDI) de l'EIER ;
- ✓ A la Direction Générale de l'Architecture et de la Construction (DGAC) ;
- ✓ A l'Institut National des Statistiques et de la Démographie (INSD) ;
- ✓ Au Secrétariat Général de l'Habitat ;
- ✓ Au siège du projet LOCOMAT ;
- ✓ A quelques bibliothèques de la ville de Ouagadougou.

Ainsi, quelques ouvrages et publications ont été consultés, pour faire le point des idées. La liste des documents consultés se trouve dans la bibliographie de la présente étude.

I.2 - Entretiens avec les encadreurs

Ces entretiens avaient pour but de recevoir les conseils et orientations pour mener à bien cette étude. Ils ont permis également de rendre le sujet très explicite dans les esprits de manière à fixer clairement les idées de tout un chacun, de définir le contenu du mémoire et le planning de l'étude.

I.3 - Travaux de terrain

Ces travaux de terrain effectués à Ouagadougou étaient constitués essentiellement des visites des sites de production de tuile en mortier vibré, des entretiens auprès de quelques charpentiers poseurs de tuiles et de différents intervenants dans le domaine de construction utilisant les tuiles tels que:

- ✓ Des architectes et des ingénieurs impliqués dans la conception des toitures;
- ✓ Des personnes s'étant investies dans les constructions en toitures de tuiles ;

A cet effet, des questionnaires et des guides d'entretien ont été réalisés. Les objectifs de ces questionnaires et guides d'entretien étaient de :

- ✓ Recueillir auprès des producteurs de tuiles et des réalisateurs de toitures, les informations sur les techniques utilisées et les investissements à assurer pour réaliser une construction avec toiture en tuiles au Burkina Faso.
- ✓ Obtenir auprès du projet LOCOMAT les actions menées dans le cadre de la valorisation de ce type de matériau dans la construction au Burkina Faso.

I.4 - Travaux de synthèse

D'une manière générale, les données de terrain sont des données brutes. Ainsi durant cette dernière phase, nous avons dépouillé, traité et analysé toutes les données recueillies pour pouvoir les utiliser pour les besoins de la cause, et ainsi faire ressortir finalement dans le rapport de mémoire l'état des lieux, les techniques de production et de pose des tuiles fabriqués localement.

II - PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE



Figure 1: Localisation du Burkina Faso

II.1- Situation géographique

Le Burkina Faso est situé entre 2 et 6° de longitude Ouest et les parallèles 11 et 15° de latitude Nord. Entièrement enclavé au centre de l'Afrique de l'Ouest il appartient à la Zone soudano-sahélienne. Sa superficie est de 274 200 km²; ses ressources naturelles sont limitées. Il n'a pas d'accès direct à la mer. Ses débouchés sont Abidjan en Côte d'Ivoire par route et voie ferrée, Cotonou au Bénin, Lomé au Togo, Accra au Ghana par la route.

II.2- Géologie

Géologiquement il comporte les formations cristallines du Précambrien C et D (Birimien et Antébirimien) qui couvrent plus de la moitié du pays. La majeure partie du pays, d'altitude de 200 à 500 m, est le domaine des plateaux latéritiques parfois cuirassés ou mollement vallonnés.

II.3- Pluviométrie et climat

La pluviométrie annuelle varie de 1400 à 1100 mm dans le Sud Ouest, avoisine 900 mm dans la région centrale et décroît progressivement jusqu'à 500 mm dans les régions sahéliennes. Les températures diurnes atteignent 35 à 45° C avec des minimums nocturnes supérieurs à 20° C.

II.4- Population

Le pays compte environ 10 248 000 habitants dont, selon les critères administratifs et démographiques, 22 % de citadins. La densité moyenne est de 33,5 habitants/km². La croissance démographique est de l'ordre de 2,68 %. La population est très jeune et 48 % de celle-ci a moins de 15 ans.

L'agriculture occupe près de 80 % de la population active alors que 13 % et 6 % respectivement travaillent dans l'industrie (dominée par les petites et moyennes entreprises) et les services.

II.5- Type d'habitat

Au Burkina Faso, on distingue deux zones d'habitat : l'habitat en zone rurale et l'habitat en zone urbaine.

II.5.1 Habitat en zone rurale

Cet habitat de type traditionnel est très varié et caractérise chaque région et ethnie. On peut regrouper les différents types d'habitat de la zone rurale en trois grands groupes suivant les formes et les types de matériaux de construction.



Type 1 : Se situe au grand Nord du Burkina : Ce sont généralement des Habitations temporaires en forme de dôme (photo 1), ou de tente qui reflète le mode de vie de la société du milieu (société nomade). Il s'agit de l'habitat peul et touareg.



Photo 1 : Habitat au Sahel

Type 2 : Se rencontre au centre : ce sont des habitations de forme circulaire et à toiture conique en paille (photo 2). Ce genre d'habitat se retrouve chez les mossi, les bissa, les gourmantché. Cet habitat comporte des nuances et des variantes suivant la technique et la maîtrise de l'art de construire des différents groupes ethniques.



Photo 2 : Habitat au centre

Type 3 : Se situant au Sud et à l'ouest ; cette zone se caractérise par plusieurs variantes d'habitat qui ont en commun la forme orthogonale avec une toiture plane en armagasse (mélange de terre, d'eau et de bouse de vache). C'est cet habitat que l'on retrouve chez les Bobo, lobi-dagara, gourounsi, samo, marka. A chaque groupe ethnique correspond une certaine variante.



Photo 3 : Habitat au pays Lobi



Photo 4 : Habitat en pays Gourounsi

Le développement économique de ces régions de l'Ouest et du Sud a fait que des possibilités existent et on s'attelle beaucoup plus à traduire le niveau d'évolution à travers son habitat. Ainsi l'habitat de type gourounsi se traduit par sa richesse en forme. En dehors de ces formes on remarque que la décoration occupe une place très importante dans cet habitat. Elle correspond à des signes désirés qui traduisent les symboles de la société.

En zone rurale l'habitat tire ses matériaux de la nature. Aujourd'hui on constate l'introduction de matériaux importés tels que la tôle ondulée en couverture.

II.5.2 Habitat dans la zone urbaine

En ville l'habitat traditionnel a subi de grandes mutations. L'habitat est composé de logement, des équipements, des infrastructures d'accompagnement et des immeubles. Cet habitat est parfois l'oeuvre des architectes, des urbanistes et des ingénieurs. Il est très varié dans ses formes, styles et standing. Bien que de style moderne il tire son inspiration de l'habitat traditionnel. On peut dénombrer plusieurs types de logements.

➤ **Logement de type traditionnel :**

Se trouve dans les quartiers populaires dans les zones non loties généralement construites en banco crépis en ciment ou en banco avec toiture en tôle.

➤ **Logement de type moyen standing :**

Se rencontre dans les zones loties c'est la synthèse du type traditionnel et du type moderne : ce sont des logements construits en banco amélioré ou en matériaux définitifs (Agglos de ciment), avec toiture en tôle. Les ouvertures sont en menuiseries métalliques.

➤ **Logement de type grand standing :**

Se rencontre dans les quartiers résidentiels, et dans les quartiers lotis. Ce sont des logements coûteux et plus durables. Construits en matériaux définitifs avec toiture en tôle et faux plafond (contreplaqué ou staff) ou en dalle. Les ouvertures sont en menuiserie métallique vitrée ou en aluminium vitré avec tout le confort. On trouve aussi quelques immeubles à usage de logements collectifs.

➤ **Equipements :**

Les bâtiments à usage de bureaux, commerce, équipements sociaux boutiques etc. sont réalisés en immeuble d'un à plusieurs étages dont la plupart est au centre ville. Ils donnent l'aspect "cosmopolite à la ville".

➤ **Politique de l'habitat**

Dans l'objectif de fournir un logement décent à tous, de 1984 à 1990 l'état s'est investi dans la réalisation de logements sociaux en grand nombre à travers les différentes

cités (AN II, AN III, AN IV. A. et B, 1200 logements, Song-taaba, Logement SOCOGIB, etc... et dans l'aménagement des quartiers périphériques spontanés par des opérations de lotissements.

Depuis lors la politique de l'habitat est basée sur :

- un désengagement progressif de l'état dans la production du logement
- l'appui, et la promotion des promoteurs immobiliers privés dans la réalisation des logements.
- la viabilisation des parcelles et leur vente aux ménages et aux opérateurs économiques (Projet Ouaga 2000, SOCOGIB, aujourd'hui la SONATUR)
- la promotion des matériaux locaux (projet LOCOMAT), avec pour objectif, amoindrir les coûts et rendre accessible à la population un logement décent.

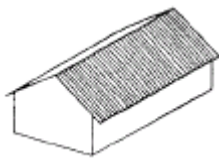
III - GENERALITES SUR LES TOITURES

III.1 Fonctions de la toiture

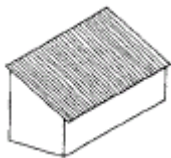
La toiture, avant tout, doit abriter le bâtiment des intempéries : pluies, poussières, ... Elle doit aussi tenir aux vents violents grâce à la bonne fixation de tous ses composants. Considérée comme la cinquième façade du bâtiment, elle apporte aussi son cachet et contribue activement à l'esthétique de l'habitation. Ces dernières années, on lui attribue de plus en plus d'autres fonctions proches du confort, comme l'isolation thermique et elle sera bientôt source d'énergie.

III.2 Types de toitures

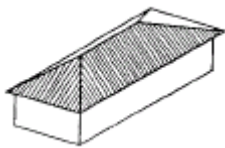
Les toitures varient selon la forme adoptée et le nombre de versants qu'elles comportent :



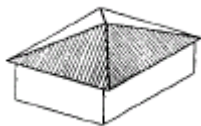
Toiture à deux versants ou toiture en bâtière



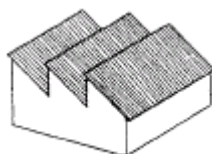
Toiture à versant unique ou toiture monopan



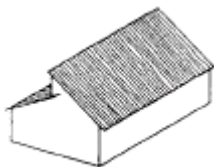
Toiture à quatre versants ou toiture en croupe



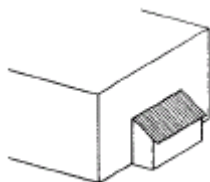
Toiture en pyramide



Toiture en shed



Toiture à versants coupés



Appentis

III.3 Composantes d'une toiture

Tout d'abord il y a le support, constitué par la charpente qui peut être en bois ou métallique. La charpente en bois est soit traditionnelle soit industrialisée comme les fermettes. Sur cette charpente vient l'écran de sous-toiture et l'élément de couverture proprement dit, exemple la tôle ondulée ou la tuile avec son liteau, et enfin toutes les pièces de finition, qu'elles soient spécifiques à la tuile posée (Chatière, douille..), ou qu'elles soient communes (faîtières, rives, arêtiers), ainsi que des accessoires qui vont rendre la couverture plus performante.

III.3.1 La charpente

III.3.1.1 Morphologie

Une charpente est un ouvrage formé de pièces assemblées à l'aide d'éléments en bois ou en métal.

La charpente désigne en général l'ouvrage portant la toiture ; elle délimite un espace intérieur nommé comble (perdu ou habitable).

La morphologie d'une charpente est déterminée par des conditions :

- géométriques (formes du bâtiment en plan et en élévation,...)
- climatiques (nécessité d'évacuer les eaux pluviales, prise aux vents dominants minimisée,...) ;

- mécaniques (résistance aux actions appliquées par la couverture et son support en les maintenant stables,...) ;
- esthétiques (intégration au style régional, éclairage intérieur,...) ;
- économiques (minoration des coûts d'études, de fabrication et de mise en œuvre,...).

III.3.1.2 Constitution de charpentes types

Les éléments constitutifs d'une charpente sont très divers. Leur fonction commune est d'assurer le transfert des charges, en provenance du support de la couverture vers l'ossature du bâtiment, dans les meilleures conditions de stabilité.

Ainsi on peut adopter, dans les cas courants, l'une des trois constitutions types présentées ci-après.

- **Pannes** : cette solution est possible lorsque le bâtiment présente des refends porteurs (en général transversaux) épousant la forme de la toiture et distants de 4 à 5 m environ. Les pannes sont appuyées sur ceux-ci à leurs extrémités. Perpendiculairement à ces pannes, on pose ensuite des chevrons de contreplaqué ou des complexes isolants supports de couverture.

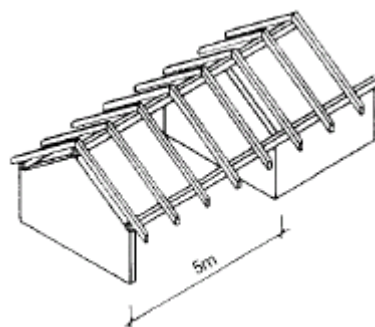


Figure 2 : Charpente en pannes

- **Fermes, pannes et chevrons** (figure) : cet ensemble constitue une « charpente traditionnelle ».

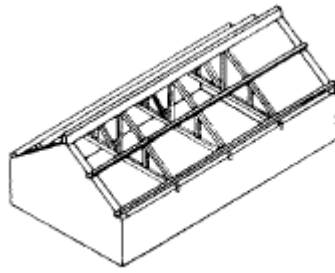


Figure 3 : Charpentes en fermes, pannes et chevrons

Dans un cas simple (exemple : bâtiment rectangulaire à mur pignon formant les rampants, toiture à deux versants symétriques, comble perdu), les fermes toutes identiques sont distantes de 4 à 5m. Elles supportent les pannes (une faîtière, une intermédiaire et une sablière par versant), qui reçoivent les chevrons sur lesquels le support de toiture est rapporté (liteaunage, voligeage, ou équivalent...).

- **Fermettes** : Ces éléments industrialisés reçoivent directement le support de couverture.

III.3.1.3 Constitution type des fermes ou fermettes

Les fermes situées en partie courante d'une toiture se différencient essentiellement par rapport à l'habitabilité des combles (perdus ou habitables), et à leur portée (qui détermine en partie leur constitution).

III.3.1.4 Eléments de calcul et de conception

Le règlement CB 71 (AFNOR P 21-701) fixe les règles de calcul et de conception des charpentes en bois.

Le DTU n° 31-1 (AFNOR DTU P 21-203) est composé des cahiers de clauses techniques et spéciales des charpentes et escaliers en bois.

Le DTU n°31-3 (AFNOR DTU P 21-205) fixe des règles de conception et de calcul des charpentes en bois assemblées par connecteurs métalliques ou goussets.

III.3.2 La couverture

III.3.2.1 Définition et classification

La couverture est la partie extérieure de la toiture : c'est un dispositif étanche aux précipitations atmosphériques, recouvrant la partie supérieure des bâtiments, ne participant pas, en général, à la stabilité de l'ouvrage.

Une couverture doit s'adapter aux formes de pentes des bâtiments, aux sites climatiques, aux exigences architecturales particulières.

Une couverture doit assurer :

- l'imperméabilité de la toiture (étanchéité intrinsèque du matériau), associée à des dispositions particulières (recouvrement par exemple) ;
- un complément d'étanchéité vis-à-vis de la neige poudreuse (pour les pays tempérés) ou de la brume, susceptibles de pénétrer entre les éléments sous l'effet du vent (généralement assurée par un écran)

On distingue **deux grandes familles de couvertures** (hors toiture-terrasse) :

- les couvertures à petits éléments (tuiles, ardoise naturelle, bardeaux bitumés,...) ;
- les couvertures à grands éléments (tôle ondulée,...).

III.3.2.2 Terminologie relative à la couverture

➤ **Eléments apparents de la couverture**

Les éléments apparents de la couverture sont définis comme suit :

- **Arêtier** : ligne saillante inclinée, droite ou courbe, formée par l'intersection latérale de deux pans de couverture.
- **Châssis** : ouvrage métallique recouvrant une ouverture, composé soit d'un dormant fixé sur le comble et d'une partie ouvrante généralement vitrée appelée abattant, soit d'un dormant sans partie ouvrante.
- **Chatière** : ouvrage destiné à l'aération des combles.

- **Comble** : ensemble constitué par la charpente et la couverture.
- **Croupe** : pan de couverture de forme généralement triangulaire, limité par des arêtières et dans le bas par un égout
- **Egout** : ligne basse d'un pan de couverture.
- **Faîtage** : ligne de partage des eaux, déterminée par l'intersection supérieure de deux pans alternés de couverture.
- **Lucarne** : construction recouvrant une baie ouverte sur un pan de couverture. Le dessus est recouvert par un comble, les côtés forment les jouées.
- **Noue** : ligne rentrante inclinée, droite ou courbe, formée par l'intersection latérale de deux pans de couverture. C'est, avec l'égout, la ligne de couverture qui reçoit le plus d'eau.
- **Pénétrations** : elles peuvent être continues (tête de pignon, mur mitoyen) ou discontinues (souche).
- **Queue de vache** : saillie de toit, qui se trouve à l'égout d'un pan de couverture, pour protéger les façades et toutes les saillies qu'elles comportent.
- **Rive latérale** : ligne limitant un pan de couverture sur ses côtés.
- **Rive de tête** : ligne située à la partie haute d'un pan de couverture.
- **Saillie de rive** : saillie de toit située sur les rives des combles pour protéger les murs et toutes les saillies qu'ils comportent.
- **Versant ou long pan** : pan de couverture limité en tête par un faitage ou une rive de tête, dans le bas par un égout et sur les côtés par des rives, arêtières ou noues.
- **Trappe d'accès** : ouvrages permettant l'accès sur la couverture.

➤ **Eléments supports de la couverture**

Le support de couverture est l'élément servant directement d'appui aux éléments de la couverture (tuile, etc.) et assurant son positionnement. Il peut être constitué notamment par des liteaux, des voliges ou des planches emboîtés ou bord à bord, des panneaux contreplaqués (extérieur CTB-X : NF B 54-160 et 161), des panneaux de particules (CTB-H : NF B 54-100 et 110)

Un voligeage est une aire constituée par des voliges clouées sur les chevrons et destinée à recevoir les matériaux de couverture.

➤ **Termes relatifs à la mise en œuvre**

Les termes suivants sont utilisés pour décrire la mise en œuvre d'éléments de couverture.

L'écart de feu est la distance entre les bois et la face intérieure des conduits, au droit de des cheminées. Les bois s'arrêtent à la distance de l'écart de feu, pour être remplacés par un glacis en plâtre ou en mortier de liant hydraulique.

Un écran (sous-toiture) est un élément généralement continu, souple ou rigide, armé ou non, interposé entre le comble et la face interne des tuiles

Une embarrure est un garnissage en mortier ou en plâtre calfeutrant le vide entre les bords d'une faîtière et les tuiles de la couverture.

Un larmier est constitué par l'ensemble des pliures comprenant un pli, un biseau et une pince.

Un noquet est un ouvrage métallique à reliefs destiné à raccorder la couverture avec une pénétration contre un mur ou un tasseau.

Le pannetonnage est l'opération consistant à attacher par le dessous les tuiles d'une couverture exposé à de grands vents.

Un parement est un garnissage en mortier ou en plâtre analogue à l'embarrure, mais sur une rive latérale.

Un pureau (P) est la partie visible des éléments d'une couverture en petits éléments ; ce terme s'emploie en général pour désigner la hauteur de cette partie.

Le recouvrement (R) est la partie haute de l'ardoise ou de la tuile qui ne reçoit jamais d'eau directement. Ce terme s'emploie en général pour désigner la hauteur de cette partie.

Un solin est un garnissage en mortier ou en plâtre en forme de talus, recoupé du côté de la tuile et amorti sur la paroi du mur ou de la pénétration.

Un tenon est un relief profilé en sous-face de tuile permettant son accrochage sur le support (liteaux par exemple).

Un toit froid est un toit conçu de telle façon qu'il existe, sous les tuiles et leur support, un espace ventilé séparé du volume du comble par un écran formant une isolation thermique. C'est pratiquement la seule technique mise en œuvre sur les constructions neuves.

III.3.2.3 Critères de choix

Afin de choisir le type de couverture à utiliser, il conviendra d'examiner les critères suivants :

- le lieu de la construction (région, site) ;
- la pente et la longueur des versants ;
- la forme de la couverture pour repérer l'importance des pénétrations.

➤ **Zones climatiques**

On distingue trois zones climatiques définies dans le NF-DTU 40.21, le NF-DTU 40.22 et le NF DTU 40.211 en ce qui concerne la France ; ces zones prennent en compte l'interaction pluie-vent :

- **Zone I** : tout l'intérieur du pays situé à une **altitude inférieure à 200 m.**

- **Zone II** : côte atlantique sur une profondeur de 20 km de Lorient à la frontière espagnole : transition de 20 km entre la région I et la région III pour les côtes de la Manche et de la Bretagne ; **altitudes comprises entre 200 et 500 m.**

- **Zone III** : côtes de la mer du Nord, de la Manche et de l'Atlantique jusqu'à Lorient sur une profondeur de 20 km ; vallée du Rhône jusqu'à la pointe des trois départements Isère, Drôme et Ardèche ; Provence, Languedoc-Roussillon, Corse ; **altitudes au-dessus de 500 m.**

Remarque : En ce qui nous concerne, on caractérisera chaque zone en fonction des altitudes qui leur sont associées pour s'adapter aux conditions locales.

➤ **Types de sites**

Un site est une surface localisée de très faible étendue par rapport aux zones définies les régions. Ce paramètre permet de prendre en compte les effets résultant de la situation locale. Ainsi on désigne par :

- **Site protégé :**

Fond de cuvette entouré de collines sur tout son pourtour et protégé ainsi quelle que soit la direction du vent,

Terrain bordé de collines sur une partie de son contour correspondant à la direction des vents les plus violents.

- **Site normal :**

Plaine ou plateau pouvant présenter des dénivellations peu importantes, étendues ou non (vallonnements, ondulations)

▪ **Site exposé :**

Au voisinage de la mer :le littoral sur une profondeur d'environ 5 km, le sommet des falaises, les îles ou presqu'îles étroites,les estuaires ou baies encaissées et profondément découpés dans les terres.

A l'intérieur du pays : les vallées étroites où le vent s'engouffre, les montagnes isolées et élevées et certains cols.

➤ **Pente d'un versant**

La pente du toit est l'angle que fait la ligne de plus grande pente des eaux du versant avec le plan horizontal.

L'inclinaison d'une couverture s'exprime en degrés par rapport à l'horizontale : définir la pente par mètre peut faciliter le tracé à l'atelier ou sur le chantier.

IV - TOITURES EN TUILES

IV.1 Histoire des tuiles

Depuis des millénaires, l'Homme a façonné et cuit l'argile, pour produire des poteries (vases, jarres...), c'est tout naturellement qu'il a pensé à cette technique pour fabriquer des éléments de couverture, tuiles canal d'abord, en imitant les bambous utilisés en Chine, tuiles plates ensuite, en alternative à l'Ardoise, puis tuiles à emboîtement.

Au départ, les tuiles étaient faites exclusivement en terre cuite, mais aujourd'hui une variété de matériau s'offre dans leur fabrication. Ainsi on trouve de nos jours des tuiles en terre cuite, des tuiles en béton, et aussi des tuiles en métal.

IV.2 Typologie des tuiles

IV.2.1 Classification selon le type de matériau

IV.2.1.1 Tuiles en terre cuite

➤ **Historique**

Dans les provinces occidentales, chaque village possédait sa tuilerie; la terre était extraite à la main, pétrie, façonnée dans des moules, séchée à l'air libre et cuite dans des fours à bois.

Il se produisait ainsi de la tuile plate si on était dans la partie Nord, de la tuile « Canal » si on était en partie Sud.

Au XIX^{ème} siècle, une première vague d'industrialisation a permis de fabriquer des tuiles par la technique du pressage, plus économiques car nécessitant moins de tuiles au m²: dans le Nord sont nées les tuiles petits moules (18 à 22 au m²) dans les régions où le retrait de l'argile au séchage et à la cuisson était important et les grands moules (13 à 16 au m²) où le retrait était plus faible; dans le Sud sont venues plus tard les tuiles grands moules à fort galbe (13 à 15 au m²) du type Romane.

Ces dernières années, les développements de produits se sont accélérés, recherchant à la fois l'économie (modèles 10 au m²), et une meilleure esthétique (Aspect plus typé tuile Plate dans le Nord et plus typé Canal dans le Sud).

➤ **Procédé de Production des tuiles en terre cuite.**

La production de tuiles en terre cuite nécessite 6 étapes : l'extraction, la préparation de l'argile, le façonnage, le séchage, la cuisson et le conditionnement.

Etape 1 : l'extraction de l'argile. En fonction de la nature du gisement, l'extraction s'effectue par moyen mécanique plus ou moins puissant comme les bulldozers, pelles mécaniques ou scrapeurs auto-chargeurs.

Etape 2 : la préparation de l'argile. Pour obtenir une terre homogène, l'argile est concassée, débarrassée de ses impuretés, éventuellement additionnée de dégraissants et ensuite stockée.

Etape 3 : le façonnage. La terre homogène est introduite dans une extrudeuse. Elle en sort sous la forme d'une bande continue d'épaisseur constante. Coupée à la dimension voulue, la future tuile est pressée pour obtenir sa forme définitive.

Etape 4 : le séchage. Il est effectué dans des chambres ou des séchoirs tunnels. Les tuiles doivent être soumises à un courant d'air parfaitement contrôlé. C'est une opération délicate. Il faut contrôler le retrait et éviter toute fissure.

Etape 5 : la cuisson. Les tuiles sont déposées sur des supports réfractaires, eux même empilés sur des wagons. A l'intérieur d'un four tunnel, les tuiles subissent un préchauffage avant d'être cuites et refroidies selon un programme établi.

Etape 6 : le conditionnement. A la sortie du four, les tuiles ont acquis leur véritable qualité. Elles sont alors mises en palettes pour pouvoir être stockées et livrées.

IV.2.1.2 Tuiles en béton

➤ **Historique**

C'est un Danois, Jörgen Peter Jörgensen, qui, reprenant l'invention de l'Allemand Adolph Kroer, a développé la production de tuiles béton dans le Nord de l'Allemagne et au Danemark (1887), où elle sera vite adoptée pour ses qualités de résistance au gel, en remplacement des couvertures en "bois".

En 1919, Redland, en Angleterre sort les premières tuiles béton avec le procédé de fabrication individuel par vibration.

En 1925, l'invention de la machine à extrusion fait entrer cette tuile dans l'ère réellement industrielle mais Redland n'exploitera cette technique qu'en 1940.

En France, elle démarre vraiment en 1960, avec la première usine de la Société Française Redland près d'Orléans. Plusieurs industriels se sont lancés dans leur fabrication: seule la gamme Redland de Lafarge Couverture perdure aujourd'hui.

➤ **Type de tuiles en béton**

On en rencontre généralement trois types :

- La tuile en béton ordinaire, fabriquée par les industriels ;
- La tuile en fibro-mortier (TFM) qui consiste à réaliser une tuile produite avec un mortier de ciment, auquel on ajoute de petites quantités de fibres naturelles ou synthétiques ;
- La tuile en Vibro-mortier (TVM) ou tuile en mortier vibré (TMV) où des agrégats de petits calibres remplacent les fibres.

IV.2.1.3 Tuiles en métal

Elles sont récentes et se présentent sous deux formes en général :

- Les tuiles « granit » : elles ont la forme des tuiles courante en terre cuite mais sont fabriquées à partir d'acier ou d'alliage de métaux et recouvertes en surface de granites incorporés dans le métal ;
- Les tuiles dites « métalliques », qui sont des plaques métalliques de dimensions plus grandes que les tuiles ordinaires (souvent 150 cm X 45 cm) pouvant

s'emboîter les unes sur les autres et dont la forme extérieure épouse l'aspect des tuiles.

Ces tuiles sont peu courantes et elles sont surtout recherchées par les amateurs de tuiles sceptiques de l'étanchéité des tuiles en béton ou terre cuite et désirant obtenir l'esthétique procurée par les toitures en tuiles.

IV.2.2 Classification selon la forme

On distingue trois grandes familles de tuiles :

- les tuiles « canal » ;
- les tuiles plates ;
- les tuiles à emboîtement ou à glissement ; cette famille est elle-même divisée en deux sous-familles, en fonction de l'aspect :
 - les tuiles à emboîtement à pureau plat,
 - les tuiles à emboîtement ou à glissement à relief.

Le bon comportement d'une couverture est lié, d'une part, à l'utilisation de tuiles de bonne qualité, et d'autre part, au respect des principes essentiels de mise en œuvre.

IV.2.2.1 Tuiles « canal »

➤ **Description**

Ce sont des produits dérivés des tuiles romaines. Leur aspect est celui d'une gouttière.



Photo 5 : tuile « canal »

L'étanchéité est assurée par un recouvrement de l'ordre de 14 à 17 cm de la tuile d'amont sur la tuile d'aval. Latéralement, l'étanchéité est obtenue par recouvrement de la

tuile de couvert (tuile de dessus) à cheval sur deux lignes de tuiles de courant (tuile de dessous).

Leurs caractéristiques dimensionnelles s'inscrivent dans les plages de valeurs suivantes :

- longueur : 25 à 60 cm ;
- largeur à l'extrémité évasée : 16 à 21 cm ;
- Largeur à l'extrémité resserrée : 14 à 17 cm ;
- Epaisseur : 6 à 12 mm (variable selon le type de matériau utilisé)
- nombre au m² : 20 à 40.

En général, les mêmes éléments sont utilisés comme tuiles de courant lorsqu'ils sont placés concavité vers le haut, et comme tuiles de couvert lorsqu'ils sont placés concavité vers le bas. Toutefois, le profil des tuiles de courant peut être différent de celui des tuiles de couvert et comporter, par exemple, un fond plat.

Les tuiles de courant, quel que soit leur profil, peuvent être dotées d'un ou deux tenons d'accrochage permettant leur pose sur liteaux.

➤ **Supports**

Ils varient suivant la région et les usages locaux. Ils peuvent être de quatre sortes :

- Support discontinu réalisé en chevrons de section triangulaire ou trapézoïdale disposés suivant la ligne de plus grande pente et espacés à un entraxe fonction des données dimensionnelles de la tuile, mais réservant un espace de 2 à 3 cm entre deux tuiles de courant voisines, au droit de la partie la plus large.
- Support constitué par un voligeage jointif ou à l'aide de panneaux de contreplaqués ou de panneaux de particules posés sur le chevronnage. Le voligeage ou platelage peut être remplacé par des briques creuses spéciales dites « briques de couvert ».
- Support continu réalisé comme un plancher incliné, généralement en céramique et béton armé ou précontraint, pouvant comporter un berceau assurant le calage des tuiles de dessous.

- Linteaux dans le cas de tuiles avec tenons d'accrochage.

➤ **Pentes et recouvrements minimaux admissibles**

Les pentes et recouvrements minimaux admissibles sont donnés dans le tableau ci-après en fonction des régions et des sites.

Le recouvrement peut, à condition d'adopter des dispositions particulières de solidarisation des tuiles (scellement, par exemple) et compte tenu de l'expérience locale acquise, être réduit en zones 1 et 2, sans toutefois descendre en dessous de 10 cm pour les situations protégées et 12 cm en situations normales.

Ces pentes sont celles du support et non celles de la tuile en œuvre. Elles sont valables pour les versants dont la longueur n'excède 12,00 m de projection horizontale. Pour les versants de longueur plus importante, il convient de procéder à une étude particulière.

Pentes et recouvrements minimaux						
Site	Zone d'application					
	Zone I		Zone II		Zone III	
	Pente (en degrés)	Recouvrement (en cm)	Pente (en degrés)	Recouvrement (en cm)	Pente (en degrés)	Recouvrement (en cm)
Protégé	13°	14	15°	15	16°	15
Normal	15°	15	16°	16	17°	16
Exposé	16°	16	18°	17	19°	17

Tableau 1: pentes et recouvrements minimaux pour une tuile canal

➤ **Pose**

La pose commence par les tuiles de courant formant canaux d'évacuation des eaux.

Sur les supports en chevrons, les tuiles sont simplement posées, partie évasée vers le haut, dans le berceau créé par deux chevrons voisins en partant du bas du versant. Veiller à ce que le recouvrement soit régulier.

Sur les supports continus, la pose au cordeau requiert un calage des tuiles. Ce calage, par points le long de la ligne, est effectué au mortier de chaux ou de ciment à maçonner ou au mortier mixte, à l'exclusion de tout mortier de ciment.

L'entraxe des rangs de tuiles de courant doit permettre d'assurer un espacement latéral de 2 à 5 cm entre les éléments à leur partie la plus large.

Lorsque les tuiles de courant sont en place, les tuiles de dessus (ou tuiles de couvert) sont posées à cheval sur deux rangs consécutifs avec le même recouvrement que les tuiles inférieures.

La partie la plus large de la tuile est vers le bas du versant, à l'inverse de ce qui se fait pour les tuiles de dessous.

Dans le cas de pose sur panneaux dérivés de bois, les tuiles doivent être surélevées d'au moins 20 mm au moyen de liteaux pour faciliter la ventilation.

Les tuiles canal à tenons reposent sur des liteaux en bois ou des liteaux métalliques dont l'écartement est égal à la longueur de la tuile diminuée de la valeur du recouvrement imposée pour les zones et situations considérées.

➤ **Fixation**

En fonction de la pente et de l'exposition au vent, il peut être nécessaire de fixer les tuiles en tout ou partie, de manière à éviter soit leur glissement, soit leur soulèvement. Les prescriptions en la matière sont résumées dans les tableaux ci-après.

▪ **En fonction de la pente**

Pente (p) de la couverture (en degrés)	Rives latérales et d'égout	Partie courante de couverture
$p \leq 16^\circ$	Tuiles fixées	Tuiles non fixées
$16 < p \leq 31^\circ$	Tuiles fixées	Tuiles fixées

Tableau 2: Type de fixation d'une tuile canal en fonction de la pente

▪ **En fonction de l'exposition au vent**

Régions de vent et site	Rives latérales et d'égout	Partie courante de couverture
Régions I et II Sites abrité et normal	Tuiles fixées	Tuiles non fixées
Régions I et II Site exposé et Région III Tous sites	Tuiles fixées	Tuiles fixées

Tableau 3 : type de fixation d'une tuile canal en fonction de l'exposition au vent

Les tuiles peuvent être fixées :

- par scellement au mortier ou au mortier de chaux, ou de ciment à maçonner à l'exclusion du mortier de ciment ;
- par crochetage, clouage ou pannetonnage ;
- par collage au mastic.

NB : S'agissant du scellement au mortier ou au collage au mastic, les tuiles siliconées posent un problème spécifique d'adhérence, impliquant l'utilisation de mortiers adjuvantés ou de mastics spécifiques. Pour cette raison les tuiles siliconées doivent être annoncées comme telles par leur fabricant.

IV.2.2.2 Tuiles plates

➤ **Description**

La tuile plate est un élément constitué par une plaque présentant en sous-face un ou deux tenons d'accrochage et en tête de la tuile un ou deux trous de clouage.

Les dimensions varient entre les valeurs suivantes :

- longueur : 23 cm à 43 cm ;
- largeur : 13 cm à 26 cm ;
- épaisseur : 0,9 cm à 1,3 cm

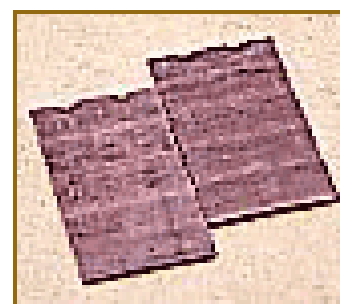


Photo 6 : Tuile plate

Leur forme est généralement rectangulaire, mais il existe des modèles dont la partie basse affecte des formes arrondies (tuile plate écaille) ou en chevron. Pour des ouvrages spéciaux l'on se sert de tuiles ayant un galbe particulier : tuiles gironnées, pendantes, gauches, gambadières, coffines.

Avec les tuiles plates, l'étanchéité est assurée par chevauchement simple de la tuile d'amont sur la tuile d'aval, de telle sorte que le recouvrement (c'est-à-dire la partie haute de la tuile qui ne reçoit pas d'eau directement) soit au moins égal à 7 cm en zones I et II, et à 8 cm en zone III. Cette règle entraîne que pour les tuiles de longueur L, le pureau P (matérialisé par l'espacement des lattes) soit égal à :

$$P = (L - X) / 2$$

X étant la longueur de recouvrement.

Ce recouvrement permet d'assurer l'étanchéité latérale, chaque rang ayant les joints latéraux de ses tuiles décalés d'une demi-tuile par rapport aux rangs supérieurs et inférieurs. Des demi-tuiles sont donc nécessaires en rives.

➤ **Supports**

Ces tuiles peuvent être posées sur un support continu mais, dans ce cas, il faut rigoureusement observer les conditions de ventilation de la sous-face des tuiles. Le support direct de pose de la couverture (lattes ou liteaux) sera surélevé (contrelatte, par exemple) de façon à ménager le passage de l'air entre la sous-toiture continue et les tuiles.

Dans le cas de charpentes ordinaires, les tuiles sont posées sur un litonnage en bois.

➤ **Pentes d'utilisation**

Les pentes minimales à adopter suivant les régions et sites sont données dans les tableaux ci-après ; elles représentent les pentes du support et non celles de la tuile en œuvre.

Ces pentes sont valables pour des versants dont la longueur de projection horizontale n'excède pas 8 m. Pour des longueurs plus importantes, une étude particulière est nécessaire.

Pentes minimales sans écran (en degrés)						
Site	Zone d'application					
	Zone I		Zone II		Zone III	
	X ≥ 8 cm	X ≥ 7 cm	X ≥ 8 cm	X ≥ 7 cm	X ≥ 9 cm	X ≥ 8 cm
Protégé	35°	38°	35°	38°	38°	42°
Normal	38°	42°	42°	45°	45°	47°
Exposé	45°	47°	47°	50°	49°	51°

X : longueur de recouvrement

Tableau 4 : Pentes minimales sans écran pour une tuile plate

Lorsqu'il est fait usage d'un écran de sous-toiture, les pentes minimales de couverture peuvent être diminuées, sans toutefois être inférieures aux valeurs indiquées dans le tableau suivant.

Pentes minimales avec écran (en degrés)						
Site	Zone d'application					
	Zone I		Zone II		Zone III	
	X ≥ 8 cm	X ≥ 7 cm	X ≥ 8 cm	X ≥ 7 cm	X ≥ 9 cm	X ≥ 8 cm
Protégé	31°	35°	31°	35°	35°	38°
Normal	35°	38°	38°	40°	40°	43°
Exposé	40°	43°	43°	46°	45°	47°

X : longueur de recouvrement

Tableau 5 : Pentes minimales avec écran pour une tuile plate

➤ Pose

Les tuiles se chevauchant sur une partie importante de leur surface, il est nécessaire d'employer au départ de l'égout, comme à l'arrivée en faîtage, des tuiles plus courtes.

Les produits se posent en accrochant le tenon de la tuile au support correspondant (latte ou liteau), chacune des tuiles contre sa voisine.

Le lit supérieur est croisé par rapport à celui qu'il recouvre.

Il est impératif d'éviter de bloquer latéralement les tuiles les unes contre les autres et il convient de réserver un certain jeu afin que les tuiles puissent supporter sans danger les mouvements de la charpente.

➤ Fixation

La fixation des tuiles est effectuée soit par clouage soit au moyen d'un crochet par tuile. Elle doit être réalisée en tenant compte de la pente et de l'exposition au vent de la couverture dans les conditions précisées dans le tableau ci-après.

Fixation des tuiles						
Pentes (en degrés)	Régions 1 et 2 Sites protégé et normal		Régions 1 et 2 Site exposé		Région 3 Tous Sites	
	Rives et égouts	Partie courante	Rives et égouts	Partie courante	Rives et égouts	Partie courante
$p \leq 45^\circ$	Aucune	Aucune	Toutes	1/6	Toutes	1/6
$45^\circ < p \leq 60^\circ$	Toutes	Aucune	Toutes	1/6	Toutes	1/6
$60^\circ < p \leq 82^\circ$	Toutes	1/6	Toutes	1/6	Toutes	1/6
$p > 82^\circ$	Toutes	Toutes	Toutes	Toutes	Toutes	Toutes
1/6 : Une tuile fixée sur toutes les six posées						

Tableau 6 : Type de fixation des tuiles plates

IV.2.2.3 Tuiles à emboîtement ou à glissement

➤ Description

Les tuiles à emboîtement ou à glissement sont des produits de formes et formats divers résultant de recherches ayant un but fonctionnel et esthétique à la fois.



Photo 7 : Tuile à emboîtement à relief



Photo 8 : Tuile à emboîtement à pureau plat

Ces produits ont été techniquement conçus pour assurer l'étanchéité par le jeu de cannelures et nervures s'emboîtant les unes dans les autres. Ce principe permet de minimiser l'importance du recouvrement d'un élément d'amont sur un élément d'aval et d'alléger, de ce fait, le poids de la couverture.

Toutefois les tuiles dites à glissement ne comportent pas d'emboîtement transversal et nécessitent un recouvrement plus important.

Les tuiles sont à simple, double ou triple emboîtement en fonction du nombre des rainures et nervures en tête et sur le côté des produits assurant l'assemblage entre eux.

On distingue deux formats de tuiles : les tuiles « grand moule » et les tuiles « petit moule ». Le NF-DTU 40.21 fixe à 15 produits au mètre carré la limite entre ces deux catégories. Le NF-DTU 40.211 est, quant à lui, moins précis et décrit les « grand moule » comme ayant environ 10 à 15 produits au mètre carré, et les « petit moule » comme en ayant environ 21 au mètre carré.

➤ **Supports**

Les tuiles sont posées :

- Sur litzonnage en bois lorsqu'il s'agit d'une charpente en bois.
- Sur cornière lorsque la charpente est métallique.
- Sur bagueite béton, ou redan céramique s'il s'agit d'une sous-toiture en béton ou terre cuite.

L'écartement des liteaux est défini par le pureau de la tuile.

- Sur support continu en maçonnerie.

Le pureau théorique est indiqué par le fabricant. Il sert pour définir la quantité de liteaux nécessaires pour la couverture.

Le pureau moyen de pose doit être déterminé sur chantier avant la mise du litonnage

Il est calculé en partant d'un lot de 12 tuiles, prises au hasard dans la livraison. Les tuiles sont posées à l'envers sur une aire plane, emboîtées et tirées de façon à mesurer la distance maximale des deux points correspondants de la première à la onzième tuile, le chiffre donne (L). Ensuite les tuiles sont serrées au maximum et la mesure prise indique (l).

Le pureau pratique est défini par :
$$P = \frac{L + l}{20}$$

Exemple : L= 360 cm et l=345 cm.

$$P = \frac{360 + 345}{20} = 35,25 \text{ cm}$$

Pour les tuiles à glissement à relief, le pureau (P) est déterminé à partir de la longueur (l) de la tuile et du chevauchement (ch) des tuiles sur le rang inférieur, indiqué au tableau ci-après en appliquant la formule :

$$P = l - ch$$

Longueurs minimales de chevauchement des tuiles à glissement	
Pour les pentes $\leq 24^\circ 15$	10 cm
Pour les pentes $> 24^\circ 15$	7,5 cm

Tableau 7 : Longueurs minimales de chevauchement des tuiles à emboîtement

Le pureau de pose correspondant à la livraison étant déterminé, les liteaux sont mis en place avec l'aide du gabarit et du cordeau.

Si cela est possible, n'araser les chevrons de saillie de toit qu'après calcul du pureau de façon à n'avoir pas à trancher le dernier rang de tuiles en faîtage.

➤ **Pentes d'utilisation**

Les pentes minimales à adopter suivant les zones et le site sont données au tableau ci-après, en tenant compte des zones d'emploi et des sites définis. Ces pentes sont valables pour des versants dont la longueur n'excède pas 12,00 m de projection horizontale. Pour des versants de longueur plus importante, une étude particulière est nécessaire.

• **Tuiles à relief**

Pentes minimales sans écran							
Type de tuile	Site	Zone d'application					
		Zone I		Zone II		Zone III	
		Pentes (en degrés)	Pentes (en mpm)	Pentes (en degrés)	Pentes (en mpm)	Pentes (en degrés)	Pentes (en mpm)
Grand moule	Protégé	19°	0,35	19°	0,35	26°	0,50
	Normal	21°	0,40	26°	0,50	31°	0,60
	Exposé	31°	0,60	35°	0,70	38°	0,80
Petit moule	Protégé	21°	0,40	26°	0,50	31°	0,60
	Normal	26°	0,50	31°	0,60	35°	0,70
	Exposé	35°	0,70	38°	0,80	42°	0,90

Tableau 8 : Pentes minimales sans écran pour les tuiles à relief

Lorsqu'il est fait usage d'un écran en sous-face, les pentes indiquées peuvent être diminuées, sans toutefois être inférieures aux valeurs indiquées dans le tableau ci-après :

Pentes minimales avec écran							
Type de tuile	Site	Zone d'application					
		Zone I		Zone II		Zone III	
		Pentes (en degrés)	Pentes (en mpm)	Pentes (en degrés)	Pentes (en mpm)	Pentes (en degrés)	Pentes (en mpm)
Grand moule	Protégé	16°	0,30	16°	0,30	24°	0,45
	Normal	19°	0,35	24°	0,45	26°	0,50
	Exposé	26°	0,50	31°	0,60	35°	0,70
Petit moule	Protégé	19°	0,35	24°	0,45	26°	0,50
	Normal	24°	0,45	26°	0,50	31°	0,60
	Exposé	31°	0,60	35°	0,70	37°	0,75

Tableau 9 : Pentes minimales avec écran pour les tuiles à relief

- **Tuiles à pureau plat**

Les tuiles à emboîtement de forme plate, dont la partie vue est constituée d'un plan ou de plusieurs plans parallèles situés au-dessus du plan des emboîtements, forment une famille particulières de tuiles dite des « tuiles à emboîtement à pureau plat » (photo 8).

Les pentes minimales à adopter pour ce type de tuiles sont données dans le tableau ci-après :

Pentes minimales sans écran							
Type de tuile	Site	Zone d'application					
		Zone I		Zone II		Zone III	
		Pentes (en degrés)	Pentes (en mpm)	Pentes (en degrés)	Pentes (en mpm)	Pentes (en degrés)	Pentes (en mpm)
Grand moule	Protégé	24°	0,45	26°	0,50	29°	0,55
	Normal	26°	0,50	29°	0,55	33°	0,65
	Exposé	33°	0,65	37°	0,75	40°	0,85
Petit moule	Protégé	29°	0,55	31°	0,60	35°	0,70
	Normal	31°	0,60	35°	0,70	38°	0,80
	Exposé	38°	0,80	42°	0,90	45°	1,00

Tableau 10 : Pentes minimales sans écran pour les tuiles à pureau plat

Ces pentes sont valables pour des rampants dont la longueur de projection horizontale n'excède pas 12,00 m et concernent les tuiles posées sans écran.

Lorsqu'il est fait usage d'un écran en sous-face, les pentes indiquées peuvent être diminuées, sans toutefois être inférieures aux valeurs indiquées dans le tableau ci-après :

Pentes minimales avec écran							
Type de tuile	Site	Zone d'application					
		Zone I		Zone II		Zone III	
		Pentes (en degrés)	Pentes (en mpm)	Pentes (en degrés)	Pentes (en mpm)	Pentes (en degrés)	Pentes (en mpm)
Grand moule	Protégé	22°	0,40	24°	0,45	24°	0,45
	Normal	24°	0,45	24°	0,45	29°	0,55
	Exposé	29°	0,55	33°	0,65	37°	0,75
Petit moule	Protégé	24°	0,45	26°	0,50	31°	0,60
	Normal	27°	0,50	31°	0,60	35°	0,70
	Exposé	35°	0,70	37°	0,75	40°	0,80

Tableau 11 : Pentes minimales avec écran pour les tuiles à pureau plat

➤ **Pose**

La pose commence toujours par le bas du versant, à droite ou à gauche suivant le sens des emboîtements latéraux du produit.

Suivant le modèle, les tuiles à relief sont posées à joints droits ou à joints croisés. Dans ce dernier cas, il faut toujours des demi-produits pour commencer ou terminer un rang de tuiles. Les tuiles à pureau plat sont posées en partie courante, exclusivement en joints croisés.

La tuile a ses talons d'accrochage appuyés sur son liteau support.

La partie basse du produit s'emboîte dans la partie haute du rang inférieur.

La fixation des tuiles, si elle n'est pas totale se fait d'une manière répartie, par clouage, et/ou crochetage, et/ou pannetonnage .

La fixation minimale des tuiles en partie courante doit être exécutée suivant les cas indiqués dans le tableau ci-après.

Fixation des tuiles en partie courante		
Pentes (en degrés)	Régions 1 et 2 Sites protégé et normal (1)	Régions 1 et 2 : Site exposé (1) Région 3 : Tous sites
$p \leq 45^\circ$	Aucune	1/5 ⁽²⁾
$45^\circ < p \leq 60^\circ 15'$	1/5 ⁽²⁾	1/5 ⁽²⁾
$p > 60^\circ 15'$	Toutes	Toutes
(1) Les régions et sites d'exposition au vent considérés sont ceux prévus par les règles NV 65 (Neiges et vents) (2) Une tuile fixée sur toutes les cinq tuiles posées		

Tableau 12 : Fixation des tuiles à emboîtement en partie courante

En rive et à l'égout, toutes les tuiles sont fixées.

Lorsque la couverture se trouve au-dessus de locaux ouverts, des dispositions doivent être prises pour éviter l'envol des tuiles.

Lorsque les tuiles sont hourdées, on ne doit utiliser que des mortiers de chaux ou de ciment à maçonner ou à la rigueur des mortiers mixtes à l'exclusion des mortiers de ciment ou du plâtre.

V - TUILES AU BURKINA FASO

V.1 Historique

C'est en 1988 que M. ZOURE Boureima, Directeur d'une entreprise burkinabé dénommée CERABRIQUE, a pris l'initiative d'introduire la tuile en mortier vibré au Burkina Faso, fort de l'expérience du Togo, du Ghana et de la Côte d'Ivoire.

La Cellule de Technologies Appropriées (CTA) du Bureau International du Travail (BIT) est un projet ayant pour objectif de promouvoir le développement, la diffusion et l'application des techniques de construction destinées à l'habitat économique dans les pays en voie de développement. A cet effet, elle apporta son assistance technique à l'entreprise CERABRIQUE dans le domaine de la formation, du marketing et de la gestion.

Dès lors, plusieurs projets du BIT et des autorités locales furent consacrés à ce nouveau matériau de construction au Burkina :

- Le projet LOCOMAT, créé en 1991, au sein du Ministère des infrastructures, de l'habitat et de l'Urbanisme du Burkina, ayant pour but de promouvoir l'utilisation des matériaux locaux de construction ;
- Le projet interrégional BIT/DDA (Suisse) avec pour thème : « Développement des Entreprises de Matériaux de Construction Approprié aux Pays en Développement (INT/92/M11/DDA) » ;
- Le projet DECO du BIT avec un « Stage de formation au Burkina Faso sur la production et la mise en œuvre de toitures en tuiles de mortier vibré » effectué du 18 au 29 décembre 1996 au sein de l'Ecole inter-états des Techniciens Supérieurs de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural (ETSHER) basé à Ouagadougou.

V.2 Diagnostic de la filière

Le marché des tuiles fut en pleine extension au Burkina Faso durant les années 90. Après la dévaluation, on assista à une très forte demande. L'Etat fut le principal client, des opérations importantes furent réalisées en TMV : SIAO, Ouaga 2000, etc. Le marché s'ouvrit même aux maîtres d'ouvrages privés.

La capacité de production de quelques entrepreneurs de la place fut très vite dépassée et le risque de négliger la qualité au détriment de la quantité l'emporta dans la

production. Cela eut pour conséquence de faire douter les usagers de la performance de ce matériau.

La plupart de la population, même quand elle est attirée par la tuile, l'utilise pour couvrir des hangars ou des vérandas.

V.3 Place actuelle dans le domaine de la construction

Aujourd'hui encore, la tuile demeure un matériau de construction peu utilisé au Burkina Faso où elle représente 7% des couvertures comparativement à la tôle qui occupe 87% des toitures (source INSD), bien que cette dernière soit chère et inadaptée aux conditions climatiques du pays.

V.4 Description de la filière des toitures en tuiles

V.4.1 Producteurs de tuiles

V.4.1.1 Organisation

Les producteurs de tuiles ne sont pas regroupés en association. Nombreux sont ceux qui font de la production des tuiles une activité secondaire. Ils sont pour la plupart des producteurs de parpaing et produisent par la même occasion les tuiles en mortier vibré. Trouvant que cette activité est peu rentable, ils n'y investissent pas énormément.

Un seul parmi eux, du nom de ZI Mahamadou, en a fait une activité principale et tient une unité de production de tuiles en mortier vibré et de briques de terre comprimé, située dans la zone industrielle de Kossodo à la sortie Nord de la ville de Ouagadougou.

V.4.1.2 Production annuelle

La plus grande unité de production au Burkina Faso est celle de l' « Entreprise ZI » qui produit en moyenne 40 à 50 000 tuiles par an.

Les autres ont des productions annuelles avoisinant 10 à 15 000 tuiles par an.

V.4.1.3 Commercialisation

Au Burkina Faso, la population aisée désirent réaliser une toiture en tuile, préfère les importer de la Côte d'Ivoire ou du Togo compte tenu du scepticisme que la plupart d'entre eux affiche à l'égard de la qualité des tuiles produites localement.

De ce fait, le marché des tuiles locales est beaucoup tourné vers les ONG, les particuliers européens, les écoles ou institutions inter-étatiques et les projets basés dans ce pays.

V.4.1.4 Stratégies de promotion

C'est en 1997, que fut mis en place une véritable politique de promotion des matériaux locaux y compris la tuile en mortier vibré, dans le cadre du projet BKF 97/013 « Appui à la mise en œuvre d'une stratégie de promotion et de vulgarisation des matériaux locaux de construction », initié par le LOCOMAT et soutenu par le PNUD, le CNUEH-Habitat et le Ministère des Infrastructures, de l'Habitat et de l'Urbanisme.

La stratégie du projet peut se représenter ainsi :

- Les activités du projet sont définies sur la base d'un bilan des mécanismes et du fonctionnement de l'appareil de production privé formel et informel (production, distribution et utilisation de matériaux locaux de construction) ;
- L'exécution de bâtiments démonstratifs permettant de réaliser diverses formations (formation de formateurs d'organismes de formation du bâtiment, formation d'artisans et d'entrepreneurs) ;
- Les bâtiments démonstratifs permettront d'appliquer diverses améliorations techniques (systèmes et détails constructifs, moyens et contrôles de production et d'exécution, etc.) ;
- La diffusion auprès des professionnels, des organismes de formation et du grand public.

Ainsi le projet LOCOMAT produisait lui-même des tuiles et s'attelait aussi à la formation des entrepreneurs qui se lançaient à la conquête de ce nouveau matériau. Plus tard, accusé de concurrence déloyale, le projet dut cesser sa propre production pour se consacrer exclusivement à la formation des artisans et entrepreneurs.

V.4.2 Réalisateur de toitures en tuiles

V.4.2.1 Organisation

Présentement, il n'existe aucune association de poseurs de tuiles. Les quelques artisans qui s'y adonnent ont soit appris le métier sur le tas, soit eu des connaissances dans ce domaine suite aux formations prodiguées à l'issue des projets LOCOMAT ou DECO.

Ainsi quelques entreprises de production, soucieuses de la qualité de la toiture à réaliser proposent aussi leurs services pour la réalisation de ces toitures tel est le cas de l'« Entreprise Zi ».

V.4.2.2 Types de charpentes réalisées

Selon les enquêtes effectuées, les charpentes réalisées pour les tuiles au Burkina Faso sont en général du type : fermes, pannes et chevrons. Ce type de charpente lorsqu'elle est bien construite résiste mieux aux actions dues au vent qui sont importantes dans cette région (vitesse du vent à 10 m du sol : 1,7 à 3 m/s, source météo à Ouagadougou).

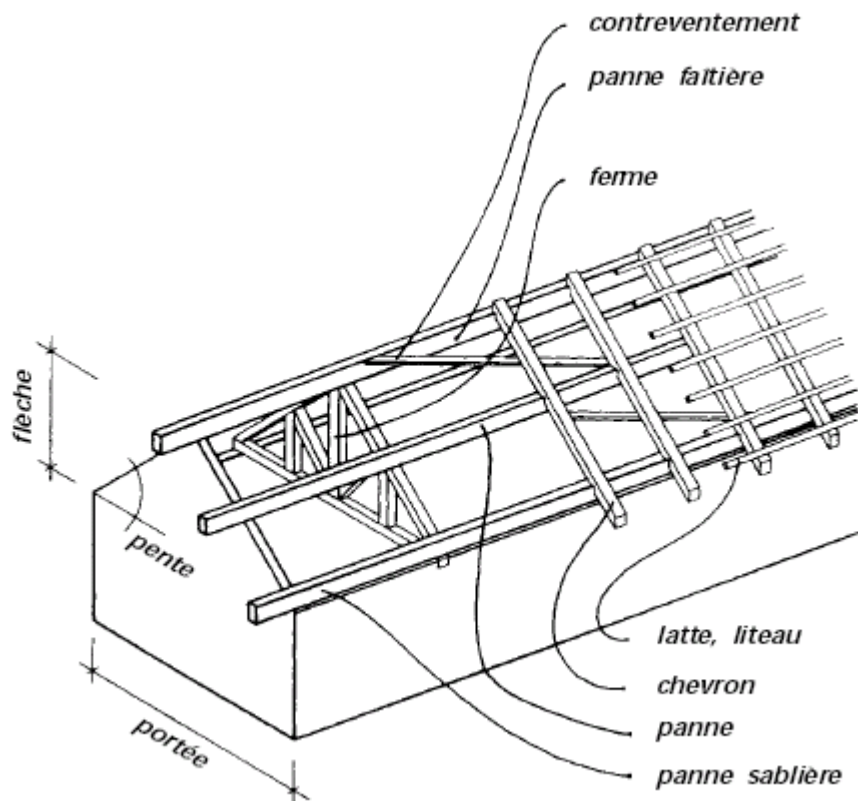
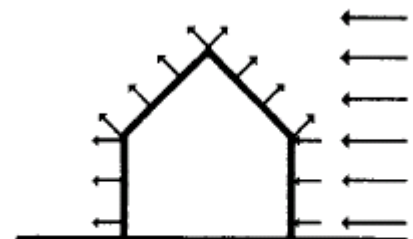


Figure 4 : Type de charpente couramment réalisé au Burkina Faso

En effet, sur des toitures légères telles que celles en tuiles, les sollicitations provoquées par les vents violents sont souvent les plus critiques. Le vent peut aussi provoquer un effet d'aspiration qui tend à soulever le toit surtout lorsque la pente est faible (moins de 22°).



Exemple de sollicitations dues au vent

Le type de bois couramment utilisé dans ces charpentes est du bois blanc appelé « Samba ». Ce bois est généralement moins résistant et est sujet aux attaques de termites. Pour lutter contre les attaques de ces insectes, on l'enduit de carbonyle.

V.5 Difficultés majeures de la filière

Le manque d'organisation tant au niveau des producteurs que des poseurs de tuiles constitue un handicap majeur dans cette filière. En effet, une bonne organisation aurait favorisé la présence d'interlocuteurs dans le processus de promotion de ce matériau.

Le manque de technicité chez les poseurs entraîne la défaillance de nombreuses toitures en tuiles et favorise l'augmentation du coût d'entretien de ce genre de toiture.



Photo 9: Tuiles mal posées dans un quartier de Ouagadougou

VI - MODES DE PRODUCTION ET DE POSE DES TMV

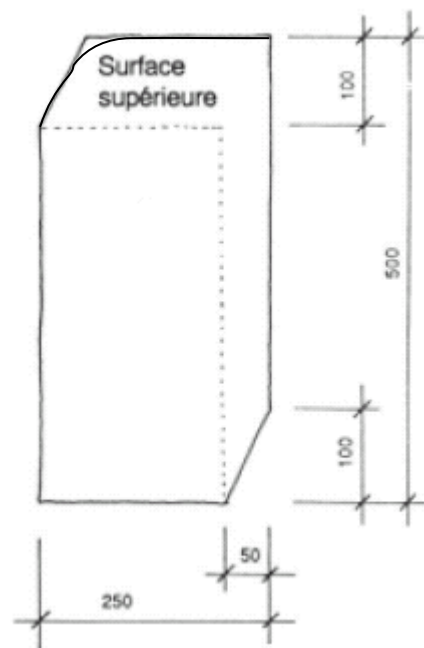
VI.1 Production

La production des TMV par l'entreprise ZI où une enquête fut effectuée, se fait selon les méthodes héritées des formations reçues par les projets LOCOMAT et DECO.

Les tuiles produites sont de type flamande (tuile à emboîtement) de dimensions suivantes :

- Format nominal : 25 cm x 50 cm = 0,125 m²
- Surface de recouvrement : 0,045 m²/tuile ;
- Format utile : 20 cm x 40 cm = 0,08 m² soit 12,5 tuiles /m² ;
- Epaisseur : 8 mm.

Vue en plan



Le cycle de production est décrit comme suit :

VI.1.1 Matières Premières

Les matières premières nécessaires à la production des TMV sont :

- Eau ;
- Ciment ;
- Sable et agrégats ;
- Colorants ;
- Systèmes de fixation.

a. Eau

La qualité des tuiles dépend de la qualité d'eau utilisée pour le mélange. L'eau potable convient et ne doit en aucun contenir du sel.

b. Ciment

Pour obtenir la résistance et la durabilité nécessaires des tuiles TMV, on utilise du ciment Portland CPA et CPJ ordinaire dont la qualité est conforme aux normes requises pour les ouvrages en béton ordinaire.

c. Agrégats

▪ *Nature*

La nature des agrégats doit être d'origine siliceuse ou de minéraux aux caractéristiques compatibles avec la réaction d'hydratation du ciment.

Si les propriétés des matériaux sont inconnues, ils doivent être analysés en laboratoire.

▪ *Granulométrie*

Les tuiles en mortier vibré sont constituées d'un mélange de sable et de graviers dont le diamètre maximum ne doit pas dépasser $2/3$ de l'épaisseur de la tuile.

Epaisseur tuile	6 mm	8 mm	10 mm	
Diamètre (d) max	4 mm	5,5 mm	7 mm	GRAVIER
d > 2 mm	25 - 45 %	30 - 50 %	35 - 55 %	
0,5 < d < 2 mm	20 - 50 %	10 - 55 %	10 - 50 %	SABLE
d < 0,5 mm	15 - 45 %	15 - 40 %	15 - 40 %	

Tableau 13 : Granulométrie des agrégats du mortier

En pratique, cela donne un dosage de $1/3$ de gravier pour $2/3$ de sable.

▪ *Propriétés*

Les agrégats doivent être correctement calibrés, propres et exempts de matières organiques. La teneur en argile et limon ne doit pas dépasser 4 %.

Si l'agrégat est poreux, il faut augmenter la quantité d'eau et le ciment en respectant les proportions eau/ciment entre 0,5 et 0,65.

d. Colorants

Les tuiles sans colorant sont de couleur grise plus ou moins foncée. La coloration rend le produit plus attrayant, car la couleur constitue un argument de vente. Le colorant le plus utilisé est l'oxyde de fer (oxyde rouge).

e. Systèmes de fixation

Le système de fixation est constitué de fil de fer galvanisé ou d'acier inoxydable d'un diamètre d'au moins 0,9 mm.

Si la galvanisation est de mauvaise qualité, le diamètre doit être augmenté. Le fil de fer noir peut être utilisé lorsque le galvanisé n'est pas disponible.

En cas de doute sur la qualité du fil galvanisé, un test du talon sera réalisé.

VI.1.2 Dosage

VI.1.2.1 Dosage des agrégats

Le dosage des agrégats et du ciment est déterminant pour la qualité et le contrôle des coûts des tuiles en mortier vibré.

Le dosage se fait par pesée et / ou mesure volumétrique directe des proportions du mélange à chaque gâchée de préparation de mortier sec. Le dosage volumétrique est le plus courant.

Les volumes des outils de chaque dosage doivent être connus et contrôlés périodiquement. Pour garantir des volumes identiques à chaque dosage, les outils de dosage (seaux, brouettes) doivent être arasés.

Le dosage courant selon le volume est le suivant :

	Sable	Gravier	Ciment
Volumes	2	1	1

Tableau 14 : Dosage volumétrique du mortier

VI.1.2.2 Dosage du ciment

Compte tenu des propositions en volume indiquées ci-dessus, le mortier est donc dosé à 350 kg/m³.

VI.1.2.3 Dosage du colorant

Le colorant ne doit pas altérer la résistance des tuiles. Selon la couleur et la qualité du colorant, on met généralement entre 3 et 10 % du poids du ciment.

VI.1.2.4 Dosage de l'eau

La proportion Eau/Ciment à respecter est de 0,5 à 0,65 (en poids).

Ne jamais pratiquer une proportion Eau/Ciment supérieure à 0,65.

VI.1.3 Mélange

Commencer le mélange à sec des intrants (agrégats, ciment et colorants) puis ajouter l'eau pour procéder au mélange humide, afin que n'apparaissent pas de grumeaux.

Afin de respecter ces prescriptions, le mélange peut se faire dans une bétonnière (voir photo en annexe) avec des dosages précis.

On veillera à ce que le mortier ne soit pas trop plastique pour éviter les bulles en surface de la tuile.

VI.1.4 Etalement

Prendre la quantité suffisante de mortier à l'aide d'une pelle doseuse puis étaler sommairement avec une truelle ou une taloche avant de commencer la vibration.

VI.1.5 Vibration

La vibration se fait sur une table vibrante (photo en annexe). Le temps de vibration doit être compris entre 20 et 50 secondes. Pendant la vibration, on continue d'étaler le mortier à la truelle.

La couche de mortier doit avoir une épaisseur constante et uniforme.

Les deux talons sont vibrés après remplissage des deux moules du gabarit positionné sur le mortier.

La vibration doit cesser dès que l'eau apparaît à la surface.

Une pellicule d'eau, des fissures, des trous ou des bulles d'air sont à proscrire.

VI.1.6 Moulage des tuiles

Après la vibration, le plastique portant le mortier est glissé sur le moule et les fils de fer galvanisé sont fixés au(x) talon(s). Les éventuelles fissurations sont refermées à la taloche.

VI.1.7 Démoulage

Il s'effectue 24 heures après le moulage, en manipulant la tuile avec précaution.

VI.1.8 Cure des tuiles

La cure doit être adaptée aux conditions hygrométriques locales et l'opération se déroule en deux (2) phases.

a) *Cure humide*

Elle se fait immédiatement après démoulage par immersion totale dans l'eau ou hors de l'eau en atmosphère saturée dans des bassins de maturation (voir annexe A.2.4). La seconde méthode est celle retenue par l'entreprise ZI afin de conserver la couleur des tuiles.

Les tuiles doivent être positionnées verticalement dans le bassin de maturation. La durée de la cure ne doit pas être inférieure à sept (7) jours.

b) *Cure sèche*

Les tuiles en mortier vibré doivent être protégées des rayons solaires et du vent.

Dans les régions à climat sec comme au Burkina, on arrose les tuiles deux (2) fois par jour pour créer un environnement de séchage et d'évaporation lente afin de garantir un bon développement de la résistance des tuiles.

La durée de cure sèche est de minimum deux (2) semaines.

VI.1.9 Transport

Pour éviter la casse des tuiles lors du transport, il est souvent recommandé de fabriquer des caisses spécifiques.

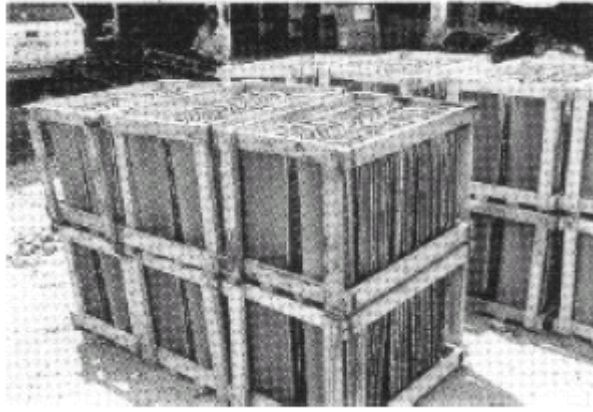


Photo 10 : Caisses de transport des tuiles

Les tuiles doivent être transportées verticalement et de préférence groupées trois par trois.

Pour éviter que les tuiles s'entrechoquent pendant le transport, il convient de les serrer fermement.

Si les tuiles sont transportées sur des véhicules, elles doivent être posées sur un matelas de sable ou de sciure de bois ou, à défaut, des morceaux de carton pour amortir les chocs et les vibrations.

Les tuiles doivent être alignées dans le sens de la marche du véhicule.

VI.2 Pose des tuiles en mortier vibré

VI.2.1 Caractéristiques de la toiture

VI.2.1.1 Inclinaison de la toiture

Les pentes de toiture adaptées à la technologie des tuiles en mortier vibré sont comprises entre 22° et 40°.

Lorsque la pente est trop faible (moins de 22°) :

- Les remontées d'eau par infiltration sont plus fréquentes
- Les flèches des versants sont beaucoup plus importantes.

Dans les régions très exposées aux pluies, la pente doit être plus raide afin de permettre une évacuation rapide des eaux pluviales, soit 27° à 30° (ou plus).

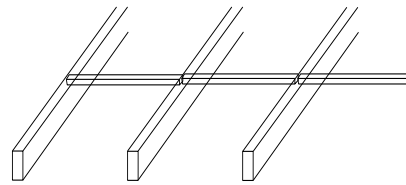
Au Burkina Faso, la pente recommandée est d'au moins 35°.

VI.2.1.2 Contrôle des éléments de charpente

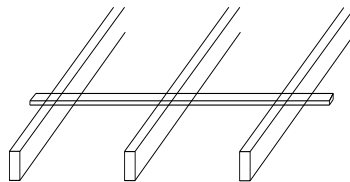
De la qualité d'implantation de la charpente dépend une facilité de mise en œuvre des tuiles et par conséquent de la qualité de la couverture, en particulier concernant l'étanchéité.

La pose des lattes (litateaux) nécessite de la précision. Les lattes doivent être strictement parallèles entre elles. L'écartement dépend de la longueur des tuiles et du recouvrement. Il doit être constant ; pour cela on utilise parfois un gabarit de pose.

Les litateaux sont toujours continus sur plusieurs travées afin de faciliter la pose des tuiles et de diminuer les coûts de sciage. Du point de vue du comportement mécanique, la continuité des lattes est favorable.



MAUVAIS



BON

Figure 5 : Disposition des litateaux

VI.2.2 Pose et fixation des tuiles

VI.2.2.1 Pose des tuiles normales

Une fois la charpente construite, on la couvre sans trop traîner pour la mettre à l'abri du soleil et de la pluie. Le soleil et la pluie risquent en effet de provoquer le gauchissement des membrures, voire la rupture de certains assemblages.

La pose des tuiles commence au coin inférieur gauche d'un versant. On pose pour commencer le premier alignement le long de la rive.

Pour l'alignement des tuiles, on utilise une ficelle tendue et un chevron bien droit contre lequel viendront s'appuyer les tuiles.

Il faut finir une colonne complète avant de commencer la suivante. Le chevron servant de guide est ensuite déplacé de vingt (20) cm vers la droite. Le fait d'évoluer de la gauche vers la droite d'un versant est imposé par la forme des tuiles et ne dépend donc pas de la direction du vent dominant.

Le poseur doit veiller à ajuster les tuiles le mieux possible de façon à ce que les recouvrements soient les plus étanches possible. Vue par-dessous, la quantité de lumière qui filtre des recouvrements permet d'apprécier si les tuiles s'adaptent bien les unes aux autres.

La pose évolue de gauche à droite et du larmier vers le faîte.

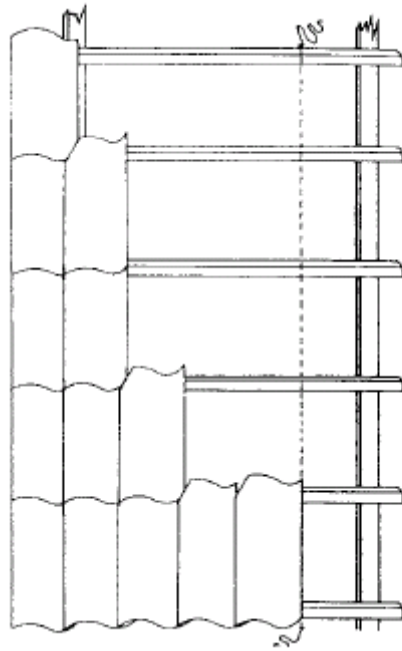


Figure 6 : Pose des tuiles normales

Une fois la pose terminée sur un versant, elle se poursuit sur le versant suivant (toujours de la gauche vers la droite).

La pose des faîtières évolue avec l'avancement de la pose des tuiles sur le second versant. De cette façon, on évite de devoir se déplacer sur les versants terminés pour poser les faîtières.

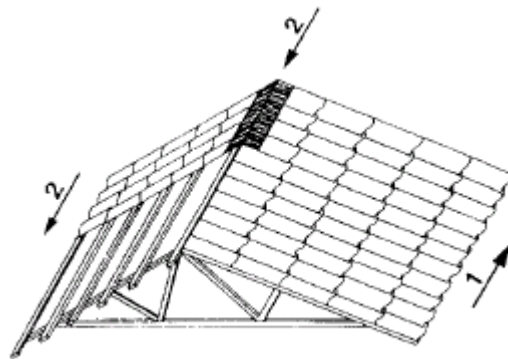
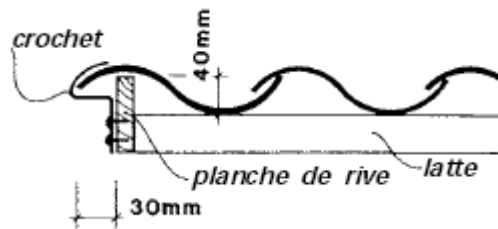


Figure 7 : Pose des tuiles faîtières

Une planche de rive doit être utilisée pour supporter le bord extérieur des tuiles de rives. La pose des tuiles commençant par la gauche, la planche de rive gauche est fixée avant la pose de la première tuile. Cette planche n'est pas à l'abri des pluies. Il faut donc utiliser du bois de bonne qualité ou du bois traité (imprégnation, peinture, etc...).

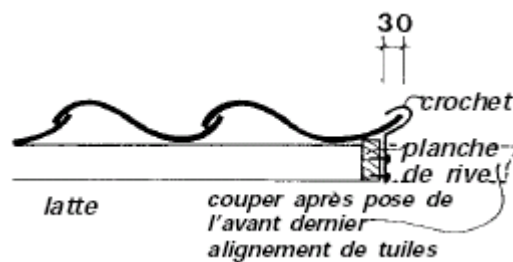
Le bord extérieur des tuiles est exposé au vent. On utilise donc des tuiles à deux (2) talons ou des crochets de renfort.



A droite, l'extrémité des lattes est coupée à dimension, juste avant la pose des tuiles en rive droite.

Il existe différentes possibilités pour terminer la rive droite :

- On peut utiliser des tuiles standard ; c'est la solution la plus simple et la plus courante au Burkina Faso. La planche de rive droite est alors encore moins protégée contre la pluie que celle de gauche.



- On peut utiliser une tuile spéciale, obtenue en récupérant la partie supérieure de l'onde d'une tuile normale. La rive droite a alors le même aspect que la rive gauche. Il n'est pas nécessaire de disposer d'un moule spécial pour produire cet élément. La fixation de ces tuiles requiert un soin particulier. Cette méthode n'est généralement employée que par les poseurs expérimentés.



VI.2.2.2 Fixation

Les tuiles sont fixées sur les lattes par les talons à l'aide d'un anneau de fil (le plus souvent) ou par cordelette.

a) *Talon*

Le talon doit être perpendiculaire au point de contact du liteau (latte) avec la tuile lorsque celle-ci est en situation de pose sur le toit. Tous les talons doivent être fixés au même endroit. Les dimensions minimales du premier talon sont :

- Longueur : 25 mm
- Largeur : 15 mm
- Hauteur : 15 mm

b) *Fil de fixation*

Le fil de fixation non corrosif (par exemple en acier galvanisé) doit être rigidement encastré dans le talon au cours du processus de fabrication et avoir une longueur suffisante :

- Dans le cas d'un anneau pour permettre le clouage de la pointe à latte ;

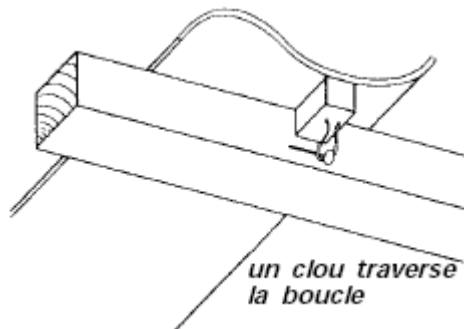


Figure 8 : Fixation par clouage

- Dans le cas d'une cordelette, pour permettre la réalisation du nœud autour de la latte.

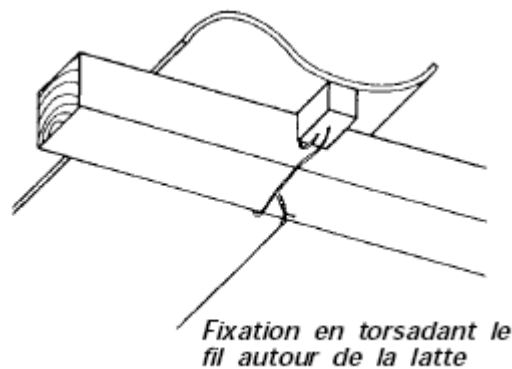


Figure 9 : Fixation par attache

VI.2.2.3 Pose des tuiles faîtières

Les tuiles faîtières sont posées progressivement lors de la pose des tuiles sur le second versant, de manière à ne pas circuler sur la toiture terminée.

Selon les usages et les considérations techniques esthétiques, les tuiles faîtières sont posées :

- Bout à bout avec un joint de mortier (technique la plus usuelle au Burkina Faso) ;
- Par chevauchement progressif ;
- Par chevauchement double ;
- Par emboîtement dans le cas de tuiles pré-moulées.

Généralement, le rejointage n'est pas suffisant pour fixer les tuiles faîtières. Lors du moulage, on ancre des anneaux de fil de fer dans l'angle de la tuile. La tuile faîtière est alors attachée à la charpente par du fil de fer galvanisé de préférence : le lien passe sous les lattes ou autour de la panne faîtière.



Photo 11: Pose défailante de tuiles faîtière à Ouagadougou

VII - CARACTERISTIQUES MECANIQUES DES TUILES

Les caractéristiques mécaniques des tuiles sont testées par des essais de terrain se faisant soit dans l'atelier de production, soit juste avant leur pose si c'est le producteur qui se charge de la mise en oeuvre.

Pour certains contrôles, une seule tuile suffit, d'autres exigent un échantillonnage.

VII.1 – Etanchéité

1% des tuiles sont testés après cure sèche.

VII.1.1 Mode opératoire

Obstruer le canal de la tuile des deux côtés par une diguette de mortier ou d'argile. La distance entre ces deux diguettes ne doit pas dépasser 50 % de la longueur du canal.

Poser la tuile bien horizontalement sur deux supports dont l'écart est supérieur à celui des diguettes.

Remplir soigneusement le bassin ainsi formé avec de l'eau.

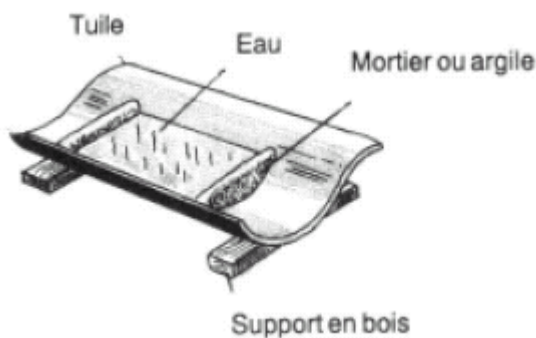


Figure 10 : Test d'étanchéité

VII.1.2 Résultat

Après 24 heures, observer la sous-face de la tuile. Des traces d'humidité sont tolérées à condition que leur étendue ne dépasse pas 50 % de la surface inondée. Si une ou plusieurs tuiles testées ne sont pas étanches, tout le processus de fabrication doit être contrôlé et plus spécialement les dosages (rapport Eau/Ciment) et les opérations de maturation.

VII.2 - Résistance à la flexion

Ce test peut être effectué à l'atelier de production. Pour le test de résistance à la flexion, le mode opératoire s'applique à des tuiles de 250 mm de largeur, c'est-à-dire les plus courantes.

1% des tuiles doivent être testés après cure sèche.

VII.2.1 Matériel

Le test de résistance à la flexion :

- Deux supports rectangulaires ;
- Un gabarit en bois épousant le profil de la tuile, muni d'un épais ruban à sa base afin de garantir un contact parfait entre la tuile et la planche de bois ;
- Des charges (30, 50 ou 80 kg suivant l'épaisseur de la tuile).

VII.2.2 Mode opératoire

Poser la tuile à tester sur deux supports distants de 350 mm.

Mettre en place le gabarit à mi-distance des supports et suspendre la charge minimum acceptable, fonction de l'épaisseur de la tuile :

<u>Epaisseur</u>	<u>Charge</u>
6 mm	30 kg
8 mm	50 kg
10 mm	80 kg

Tableau 15 : Charge en fonction de l'épaisseur

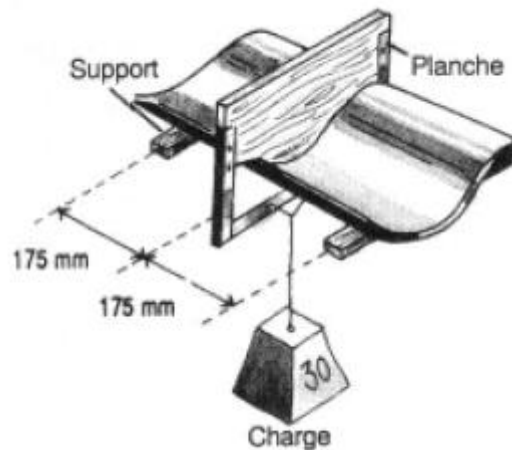


Figure 11 : Test de résistance à la flexion

VII.2.3 Résultats

La tuile ne doit pas se rompre.

Si la tuile casse, d'autres tuiles doivent être testées selon la même procédure.

Si la tuile résiste, alors elle peut supporter une

Exécuter le test sur au moins 1 % des tuiles choisies.

Si une (1) des deux (2) tuiles testées casse, prolonger de quatorze jours la maturation à l'air de tout le lot concerné et procéder à de nouveaux essais.

Si les tuiles cassent toujours, elles seront rejetées.

VII.3 - Résistance à la traction du talon

Ce test est effectué à l'atelier de production des tuiles. 1 % des tuiles doivent être testées après cure sèche.

VII.3.1 Mode opératoire

Poser la tuile sur le bord d'une table, le côté du talon en porte-à-faux de 50 mm.

Bien maintenir la tuile (par une sangle par exemple).

Suspendre une charge de 20 kg à l'attache du talon.

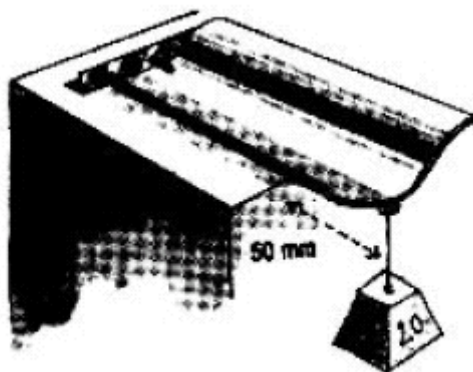


Figure 12 : Test de résistance à la traction du talon

VII.3.2 Résultats

La tuile doit rester intacte, le talon et l'attache ne doivent pas se rompre.
Si le test échoue, d'autres tuiles doivent être testées selon la même procédure.

Exécuter le test sur deux (2) tuiles choisies au hasard. Si l'une (1) des deux (2) tuiles testées casse, prolonger de quatorze (14) jours la maturation à l'air de tout le lot concerné.

Au terme de cette période, recommencer le test sur trois (3) tuiles.
Si une ou plusieurs tuiles cassent, revoir le processus de fabrication et de maturation. Ne pas vendre de tuiles du lot concerné.

VII.4 - Résistance à l'impact

Ce test de résistance à l'impact peut être effectué à l'atelier de production.

1% des tuiles doivent être testés après cure sèche.

VII.4.1 Matériel

Le test de résistance à l'impact nécessite :

- Une bille de 200 g ;
- Une règle graduée de 500 mm.

VII.4.2 Mode opératoire

Poser la tuile horizontalement sur une table.

Lâcher la bille verticalement sur la partie convexe de la tuile, d'une hauteur de 200 mm.

Si la tuile doit résister à des chocs plus importants (objets divers, fruits, etc.), la distance bille-surface de la tuile doit être portée à 500 mm.

VII.4.3 Résultats

L'impact ne doit pas provoquer de fissures.

Le test ci-après permet de s'en assurer.

VII.5 – Détection de microfissures

Ce test de est réalisé à l'atelier de production sur chaque tuile, après cure sèche.

VII.5.1 Matériel

Ce test nécessite une pièce de monnaie ou une pierre.

VII.5.2 Mode opératoire

Saisir la tuile par le talon.

Frapper la surface de la tuile par petits coups à l'aide d'une pièce de monnaie ou d'une pierre.



Figure 13 : Test de détection de microfissures

VII.5.3 Résultats

La tuile frappée doit produire un son clair.

Si le son produit est mat, des microfissures sont présentes.

Rejeter les tuiles non satisfaisantes au test.

VII.6 - Parallélisme

Le contrôle est effectué sur un moule de référence. Les côtés de la tuile doivent être parallèles à ceux du moule.

VII.7 - Commentaires

Tous ces tests sont effectués de façon aléatoire sur les tuiles produites ; ce qui ne peut garantir leur fiabilité.

De plus, du fait qu'elles sont effectuées après la production, un mauvais résultat entraîne le rejet de toute la production ; ce qui est contraignant pour le producteur.

Il serait plus judicieux, d'effectuer déjà lors de la préparation du mortier des tests permettant d'assurer sa qualité tels que :

- Le test de plasticité ;
- Le test de résistance.

Ces tests permettront de corriger ainsi la composition du mortier et donc de produire des tuiles de qualité.

VIII - PATHOLOGIES OBSERVES ET SOLUTIONS

VIII.1- Pathologies liées à la production

Les problèmes rencontrés dans la production et dans la qualité des tuiles peuvent être de diverses origines.

Les problèmes apparaissent de manière irrégulière aussi bien pendant la production que pendant la pose. Ils sont détectés par les différents contrôles de qualité ou par une anomalie dans le processus de réalisation de la toiture. Cette section présente les différents problèmes, leurs causes et les solutions possibles à adopter.

<u>Problèmes</u>	<u>Causes</u>	<u>Solutions</u>
Retard ou lenteur dans la prise du mortier	Vieux ciment	Utiliser du ciment frais
	Sable contaminé par matières organiques ou argile	Contrôler le taux d'imputés dans le sable
Mélange difficile à travailler, peu malléable	Trop de grosses particules	Tamiser le sable Changer l'origine du sable
	Manque de particules fines	Ajouter fines particules ou du ciment
	Mélange trop sec	Ajouter de l'eau
Le mélange requiert un ratio élevé de ciment	Sable contaminé par matières organiques ou argile	Contrôler le sable
	Sable contient trop de particules fines	Ajouter de grosses particules
	Sable et /ou agrégats très	Changer carrières sable et/ou

	poreux	agrégats
Le mélange suinte	Proportion ciment/eau élevée	Diminuer la proportion d'eau
	Le sable manque de fines particules	Ajouter du ciment ou des fines particules
Ségrégation des matières pendant la vibration	Pas assez d'eau	Augmenter la proportion d'eau
	Manque de particules intermédiaires	Contrôler/augmenter/ changer de sable
Les tuiles fraîchement produites se fissurent	Eau de gâchage s'évapore trop vite	Couvrir les moules avec une bâche plastique
Les tuiles sont poreuses et peu résistantes	Trop d'eau	Réduire la quantité d'eau
	Pas assez de ciment	Augmenter la quantité de ciment
	Trop de particules fines dans le sable	Ajouter de grosses particules
	Trop d'agent colorant	Réduire la proportion de colorant
	Mélange n'est pas correctement compacté	Augmenter le temps de vibration
	Produit non mûri dans l'eau	Augmenter le temps d'immersion
Les tuiles noircissent au cours du temps	Sable contaminé par matière organique ou argile	Contrôler le sable
Trous à la surface de la tuile	Mélange trop sec	Ajouter de l'eau

	Compaction incomplète	Prolonger le temps de vibration
La tuile ne s'adapte pas sur le toit	Mauvaise distance entre les lattes	Vérifier la distance entre les lattes
	Mortier n'est pas correctement posé sur le moule	Vérifier l'alignement quand la tuile est moulée
	Bavures sur les côtés de la tuile	Ebarber la tuile au démoulage

VIII.2 Pathologies liées à la mise en œuvre de la toiture

Certains problèmes sont dus à la conception de la charpente ou à une mauvaise pose des tuiles. Il est important de les déceler et y remédier.

<u>Problèmes</u>	<u>Causes</u>	<u>Solutions</u>
La toiture accuse une dépression par endroits	Bois de charpente de mauvaise qualité ou lattes trop espacées	Remplacer les pannes et lattes à ces endroits par du bois solide Revoir l'espacement et resserrer les lattes.
Les tuiles s'envolent	Mauvaise fixation	Vérifier la fixation
Infiltration d'eau et de poussière	Pente trop faible Recouvrement mal fait	Revoir la pente et le recouvrement Mettre du contre-plaqué ou un film polyane en sous-couverture

VIII.3- Pathologies liées à l'entretien

Comme toutes les autres parties d'une construction, la charpente et la couverture d'un toit vieillissent. Un entretien régulier et la réparation immédiate des éventuels accidents, prolongent considérablement leur durée de vie et évitent des dégradations importantes.

<u>Problèmes</u>	<u>Causes</u>	<u>Solutions</u>
Présence de champignons sur la toiture	Trop d'humidité sur la toiture	Eliminer la source d'humidité Appliquer un traitement chimique
Rupture de membrures dans la charpente	Effet de charges imprévues sur la toiture ou de catastrophes naturelles	Remplacer les membrures rompues
Présence de branchages ou de lianes sur la toiture	Effet d'arbres trop proches de la toiture	Couper les branches ou les lianes d'arbres susceptibles de tomber sur le toit

EN RESUME : Certaines règles permettent d'éviter les problèmes cités ci-dessus :

- Quantifier les constituants avec soin ;
- Ne jamais utiliser une proportion eau/sable supérieure à 0,65 ;
- Sélectionner le sable avec soin : granulométrie 0,06 – 2,5 mm ;
- Utiliser des ciments récents ;
- Respecter les délais d'immersion et de séchage ;
- Tester la résistance, la perméabilité et la forme des tuiles ;
- Nettoyer régulièrement le matériel, y compris les interfaces plastiques ;
- Respecter les règles de mise en œuvre de la couverture ;
- Choisir du bois de qualité lors de la réalisation de la charpente ;
- Faire un planning d'entretien régulier de la toiture.

IX- ETUDE COMPARATIVE DE LA TOLE ET LA TUILE

IX.1 - Coût

Pour la détermination des coûts unitaires par m² de toitures en tuiles et en tôles, on traitera un cas précis d'une toiture de bâtiment d'une surface de 6 x 5 m².

Selon les informations recueillies auprès des entrepreneurs poseurs, les coûts d'une telle toiture sont estimés comme suit (pour une surface de 30 m²) :

Eléments	Prix Estimatif (en F CFA)	
	Toiture en tôles bac	Toiture en tuiles
Charpente	92 030	130 210
Couverture	133 900	90 700
Total	225 930	220 920
Coût/m2	7 531	7 364

Tableau 16 : Devis estimatif d'une toiture

Economie réalisée = (Prix/m² toiture en tôles - Prix/m² toiture en tuiles) / Prix/m² toiture en tôles

$$\begin{aligned}\text{Economie réalisée} &= \frac{5531 - 5364}{5531} \\ &= 0,03 \\ &= 3 \%\end{aligned}$$

Remarques :

- Le coût de la main d'œuvre n'a pas été pris en compte car il est très varié et dépend surtout de l'expérience de l'entrepreneur
- La charpente de la toiture en tuiles coûte plus cher que celle de la toiture en tôles, soit 130 210 F CFA pour la tuile et 92 030 F CFA pour la toiture en tôle.
Par contre, la couverture en tôle coûte plus cher que la couverture en tuiles soit 133 900 F CFA pour la tôle et 90 700 F CFA pour la tuile.

Mais globalement on réalise une économie de coût par m² de toiture en tuile par à la toiture en tôles.

IX.2 - Isolation

IX.2.1 Isolation thermique

Le coefficient de conductivité thermique indique la vitesse à laquelle la chaleur est transmise à travers un élément. Le tableau suivant donne quelques valeurs de conductivité thermique :

Eléments	Conductivité thermique
Mortier de ciment	1,15
Tôle galvanisée	70
Tôle aluzinc	60
Terre cuite	1,15
Terre stabilisée	1,10

Sources : Mémotech génie civil ; Mémoire de Pierre Miéré, 1991

Tableau 17 : Coefficient de conductivité thermique de quelques matériaux

On constate à partir de ce tableau que la tuile en terre cuite ou en mortier vibré est un meilleur isolant thermique que la tôle galvanisée ou en aluzinc.

Les toitures en tuiles, grâce à leur forte pente, favorise une meilleure ventilation de l'édifice que celles en tôles.

IX.2.2 Isolation acoustique

La tuile en mortier vibré se prête mieux à une isolation acoustique que la tôle. En effet, en cas de pluie, la tôle produit un vacarme tandis que la tuile amortit le bruit des impacts des gouttes sur la toiture.

Lors d'un échauffement solaire élevé, comme c'est le cas dans les pays tropicaux, la tôle émet un craquement, alors qu'il en n'est rien dans le cas de la tuile.

IX.3 Aspect esthétique

Du point de vue esthétique, la toiture en tuiles, de par la variété de couleurs qu'offre la tuile, présente une belle vue et s'adapte ainsi mieux à l'environnement que la toiture en tôle ondulée. La toiture en tuiles offre donc à l'architecte une gamme de variantes de toitures favorisant ainsi l'embellissement tant recherché des édifices mis en place.

X - OBSERVATIONS

Les tuiles représentent aujourd'hui une alternative très intéressante de remplacement de la tôle ondulée. Les tuiles locales sont résistantes, esthétiques, protectrices du soleil, faciles à poser et économiques. La technique est facilement appropriable par les entreprises locales.

Les toitures en tuiles lorsqu'elles sont bien conçues et réalisées puis entretenues ont une durée de vie avoisinant quarante (40) à cinquante (50) ans.

Le lancement d'une unité de production nécessite un faible niveau d'investissement.

Cependant, un problème majeur risque à court terme de bloquer le développement de ce produit local car le bois nécessairement utilisé pour la charpente est un matériau rare dans certains pays africains. Il faut donc l'utiliser rationnellement.

XI - PROPOSITIONS ET RECOMMANDATIONS

Compte tenu de l'atout important que peut représenter aujourd'hui la tuile dans le domaine de la construction qui est un facteur de développement socio-économique d'un pays, les propositions et recommandations suivantes sont à prendre en considération :

- Regrouper les entrepreneurs en association ;
- Finaliser le document de normalisation sur les tuiles en mortier vibré (en annexe);
- Assurer le suivi et le contrôle technique des entreprises ;
- Appuyer la création de nouvelles PME ;
- Réaliser des bâtiments démonstratifs à travers des opérations de promotion immobilière ;
- Mettre en place des actions d'informations et de sensibilisation des acteurs concernés, des décideurs et du grand public : séminaires, débats, films, bibliothèques sur les matériaux locaux de construction ;
- Développer ou renforcer la collaboration entre les organismes concernés par les recherches sur les matériaux locaux ;
- Favoriser la gamme des matériaux de construction produits localement, tout en améliorant la qualité par la mise en place de formation pour les professionnels concernés ;
- Evaluer la possibilité de production de tuiles en terre cuite qui réduirait le coût des matières premières.

CONCLUSION GENERALE

La présente étude a montré que l'utilisation de la tuile en mortier vibré comme élément de couverture présente des avantages surtout pour les pays en voie de développement tel que le Burkina Faso où le besoin en habitat salubre et économique reste à satisfaire.

L'emploi de ce type de couverture permet :

- de réaliser des économies de l'ordre de 3 % sur le coût global par m² au sol en comparaison avec une toiture en tôle galvanisées ;
- d'améliorer les conditions de vie dans l'habitat, plus particulièrement du point de vue du confort thermique et de l'isolation acoustique ;
- de créer des emplois contribuant à réduire la pauvreté. Ces emplois sont favorisés par l'installation de petites industries locales de tuiles ;
- d'assurer l'originalité des constructions sur le plan esthétique surtout lorsque ces couvertures sont réalisées sur des bâtiments construits en blocs de pierre taillée ou en blocs de terre.

Mais la tuile présente des limites d'utilisation liées :

- à la mauvaise conception des charpentes ;
- à la méconnaissance des procédés de production et de pose ;
- au manque de normalisation des caractéristiques mécaniques et de résistance de ces produits ;
- au manque de matière première de qualité (surtout le bois), d'outillage et d'équipement adéquat pour la production et la mise en œuvre de ces tuiles.

Ainsi, beaucoup reste encore à faire, surtout dans la formation des entrepreneurs et dans l'incitation au sérieux à consentir afin de pouvoir valoriser ce matériau de construction dans le pays.

Dans l'optique de valorisation de ce matériau, il serait intéressant d'envisager des perspectives de développement de d'autres matériaux locaux tels que les tuiles en terre stabilisée, les ondulines, blocs de terre taillée etc ; ce qui permettrait de réduire considérablement le coût de construction dans les pays en voie de développement.

Fort est de constater que la mise en œuvre des matériaux locaux dans la stratégie du développement de l'habitat passe par le développement d'une identité culturelle propre, la lutte contre le complexe culturel né de notre passé colonial.

Le développement d'une architecture bioclimatique demande une adaptation culturelle des connaissances apprises dans les écoles étrangères à notre contexte climatique et culturel.

Dans la définition des projets de développement, la prise en compte de notre diversité culturelle doit donc conduire à une adaptation locale et même à une localisation géographique tenant compte de l'environnement culturel et des potentialités des régions.

Références Bibliographiques

01. Michel KLEIN: «*Charpentes et toitures en tuiles de mortier vibré au Burkina Faso - Dossier photo -Rapport technique n° 27*», BIT, Genève, 1993
02. Gilbert BRY: «*Tuiles en mortier vibré et en fibromortier - Manuel de production - Rapport technique n°3*», BIT, Genève, 1990
03. Hans-Erik GRAM, Paul GUT : « *Série Pédagogique TFM/TMV, Outil n° 22 : Manuel de production* », SKAT-BIT, Suisse, 1994
04. Hans-Erik GRAM, Paul GUT : « *Série Pédagogique TFM/TMV, Outil n° 23 : Directives pour le contrôle de qualité* », SKAT-BIT, Suisse, 1994
05. Paul GUT : « *Série Pédagogique TFM/TMV, Outil n° 24 : La charpente* », SKAT-BIT, Suisse, 1998
06. Paul GUT : « *Série Pédagogique TFM/TMV, Outil n° 25 : La couverture* », SKAT-BIT, Suisse, 1998
07. J.-M. DESTAC, D. LEFAIVRE, Y. MALDENT, S. VILA : « *Mémotech Génie Civil* »,1996
08. D. DIDIER, M. LE BRAZIDEC, P. NATAF, J. THIESSET : « *Précis de bâtiment : conception, mise en œuvre, normalisation* »,2002
09. Pascal LEGRAND, Michel KLEIN : « *Rapport d'exécution de stage de formation au Burkina Faso sur la production et mise en œuvre de toitures en tuiles de mortier vibré* », BIT, 1997
10. Jean-Paul ROY, Jean-Luc BLIN-LACROIX : « *Le dictionnaire pratique du BTP, éditions Eyrolles* », 1998
- 11.

ANNEXES

ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE

Personnes cibles :

- Ministère de l'habitat (service de l'urbanisme)
- Producteurs de tuiles
- Entreprises de réalisation de toitures en tuiles
- Propriétaires d'édifices en tuiles

**Ministère des Infrastructures, du Transport et de l'Habitat
(MITH)
Service de l'Urbanisme**

1. Comment intervenez vous lors d'un projet de construction d'une habitation ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Quel genre de toiture proposez vous aux maîtres d'ouvrages ? Pourquoi ?

.....
.....
.....
.....

3. De quand date l'introduction des toitures en tuiles au Burkina Faso ?

.....
.....

4. Quelle place occupe aujourd'hui la tuile dans la construction au Burkina ?

.....
.....
.....

5. Quelles sont les stratégies du gouvernement en matière de promotion des toitures en tuiles au BF ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

6. Quels sont les moyens mis en jeu ? Et les partenaires impliqués ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

7. Quel bilan faites de cette stratégie ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

8. Quelles sont les difficultés rencontrées ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

9. Quelles sont les solutions palliatives que vous envisagez ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

PRODUCTEURS DE TUILES

Identification

10. Nom de l'entreprise :

11. Date de création:.....

12. Quel genre de tuiles fabriquez vous ?

.....
.....
.....
.....
.....

13. Description du procédé de fabrication par type :

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

14. Comment faites vous pour assurer la qualité de vos produits ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

15. Comment chiffrez vous le coût de fabrication ?

Par m² par kg

16. Coût actuel sur le marché :.....

22. Principales difficultés rencontrées :

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

23. Comment pensez vous que l'on pourrait améliorer cette filière au Burkina Faso

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ENTREPRENEURS REALISATEURS DE TOITURES EN TUILES

Identification

24. Nom de l'entreprise :.....

25. Date de création:.....

26. Clients potentiels et aussi réels:

.....
.....
.....
.....
.....

27. Entretenez-vous un partenariat avec les institutions étatique et internationales ?

.....
.....
.....
.....

28. Quelle est votre production annuelle ?

.....
.....

29. Quantité annuelle utilisée ?

.....
.....
.....

30. Nombre de villas ou édifices réalisés avec la tuile (surface totale)

.....
.....
.....

31. Coût d'une toiture en tuiles

.....
.....
.....

32. Quel est votre chiffre d'affaire annuel ?.....

33. Type de tuiles couramment utilisées :

.....
.....
.....
.....

34. Mode de pose des tuiles

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

35. Pathologies rencontrées sur les tuiles

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

36. Difficultés majeures de l'entreprise

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

37. Quelles sont vos propositions pour améliorer cette filière au Burkina Faso ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

PROPRIETAIRE D'EDIFICES EN TUILES

Identification (facultatif)

Nom et Prénoms :

Profession :

38. De quand date votre toiture ?

39. Pourquoi avoir opté pour une toiture en tuiles ?

.....
.....
.....

40. Combien cela vous a –t-il coûté ?

.....

41. Avez-vous déjà eu à effectuer des réparations sur votre toiture ?

Non

Oui

Si oui, Nombre de fois :

Genre de réparations :

.....
.....
.....

42. Avantages de la tuile

.....
.....
.....
.....
.....

43. Inconvénients

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

44. Vos souhaits/Propositions d'amélioration de ce matériau de construction

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ANNEXE 2 : Matériel de production et de contrôle qualité de l'Entreprise ZI



Photo A 2.1 : Bétonnière



Photo A 2.2 : Moule



Photo A 2.3 : Table vibrante



Photo A 2.4 : Bacs de maturation



Photo A 2.5 : Table d'essai mécanique



Photo A 2.6 : Hangar de cure sèche

Annexe 3 : Liste de quelques producteurs de tuiles et charpentiers

Producteurs de tuiles

Entreprises	Directeur	Adresses
Entreprise ZI	M. ZI Mahamadou	Ouagadougou, Nyoko II Tél. : (+226) 50 30 70 04 50 35 60 21 76 61 91 52
CERABRIQUE	M. ZOURE Boureima	Ouagadougou Tél. : (+ 226) 50 34 01 72 50 30 21 58 70 27 78 82
SAIMEC	M. ZERBO Denis	Ouagadougou 02 BP 5124 Ouagadougou 02
Les Tuileries du Houet	M. SANGARE Maurice	Bobo-Dioulasso 01 BP 363 Bobo 01 Tél. : (+ 226) 20 97 07 59 20 98 07 91
PROTAC	M. COULIBALY Seydou	Ouagadougou 06 BP 9552 Ouagadougou 06 Tél. : (+226) 50 36 28 11

Charpentiers

Nom et Prénom	Contact
SAWADOGO Jules	Ouagadougou Atelier de Mécanique Générale (AMG) Tél. : (+226) 50 31 20 06
LINGANI Michel	Ouagadougou Atelier de Mécanique Générale (AMG) Tél. : (+226) 50 31 20 06
YONLY Blaise	Bobo-Dioulasso Les tuileries du Houet

**Annexe 4: Document provisoire de normalisation des caractéristiques
mécaniques des TMV**