

Programme Habitat Humain

***Evaluation des bâtiments et des
techniques de construction dans le
Cercle de Youvarou***

Région de Mopti, Mali

Rapport de mission

Juillet 1991

Development Workshop



Commandité par l'Alliance Mondiale pour la Nature (UICN)

Programme Sahel

Utilisation de bois, toiture plate, maison à Youvarou

Programme Habitat Humain

Evaluation des bâtiments et des techniques de construction dans le Cercle de Youvarou

Région de Mopti, Mali

Juillet 1991

Commandité par:

l'Alliance Mondiale pour la Nature (UICN)
Programme Sahel

Mission:

J. Norton, P. Tunley,
Development Workshop

Rapport:

Development Workshop,
B.P. 13, 82110 Lauzerte, France

Texte & édition:
Photos & Dessins:

J. Norton, B. Tauran
J. Norton, P. Tunley, C. Hardman

Sommaire

1. Résumé

- 1.1. L'objectif de la mission
- 1.2. Observations
- 1.3. Propositions

2. Contexte général

- 2.1. Contexte physique
- 2.2. Le climat
- 2.3. La végétation
- 2.4. Zones d'habitation et activités économiques
- 2.5. Le projet

3. L'habitat humain dans le Cercle de Youvarou

- 3.1. Types d'habitation
- 3.2. La tente
- 3.3. La paillote
- 3.4. La maison simple en banco à toiture plate
- 3.5. Les bâtiments à revêtement en briques cuites
- 3.6. Maisons et bâtiments en dur

4. Les matériaux de construction

- 4.1. Les murs en banco
- 4.2. Enduit en terre
- 4.3. Revêtement des murs en briques cuites
- 4.4. Les toitures en bois
- 4.5. Orientation des bâtiments
- 4.6. Coût de la construction

5. Les bâtiments du Projet

- 5.1. Les bâtiments
- 5.2. L'utilisation de l'espace
- 5.3. L'orientation des bâtiments
- 5.4. L'emplacement des bâtiments
- 5.5. La protection contre l'eau
- 5.6. L'état des bâtiments
- 5.7. Les coûts d'entretien

6. Une solution: la construction sans bois

- 6.1. Faisabilité de la construction sans bois
- 6.2. Coût de la construction sans bois
- 6.3. Conclusions

7. Propositions d'actions

- 7.1. La démolition de bâtiments
- 7.2. Un programme pilote de construction sans bois
- 7.3. Améliorer la cuisson des briques
- 7.4. Contrôle de l'écoulement d'eau en amont des bâtiments
- 7.5. Programme d'entretien préventif
- 7.6. Budgets
- 7.7. Programmation

Annexes

- Annexe 1. Termes de référence
- Annexe 2. Analyse climatique: critères pour la conception de bâtiments
- Annexe 3. Devis pour la construction d'une maison à trois pièces, Youvarou
- Annexe 4. Bibliographie
- Annexe 5. Personnes rencontrées pendant la mission

1. Résumé

1.1. L'objectif de la mission

Ce rapport résume les observations et recommandations à l'issue d'une mission au Mali du 2 juin au 15 juin 1991, comportant un séjour à Youvarou du 5 au 10 juin.

Cette mission avait pour but principal d'évaluer les bâtiments du Projet de Conservation de l'Environnement dans le Cercle de Youvarou, et de proposer des solutions éventuelles pour améliorer l'environnement bâti du Projet et pour réduire les frais d'entretien. La mission entre dans le cadre du Programme Régional d'Habitat Humain dans le Sahel, dont les objectifs sont de promouvoir un équilibre entre les besoins en abri de la population locale et les besoins en gestion et conservation des ressources naturelles dans les zones d'activité du Programme Sahel, et à cette fin, proposer des actions. Les termes de référence pour la mission se trouvent en Annexe 1.

1.2. Observations

En général, les bâtiments sont dans un état délabré, et ceci malgré les efforts coûteux d'entretien et d'amélioration de ces dernières années. Parmi les sept bâtiments principaux du Projet, les bâtiments 3 et 4 sont en très mauvais état, et le bâtiment principal du bureau semble aussi avoir des problèmes importants de structure. Ces bâtiments sont tous couverts avec des toiture plates en bois et terre.

Nous constatons la disparition progressive des ressources ligneuses utilisables dans la construction, et des difficultés croissantes qui en résultent pour la population. La consommation du bois pour la construction contribue à cette disparition. Surtout, l'espèce préférée pour la fabrication de poutres et de gaulettes, le *Mytragyna inermis*, est devenu presque introuvable. Le palmier doum, (*Hyphaene thebaica*) devient aussi difficile à trouver.

La cuisson de briques à Youvarou consomme aussi beaucoup de bois, par rapport au nombre de briques produites.

1.3. Propositions

Cinq actions sont proposées:

1.3.1. La démolition des bâtiments 3 et 4 du Projet, dont la remise en état (nécessaire à la sécurité) coûterait trop cher. Les matériaux peuvent être récupérés pour une éventuelle utilisation dans l'entretien des autres bâtiments.

1.3.2. Il est proposé de lancer un programme pilote de construction sans bois, dont l'objet serait de faire à Youvarou une démonstration des techniques de construction de bâtiments à toiture en voûtes et coupoles en terre, et puis d'évaluer, sur un an, leur comportement dans le contexte de Youvarou. Cette phase-test constitue une étape indispensable pour juger de la viabilité de ces techniques dans la région.

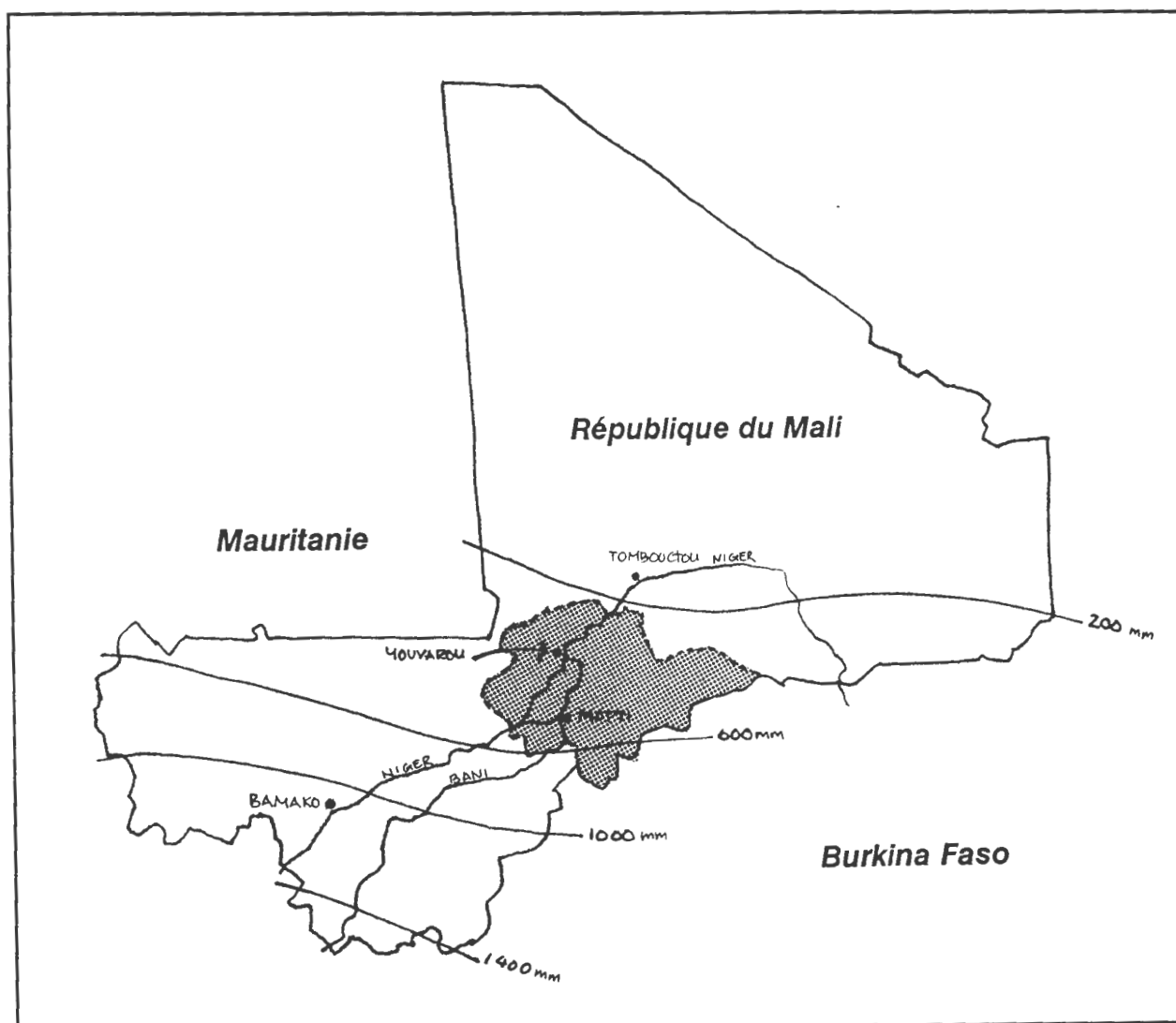
Le programme comprendrait la construction d'un certain nombre de petits bâtiments, et la formation de quelques maçons du Cercle. Il y aurait aussi des visites au Niger pour la formation de maçons et pour la sensibilisation des représentants des services maliens qui pourraient visiter des bâtiments réalisés depuis plusieurs années dans le cadre du Programme 'Construction sans bois' au Niger.

1.3.3. Compte tenu de la consommation élevée de bois pour la cuisson à Youvarou des briques cuites, (produit qui jouit d'une certaine popularité), il est proposé d'améliorer les techniques de cuisson afin de diminuer la consommation du bois.

1.3.4. On a constaté un problème d'écoulement d'eau en amont des bâtiments du Projet, avec risque de dégâts aux bâtiments. Il est proposé une petite action d'aménagement des bassins versants pour contrôler la descente d'eau, et pour promouvoir la régénération du sol par sédimentation.

1.3.5. Pour les bâtiments existants du Projet et pour ceux qui résulteront des activités futures de construction, il est proposé de mettre en place un programme d'entretien préventif basé sur l'inspection régulière et sur la préidentification des problèmes-type et des actions à entreprendre.

La République du Mali, et la Région du Mopti

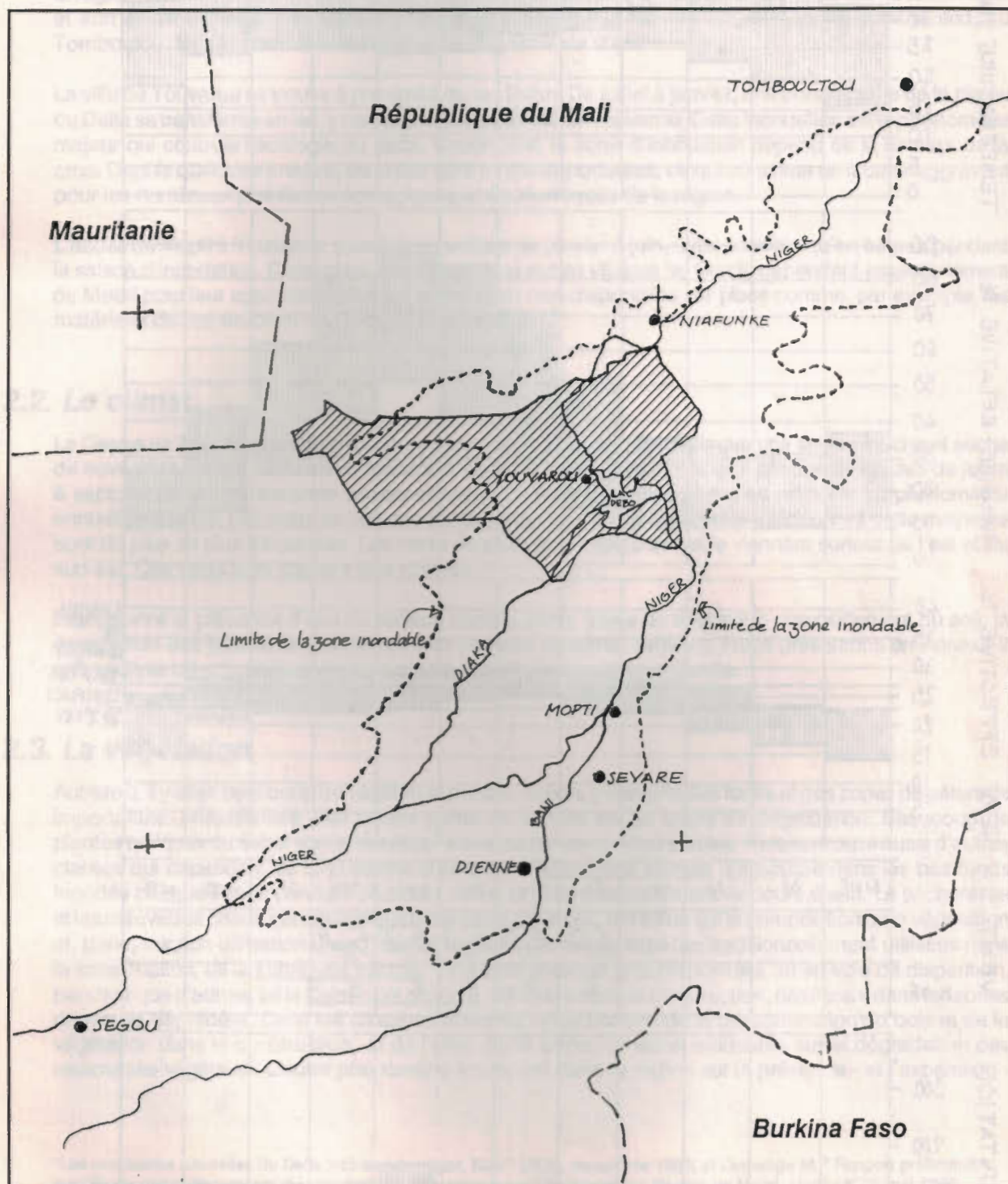


Carte d'après l'Atlas Jeune Afrique

Youvarou et le delta intérieur du Niger, Mali

Légende:

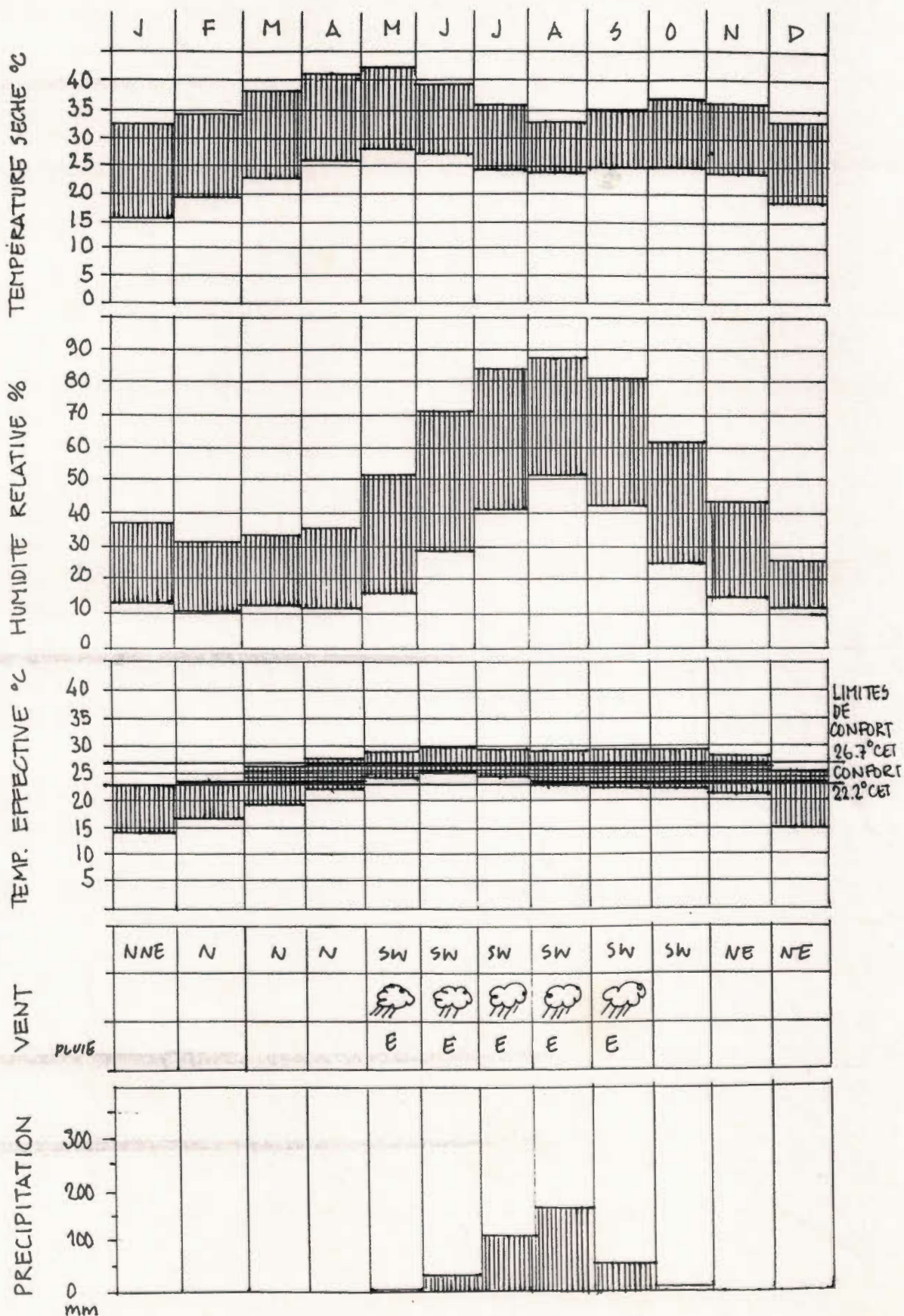
- Zone inondable: - - - - -
- Limite du Cercle de Youvarou: ▨
- Fleuve: NIGER
- Frontière: - - - - -



D'après la carte de l'Institut Géographique National, Paris - " République du Mali"

Le climat de la région de Mopti

Température effective: la température qui tient compte du taux d'humidité aérienne.



2. Contexte général

2.1. Contexte physique

Le Cercle de Youvarou, base des activités du Projet UICN pour la conservation de l'environnement dans la région, se situe dans le nord du Delta intérieur du Niger, au Mali. Ce Delta, alimenté par l'eau du Niger et son affluent principal, le Bani, s'étend sur une longueur de 400 km, du Djenne dans le sud, au Tomboctou dans le nord, et sur une largeur moyenne de 90km.

La ville de Youvarou se trouve à proximité du lac Debo. De juillet à janvier, une bonne partie de la plaine du Delta se transforme en lac, y compris la plaine à l'est de Youvarou. Cette inondation est le phénomène majeur qui contrôle l'écologie du delta. Cependant, la zone d'inondation dépend de la hauteur de la crue. Depuis quelques années, les crues sont moins importantes, ce qui constitue un facteur aggravant pour les nombreux problèmes écologiques et économiques de la région.

L'accès de Mopti à Youvarou, possible en voiture de janvier à juin, n'est possible qu'en bateau pendant la saison d'inondation. Cependant Youvarou et les autres villages du Cercle dépendent essentiellement de Mopti pour leur approvisionnement en denrées non disponibles sur place comme, par exemple, les matériaux de construction non locaux tel le ciment.

2.2. Le climat

Le Cercle de Youvarou se situe aussi en plein milieu sahélien. On distingue une saison fraîche et sèche de novembre à mars, une saison chaude et sèche d'avril à juin, une saison chaude des pluies de juillet à septembre, et une seconde saison chaude et sèche après les pluies en octobre. La pluviométrie annuelle est faible, de l'ordre de 400 mm par an, mais les mauvaises années inférieures à cette moyenne sont de plus en plus fréquentes. Les vents de pluie et les vents de sable viennent surtout de l'est et du sud-est. Ces vents sont souvent très violents.

Etant donné la présence d'eau de surface dans la zone, (qui a un effet sur le comportement du sol), la conception des bâtiments doit prendre en compte ce climat sahélien. Nous présentons en Annexe 2 une analyse climatique pour la conception des bâtiments dans le Cercle.

2.3. La végétation

Autrefois, il y avait beaucoup de végétation dans la région, y compris des forêts et des zones de pâturage importantes. Actuellement, une bonne partie de la flore est en cours de dégradation. Beaucoup de plantes typiques du Sahel sont présentes¹ dans les zones non inondables. Mais on trouve aussi d'autres plantes qui dépendent de la présence d'eau, tel le *Mitragyna inermis* qui pousse dans les bas fonds inondés chaque année pendant plusieurs mois, et près des mares et des cours d'eau. La sécheresse et les mauvaises crues, qui ont marqué les années récentes, ont influé sur la composition de la végétation et, donc, sur son utilisation dans l'habitat humain. Certaines espèces traditionnellement utilisées dans la construction, tel le *Mitragyna inermis*², ne sont presque plus disponibles ou en voie de disparition, pendant que d'autres, tel le *Calotropis procera*, utilisable dans la construction, prolifèrent dans les zones devenues dégradées. Dans les chapitres suivants, nous traitons de la consommation du bois et de la végétation dans la construction, et de l'effet d'une consommation croissante sur la dégradation des ressources végétales. L'autre phénomène important dans la région est la présence - et l'expansion -

1 "Les ressources naturelles du Delta intérieur du Niger, Mali", UICN, novembre 1989; et Demange M., "Rapport préliminaire sur l'étude des changements récents dans la végétation autour de Youvarou, Région de Mopti, Mali", UICN, mai 1986.

2 Voir Section 4.4.

des forêts mortes, qui donne une fausse impression de sur-abondance du bois à ramasser, alors que le ramassage de bois, même mort, favorise l'érosion éolienne et, de ce fait, la dégradation de la région. La dégradation de la végétation souligne l'importance des actions permettant au moins de diminuer la consommation des espèces en danger.

2.4. Zones d'habitation et activités économiques

Le Cercle de Youvarou a une superficie de 7 139 km² et environ 80 000 habitants. Il est divisé en 6 arrondissements avec 167 villages et des campements des nomades. La population tire ses ressources traditionnelles de la pêche et de l'élevage, c'est-à-dire qu'elle dépend de la production et de la disponibilité des ressources naturelles. La dégradation des ressources naturelles pousse la population vers d'autres activités économiques et, souvent, vers une vie plus sédentaire. Ceci favorise la construction de maisons en banco avec toitures plates et donc, à une collecte importante de végétaux aux alentours des villages. Et il est clair que cela provoque des nuisances à l'environnement plus graves qu'autrefois, quand la population nomade ne prélevait que des branches et perches pour la fabrication traditionnelle des tentes et paillotes dispersées dans la région.

2.5. Le projet

En 1984, dans un souci de collaborer avec le gouvernement de la République du Mali à la recherche de solutions assurant une gestion satisfaisante des ressources naturelles du pays, l'UICN et le WWF ont mis en place le 'Projet de conservation dans le Cercle de Youvarou' avec, pour objectif principal, la promotion d'une utilisation rationnelle et durable des ressources naturelles. Basé à Youvarou, le Projet a fait construire six logements et des bureaux, situés au nord de la ville en bordure du lac. Ces bâtiments font l'objet d'une évaluation dans le chapitre 5.



3. L'habitat humain dans le Cercle de Youvarou

3.1. Types d'habitation

Un premier regard sur l'habitat humain dans le Cercle de Youvarou montre cinq types principaux d'abri:

- Tentes.
- Paillotes.
- Maisons en banco à toiture plate.
- Bâtiments en banco à toiture plate et revêtement en briques cuites.
- Bâtiments en dur.

Une étude plus détaillée montrerait certainement un nombre plus important de formes et de matériaux utilisés. Mais, déjà, ces cinq types d'habitations permettent de dégager les caractéristiques principales de l'habitat dans la région.

3.2. La tente

Une structure légère avec supports en bois, couverture en nattes cousues, et murs en nattes. La fabrication de la tente dépend essentiellement des ressources végétales, mais en consomme peu. Pendant la mission, il n'a pas été possible de faire un relevé de tente.

Une tente à Aka, Youvarou



3.3. La paillote

Un abri léger avec structure en bois rond et couverture en nattes et en paille. La paillote est un abri mobile, elle peut être déplacée. Cependant, un relevé de paillote à Youvarou montre, à cet égard, une situation en évolution. En effet, dans cette famille-là, le mari devait se déplacer pour pêcher et il faisait suivre un abri minimal tandis que sa femme et ses enfants restaient sur place, dans la paillote. Cette famille, devenue donc essentiellement sédentaire, souhaiterait maintenant construire une maison en banco à toiture en bois et terre. Mais cela lui est très difficile car le bois de toiture est devenu rare et cher.

Les informations relatives à cette paillote (étapes de la construction, matériaux, ...) sont données dans le cadre "Étapes dans la construction d'une paillote de pêcheurs Songhay à Youvarou" ci-contre. La famille habitant cette paillote signale que, actuellement, même les matériaux de construction d'une paillote sont difficiles à trouver.

Signalons que, dans la région, il y a des exemples de cette même structure avec une couverture de nattes complétée par un revêtement de terre.

Quantités et coûts des matériaux utilisés pour la construction d'une paillote

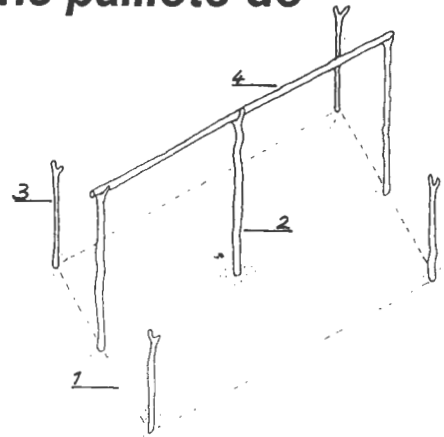
Superficie: 15 m²

Tête = chargement de tête humaine; ch - az = charrette azine.

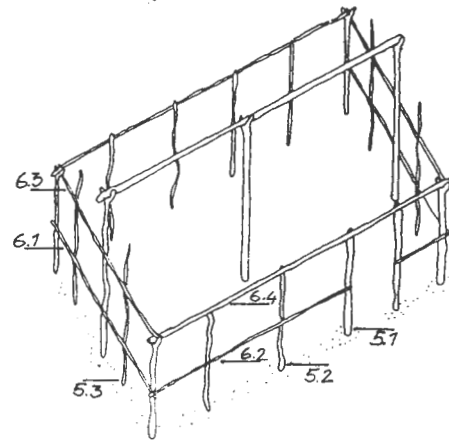
ETAPE	MATERIAUX ET MAIN D'OEUVRE	UNITE	DIMENSION	QUANTITE	PRIX/ UNITE	MONTANT	P/M ²	DURABILITE
1.	implantation							
2.	perches; <u>Diospyros mespiliformis</u>	U	2.5M	3	500	1500	100	2 ans
3.	chevron bois blanc	U	5m	1	grat			
4.	perches; <u>Diospyros mespiliformis</u>	U	1.6m	4	100	400	27	2 ans
5.								
5.1	perches; <u>Diospyros mespiliformis</u>	U	1.6M	2	250	500	33	2 ans
5.2	perches; <u>Diospyros mespiliformis</u>	U	1.6M	6	150	900	60	2 ans
5.3	perches; <u>Diospyros mespiliformis</u>	U	2.0M	4	150	600	40	2 ans
6.								
6.1	perches; <u>Diospyros mespiliformis</u>	U	3.0m	2	voir *			2 ans
6.2	perches; <u>Diospyros mespiliformis</u>	U	5.0m		voir *			2 ans
6.3	perches; bambou	U	3.0m		grat			
6.4	perches; bambou	U	5.0m		grat			
7.	perches; <u>Diospyros mespiliformis</u>	U	1.8m	18	voir *			2 ans
8.	perches; <u>Diospyros mespiliformis</u>	U	2.7m	12	voir *			2 ans
9.	nattes (seko); <u>Vetiveria sp</u>	U	1.5x3.5m	4	300	1200	80	1 an
10.	nattes en feuilles de doum; <u>Hyphaene thebaica</u>	U	1x2m	10	250	2500	167	2 ans
11.	paille; <u>Oryza longistaminata</u>	tête	+/- 15kg	4	250	1000	67	
12.	nattes en feuilles de doum; <u>Hyphaene thebaica</u>	U	1x2m	10	250	2500	167	1 an
13.								
13.1	nattes en feuilles de doum; <u>Hyphaene thebaica</u>	U	1x2m	1	250	250	17	1 an
13.2	perches; <u>Diospyros mespiliformis</u>	U	+/.5m	10	voir *			2 ans
*	<u>Diospyros mespiliformis</u> des étapes: 6.1; 6.2; 7.; 8.1; 13.2	ch-az	1.5m ³	3	500	1500	100	2 ans
						0	0	
						0	0	
					TOTAL	12850	857	

Etapes dans la construction d'une paillote de pêcheurs Songhay à Youvarou.

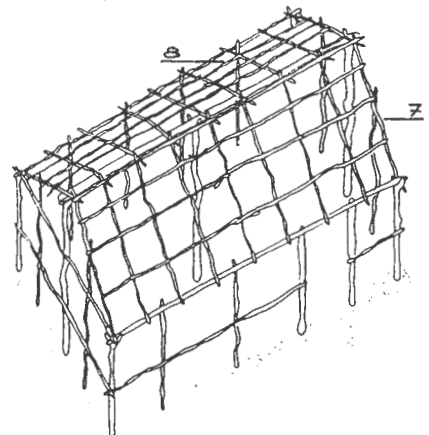
1. Implantation de la paillote: les dimensions sont établies en fonction des matériaux disponibles. On oriente la structure en fonction du climat local mais aussi en fonction de la disposition des bâtiments et des paillotes avoisinant.
2. Préparation de trous pour les poteaux; pose des 3 poteaux principaux.
3. Pose de la panne faîtière.
4. Pose des perches verticales aux quatre coins.



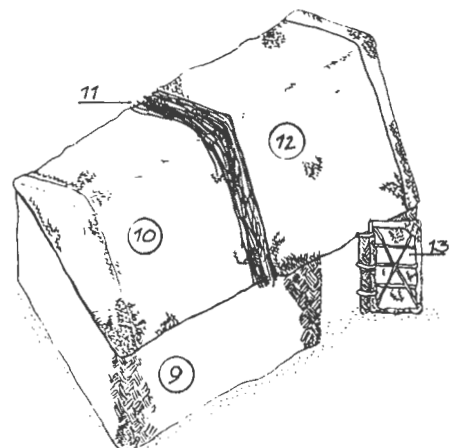
5. Pose des perches verticales intermédiaires:
 - 5.1. chaque côté de la porte;
 - 5.2. pour les murs latéraux;
 - 5.3. pour les murs pignons.
6. Pose et attache des perches horizontales sur les murs:
 - 6.1. rangée inférieure (mur pignon);
 - 6.2. rangée inférieure (mur latéral);
 - 6.3. rangée supérieure (mur pignon);
 - 6.4. rangée supérieure (mur latéral).



7. Pose et attache des 9 chevrons (perches légères) sur chaque pente.
8. Sur chaque pente, pose de trois rangées de perches légères horizontales sur les chevrons.



9. Pose des nattes en seko sur les murs.
10. Pose et attache de la première couche de nattes sur le toit. Dix nattes individuelles sont cousues ensemble pour faire une seule grande natte.
11. Pose d'une couche de paille sur les nattes, afin d'augmenter l'étanchéité et l'isolation de toit.
12. Pose de la deuxième couche de nattes sur le toit.
13. Fabrication de la porte et pose:
 - 13.1. Taille de la natte aux dimensions requises;
 - 13.2. Attache de la natte aux perches qui forment le cadre de la porte.



3.4. La maison simple en banco à toiture plate



C'est la forme d'habitation la plus répandue, construite avec des murs en briques de terre (banco) et une toiture en bois (poutres et gaulettes) recouverte par une couche de boue puis une couche de terre sèche damée. Les murs intérieurs et extérieurs sont recouverts d'un enduit en terre. Une estimation des quantités et des coûts pour la construction d'une telle maison à trois pièces est présentée dans le tableau ci-contre. Le prix au mètre carré revient à 5 730 F Cfa / m² (seconde oeuvre non-compris).

Maisons à Youvarou

5. Les bâtiments à revêtement en briques cuites

Il s'agit de bâtiments construits avec des matériaux et des techniques similaires à l'exemple précédent, mais revêtus d'une couche de briques cuites sur les façades exposées aux intempéries (surtout la façade Est et Sud d'où viennent les vents de pluie et de sable) et sur le toit. Ce revêtement représente un investissement important (voir cadre "Protection des murs contre l'érosion due à la pluie: revêtement en briques ou enduit en terre?") et, donc, on le voit surtout sur les maisons des personnalités (maison de l'imam) et sur les bâtiments publics (mosquée de Youvarou). Le devis pour la construction d'une maison à trois pièces avec un revêtement en briques cuites se trouve en Annexe 3.

6. Maisons et bâtiments en dur

A Youvarou, quelques rares bâtiments sont construits avec des murs en parpaings de ciment et une toiture en tôle ondulée. Il s'agit surtout des équipements publics (Palais de Justice, etc.). L'utilisation des parpaings est si peu répandue à Youvarou que certains maçons ne connaissent même pas le prix de ce matériau.

Les matériaux utilisés dans la construction à Youvarou

Ch - az = Charrette azine.
 U = Unité
 Pqt = paquet
 m = mètre

DESCRIPTION	UNITE	DIMENSION /POIDS	COUT (fcfa)		PROVENENCE	DISPONIBILITE
			BRUT	TRANSPORT COMPRIS		
sable fin	ch-az	.3m ³		750	Youvarou	
sable gros	ch-az	.3m ³		750	Youvarou	
gravier	1m ³	1m ³		10000	cercle de Niafunke	
terre	ch-az	.3m ³		250	Youvarou	
bloc en banco	U	40x20x10	5	10	Youvarou	
parpaing plein	U	40x20x20	250		Mopti	
parpaing creux	U	40x20x20	160		Mopti	
brique cuite	U	18x9x5	10	12.5	Youvarou	
brique cuite	U	18x14x3.5	20	22.5	Youvarou	
gargouille (terre cuite)	U		500		Youvarou	
ciment	pqt	50kg	3250	3750	Mopti	
chaux	boite	25kg	5500	250	Mopti	
gypse	pqt	25kg	8750	250	Mopti	
paille	tête	15kg		125	Youvarou	saisonnnière
natte (feuilles de doum)	U	1mx2m	250		Youvarou	saisonnnière
natte en seko	U	1m30x3m50	300		Youvarou	saisonnnière
poutre (doum)	U	4mL		1500	Youvarou	
poutre (doum)	U	4.5mL		2500	Youvarou	
bois de brousse-tiges légères	ch-az	1.5m ³		1500	Youvarou	
planche - section 4cmx35cm	m	m	1250		Mopti	
fer à béton de 6mm	barre	12m	1106		Mopti	
fer à béton de 8mm	barre	12m	1756		Mopti	
fer à béton de 10mm	barre	12m	2700		Mopti	
volet métal(plein)	U		15000		Mopti	
volet persienne	U		18000		Mopti	
porte métal	U		37500		Mopti	
tôle ondulée	U	2mx80cm	3750		Mopti	
tôle plate	U	1mx2m	6000		Mopti	
bac alu	m ²	m ²	5500		Mopti	

4. Les matériaux de construction

Le tableau sur la page précédente présente une liste des matériaux utilisés dans la construction de bâtiments à Youvarou, leur coût et leur provenance. Pour les matériaux typiquement utilisés dans la construction d'une paillote, voir le cadre "Etapas dans la construction d'une paillote de pêcheurs Songhay à Youvarou".

Cinq aspects de la construction sont traités de façon plus détaillée ci-dessous car ils sont essentiels pour l'évaluation de la construction dans le Cercle et pour l'évaluation des bâtiments du Projet. Ceci permet de mieux cerner les problèmes auxquels sont confrontés les habitants et les responsables du Projet.

4.1. Les murs en banco

Les briques en banco utilisées pour la construction d'un mur mesurent environ 40 x 20 x 10 cm. La qualité de la maçonnerie n'est pas très bonne. On voit souvent que l'appareillage est mauvais et que les joints verticaux, étroits, ne sont que rarement remplis de mortier. Néanmoins, pour la construction des murs supportant un toit plat et des murs de concession, cette qualité de maçonnerie peut suffire et est donc acceptée par la population. Mais elle est souvent l'une des causes de fissuration des murs.

La qualité des briques utilisées dans la construction courante n'est pas très bonne et, entre autres effets, elle rend les murs peu résistants aux effets de la pluie.

A Youvarou, on confectionne les briques en banco sur deux sites principaux: soit sur la plaine à l'Est de la ville (zone inondée pendant la crue), soit dans une mare à l'Ouest de la ville, ce dernier site étant un peu plus éloigné de la ville. Quel que soit le site choisi, le prix d'une brique livrée en ville est de 10 F Cfa, (5 francs la brique plus 5 francs pour le transport par charrette azine). Des essais de sédimentation montrent que la terre utilisée pour la confection des briques dans la plaine a une composition des éléments fins très homogène. Quant à la terre venant de la mare, elle présente une meilleure composition granulométrique. La plupart des gens prennent des briques de la plaine, peut-être parce que c'est légèrement plus proche alors que les maçons affirment que les briques venant de la mare sont d'une meilleure qualité et plus résistantes à l'érosion.

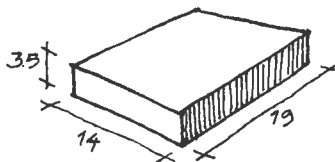
On constate aussi une détérioration de la qualité des briques si l'on compare des échantillons de vieilles briques prises dans la ville à des briques neuves. Et on peut vérifier en un coup d'oeil que les vieilles briques de la mare résistaient beaucoup mieux à la pluie. Selon les maçons, deux facteurs contribuent à cette détérioration:

- le son du riz qu'on ajoutait auparavant n'est plus aussi facilement disponible. On le remplace donc par du son du mil ou par de la paille, ce qui présente une distribution moins homogène de la matière organique dans la brique et, donc, modifie son comportement quand ces éléments sont attaqués par les termites;
- on prend moins de soin qu'autrefois à la confection des briques, peut-être dans un souci de production plus rapide.

Une enquête dans les briqueteries montre un certain nombre de mauvaises pratiques (choix du sol, préparation du terrain, moulage de la brique) qui sont à corriger dans l'éventualité d'un programme de construction.

Fiche Technique:**Production de briques cuites à Youvarou****Produit:**

Briques cuites, 19 x 14 x 3.5 cms.

**Utilisation:**

Revêtement des murs extérieurs et de la toiture; protection contre la dégradation des surfaces à cause de la pluie.

Matériaux:

Argile, bois, paille.

L'argile vient d'une mare à 1 km à l'ouest de Youvarou, elle est transportée en panier à dos d'âne. Pour 1000 briques il faut 40 voyages, à 50 francs le voyage.

L'énergie:

La cuisson de 1000 briques consomme 8 fagots de paille (un fagot pèse environ 15kg); et deux chargements de bois (*Acacia nilotica* [Songhay: *Bani*]) soit 3m³ (3 stères).

Production:

La production est assurée par des femmes. Une femme peut travailler seule. Elle confectionne 300 à 400 briques par jour. Selon la demande, une femme peut produire environ 5000 briques dans un mois, mais souvent elle en produit moins.

Il n'y a pas de four permanent - on reconstruit le four pour chaque cuisson. Les briques sont empilées entre des couches de paille. Le bois est posé en dessous et autour des briques. La cuisson dure 24 heures. Après, on démonte le four, soit aussitôt la cuisson terminée, soit petit à petit en fonction de la demande.

Coûts en F Cfa:

40 voyages terre @ 50f	2000
8 fagots de paille	1000
2 chargements de bois @ 1500f	3000
Total	6000

Jours de travail:

- 2,5 jours de moulage;
- 1 jour pour montage du four
- 1 jour pour la cuisson;
- 1 jour pour démonter le four.

Prix de vente: 20 f/brique soit 20 000f par cuisson.

Remarque:

La production des briques cuites à Youvarou est une activité d'importance économique. Cependant, la cuisson de 1000 briques demande une grosse consommation de bois, qu'il faut réduire. Du fait que l'extérieur du four n'est pas couvert par un enduit en terre pendant la cuisson, il est probable qu'on perde beaucoup d'énergie, augmentant ainsi la consommation de bois.

Action possible:

- Améliorer le four et les techniques de cuisson, pour réduire la consommation de bois; une action à développer avec les femmes de Youvarou;
- Améliorer la confection des briques, et ainsi leur qualité.

4.2. Enduit en terre

La plupart des bâtiments sont revêtus d'un enduit en terre. La durabilité dépend de l'orientation de la façade, et de la composition de l'enduit.

Façade	Durabilité moyenne
Est	1 an (exposée à la pluie)
Sud	1 - 2 ans (exposée à la pluie)
Ouest	4 ans ou plus
Nord	2 - 3 ans

Pour l'enduit, on prend toujours de préférence la terre de la mare (terre argileuse), à laquelle on ajoute du son de mil (ou, si disponible, du son de riz) et du fumier. On laisse ce mélange pourrir pendant trois à six jours avant l'application sur le mur. Une première couche a tendance à se fissurer, à cause de son épaisseur importante. Des couches successives et moins épaisses se fissurent moins et, donc, présentent une meilleure durabilité.

Pour une comparaison entre les enduits en terre et le revêtement en briques cuites, voir le cadre "Protection des murs contre l'érosion due à la pluie: revêtement en briques ou enduit en terre?"

4.3. Revêtement des murs en briques cuites.

Ce revêtement est utilisé depuis quelques années à Youvarou pour protéger les murs extérieurs en banco de l'érosion due à la pluie. Les briques qu'on utilise sont fabriquées à Youvarou (voir cadre, page 13), et leurs dimensions varient d'une productrice à une autre. Une petite brique de 18 x 9 x 5 cm coûte 10 F Cfa (transport non compris); une brique de 19 x 14 x 3.5 coûte 20 F Cfa. Les briques sont collées contre le mur grâce à un mortier en terre, qui n'assure pas une adhésion chimique. Lorsque les briques sont bombées, on remplit les joints avec un mortier de ciment.

Si les briques sont posées horizontalement, elles sont plus stables et ne demandent que peu de mortier pour tenir - mais il faut compter environ 100 briques par m²¹. Si elles sont posées verticalement, on en utilise moins (environ 45 au m²) mais le rôle du mortier de ciment est plus important pour la stabilité du revêtement. La pose horizontale semble donner des résultats acceptables, tandis que la pose verticale semble être très peu efficace: le revêtement se fissure vite et se descelle du mur, ce qui entraîne l'infiltration d'eau entre le mur et le revêtement.



Selon les maçons locaux, un revêtement en briques horizontales dure 10 ans si la qualité de la mise en oeuvre est bonne. Le revêtement en briques verticales, tel qu'il a été réalisé sur les bâtiments du Projet, ne dure que trois ou quatre ans. Dans les deux cas, le rapport coût du revêtement/efficacité du revêtement donne des résultats assez décevants.

La comparaison des coûts économique et écologique entre un revêtement en briques et un revêtement en mortier de terre permet de conclure qu'un bon enduit de terre serait la meilleure solution.

On utilise parfois un revêtement de briques cuites sur les toitures de terre à Youvarou, pour les rendre plus étanches. Comme pour le revêtement des murs, les résultats ne sont pas toujours bons.

En plus de ces résultats, assez décevants, le cadre "Production de briques cuites à Youvarou" montre aussi l'aspect négatif de la cuisson de briques sur la conservation des ressources naturelles.

1 Calcul basé sur une brique mesurant 18 x 9 x 5 cm

Protection des murs contre l'érosion due à la pluie: revêtement en briques ou enduit en terre?

Cas 1: Revêtement en briques cuites (18 x 9 x 5 cm) posées à l'horizontale contre un mur en banco (19.2m²).

Matériaux:

Banco (terre argileuse); Sable;
Ciment; Briques cuites.

Quantités & coûts (F Cfa):

Désignation	Unité	Quantité	Prix	Montant	Notes
Banco	Charrette	4	250	1000	* 0.3 m3
Sable	Charrette	10	500	5 000	* 0.25 m3
Ciment	Sacs	4	3 500	14 000	
Briques cuites	Brique	1 920	20	38 400	* avec transport
Maçon	Jour	7	1 500	10 500	
Manoeuvre	Jour	14	500	7 000	
Coût total pour 19,2 m ²		=		75 900	Coût / m ² = 3 953

La consommation de bois pour la cuisson des briques: 6m³ de bois.

Durabilité: 10 ans et plus, si la qualité de la mise en oeuvre était bonne.

Cas 2: Revêtement des murs avec un enduit en banco (terre argileuse)

Matériaux:

Son de mil; son de riz (selon disponibilité);
Banco (terre argileuse venant d'une mare à l'ouest de Youvarou).

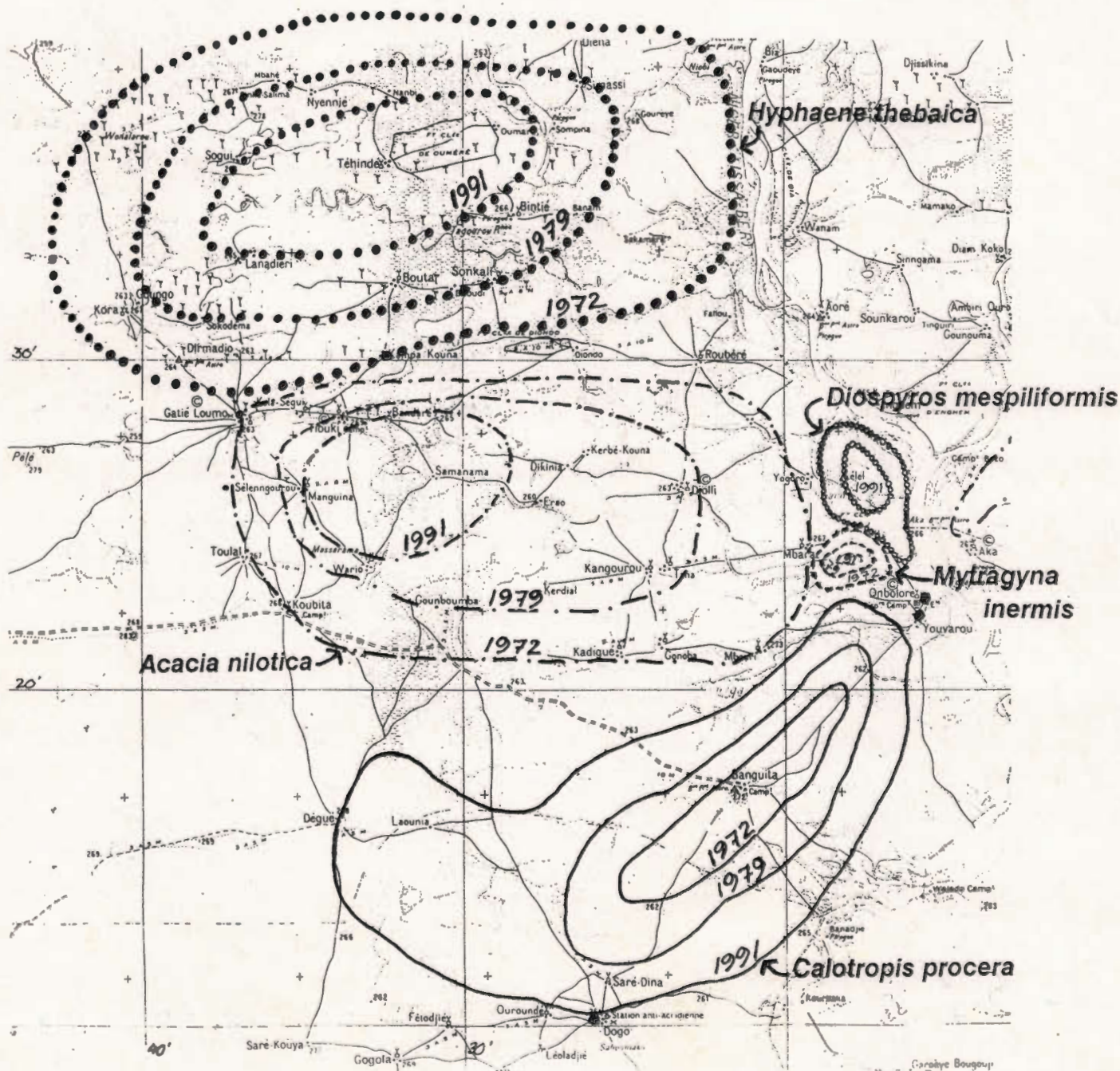
Quantités et coûts (F Cfa): pour une superficie de 80 m²

Désignation	Unité	Quantité	Prix	Montant	Notes
Banco	Charrette	12	1500	18 000	
Son de mil	Sacs	10	250	2 500	
Maçon	Jour	1	1500	1 500	
Manoeuvre	Jour	6	500	3 000	
Coût total pour 80 m ²		=		25 000	Coût / m ² = 300

Conclusion:

La durabilité du revêtement en briques cuites doit dépasser 12 ans pour que cette protection devienne plus économique que l'enduit en terre. Par rapport à l'enduit en terre, qui demande un entretien annuel, le revêtement en briques cuites est perçu comme un revêtement de qualité. Cependant, la durabilité du revêtement en briques cuites n'est pas toujours bonne, et des réparations assez fréquentes sont souvent nécessaires. D'autre part, l'utilisation de briques cuites a des conséquences plus importantes sur l'environnement: son coût environnemental est supérieur.

La régression des arbres utilisés dans la construction dans le Cercle de Youvarou



Source: Projet de Conservation des Ressources Naturelles dans le Cercle de Youvarou

4.4. Les toitures en bois

A part quelques bâtiments couverts en tôle ondulée, toutes les toitures des bâtiments dans le Cercle de Youvarou sont en bois et terre. Le cadre "Utilisation du bois dans les toitures plates, Youvarou" montre la quantité de bois utilisé et les coûts pour la construction de toits.

Sur le plan écologique, économique et technique, on constate une évolution inquiétante dans la construction des toitures plates. Il y a quelques années, on utilisait le bois de l'arbre Mytragyna inermis pour les poutres et pour les gaulettes des toits. Ce bois résistait bien aux termites et durait plusieurs années. Cependant, comme le montre la carte, ce bois est devenu de moins en moins disponible à cause de la sécheresse, des mauvaises crues et de la sur-consommation. En 1991, on ne trouve plus de M. inermis pour les poutres. Même pour les gaulettes (petites branches), on commence à utiliser d'autres espèces. Pour les poutres, à la place du M. inermis on utilise maintenant le palmier doum (Hyphaene thebaica; nom peul: Gielehi). Mais à Youvarou, on voit que les doums n'ont qu'une faible résistance aux termites¹ et doivent être remplacés au bout de trois ou quatre ans et parfois même moins. Cette détérioration rapide augmente le rythme de la consommation du bois. Les troncs du palmier doum deviennent donc, à leur tour, plus difficiles à trouver et à plus grande distance de Youvarou. Dans les plus récentes des constructions à Youvarou on voit le doum remplacé par l'Acacia nilotica, pour les poutres. Pour les gaulettes aussi le M. inermis (bois préféré) est progressivement remplacé par les branches de l'A. nilotica. Comme l'indique la carte de la zone autour de Youvarou, l'Acacia nilotica, lui aussi, est en cours de régression.

Parmi les plantes qui profitent de la nouvelle situation écologique, conditions sèches et sols dégradés, il y a l'arbuste Calotropis procera. Il résiste bien aux termites et peut être utilisé pour les gaulettes de courte portée mais seulement à condition de ne pas mettre trop de poids dessus. L'utilisation de C. procera ne représente donc pas une solution idéale.

Le prix d'une poutre de 4m en M. inermis ou en H. thebaica est de 1 500 F Cfa. Ce prix n'a pas augmenté depuis plusieurs années bien que les poutres soient de plus en plus difficiles à trouver. Cependant, la réduction en durabilité implique qu'on doit remplacer les poutres et les gaulettes plus souvent, ce qui augmente sensiblement le coût d'entretien et, à terme, rend la toiture en bois de plus en plus chère.

En ce qui concerne la structure du toit, on voit que les constructeurs ont tendance à augmenter la distance entre les poutres (économisant ainsi sur le nombre de poutres). Cette réduction du nombre de poutres diminue la rigidité de la structure. Quand il faut poser sur le toit la couche de terre et le revêtement en briques cuites, ce manque de rigidité provoque une flexion du toit et, de ce fait, des fissurations dans les joints entre les briques. A cet égard, il est intéressant de comparer la mosquée de Youvarou et les bâtiments du Projet. Dans le cas de la mosquée, grâce à la présence de nombreuses colonnes et à la courte portée des poutres de M. inermis, la toiture est rigide et le revêtement en briques cuites en bon état. Par contre, sur les bâtiments du Projet où les poutres sont moins nombreuses et la portée plus grande, on peut sentir des mouvements de toiture. Avec une couverture en terre ce mouvement ne pose pas de problème.

Les habitants de Youvarou se méfient aussi des poutres en doum parce qu'elles se cassent sans préavis, ce qui n'était pas le cas avec les poutres en M. inermis.

1 Notons que le doum mâle est considéré comme très résistant aux termites dans l'Aïr au Niger.

Utilisation du bois dans les toitures plates, Youvarou

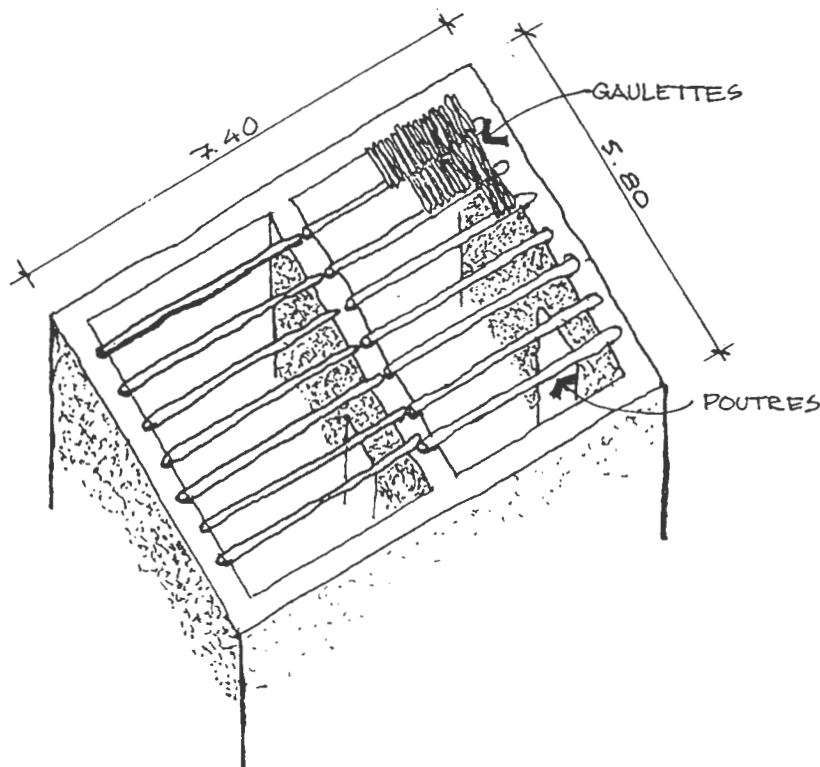
Base de l'étude:

La couverture de deux pièces de 31m^2 , avec 14 poutres principales; couvertes par des lattes en bois.

Matériaux:

Poutres principales: Hyphaene thebaica (Palmier Doum)

Lattes: Acacia nilotica (nom Songhay: *Bani*)



Consommation de bois pour 31m^2 :

14 poutres principales @ 4 mètres.

8 charrettes de bois pour les lattes, soit 12m^3 (12 stères).

Coûts monétaires:

		F Cfa
Poutres 14 @ 1 500	=	21 000
Lattes 8 charrettes @ 1 500	=	4 500
Total pour 31m^2	=	23 500
Coût au mètre carré	=	742

4.5. Orientation des bâtiments

Dans la ville de Youvarou, la plupart des bâtiments sont orientés sur un axe Est-Ouest. Ceci leur permet de présenter une façade fermée et étroite vers l'est, d'où viennent les vents de pluie et de sable. Cette façade Est porte normalement peu d'ouvertures et elle est le plus souvent protégée par un revêtement en briques cuites.

4.6. Coût de la construction

Pendant la mission, nous avons demandé à deux maçons¹ de Youvarou de préparer des devis comparatifs, l'un pour la construction d'une maison à trois pièces avec un enduit extérieur en terre, l'autre pour la même maison avec un revêtement en briques cuites. Une comparaison entre les devis de chaque maçon montre des divergences importantes en quantités estimées: pour le revêtement en briques cuites l'un des maçons prévoyait 7 fois plus de ciment que l'autre, et l'autre demandait 4 fois plus de briques cuites. Le maçon Baber proposait 1000 charrettes de banco, contre 200 pour le maçon Youssouf. Nous avons donc comparé ces devis avec les résultats des enquêtes menées sur plusieurs chantiers et sur des maisons achevées afin d'établir un coût réaliste pour la construction à Youvarou. Ces devis sont présentés en Annexe 3.

En nous référant à la productivité de maçons et de manoeuvres observée sur les chantiers en ville, et en tenant compte des expériences vécues ailleurs dans le Sahel, il nous semble que les estimations de nombre d'hommes par jour de travail étaient excessives chez les deux maçons. Ainsi, dans les coûts présentés ici, le nombre d'hommes par jour de travail a été réduit.

Pour la construction d'une maison de 44 m² avec murs en banco et toiture plate en bois et terre, et avec sol et murs en terre, le prix au m² pour le gros oeuvre est estimé à 5 730 F/m², reparté entre bois, briques et banco, et main d'oeuvre. Le prix total, second oeuvre compris, revient à 7 543 F/m², dont 9,8% pour des matériaux non locaux.

Pour la construction de la même maison revêtue en briques cuites, le gros oeuvre reste le même, mais au prix du second oeuvre s'ajoute un *supplément* de 6 215 F/m², soit 45% du coût total. 11,7 % du coût est en matériaux non locaux.

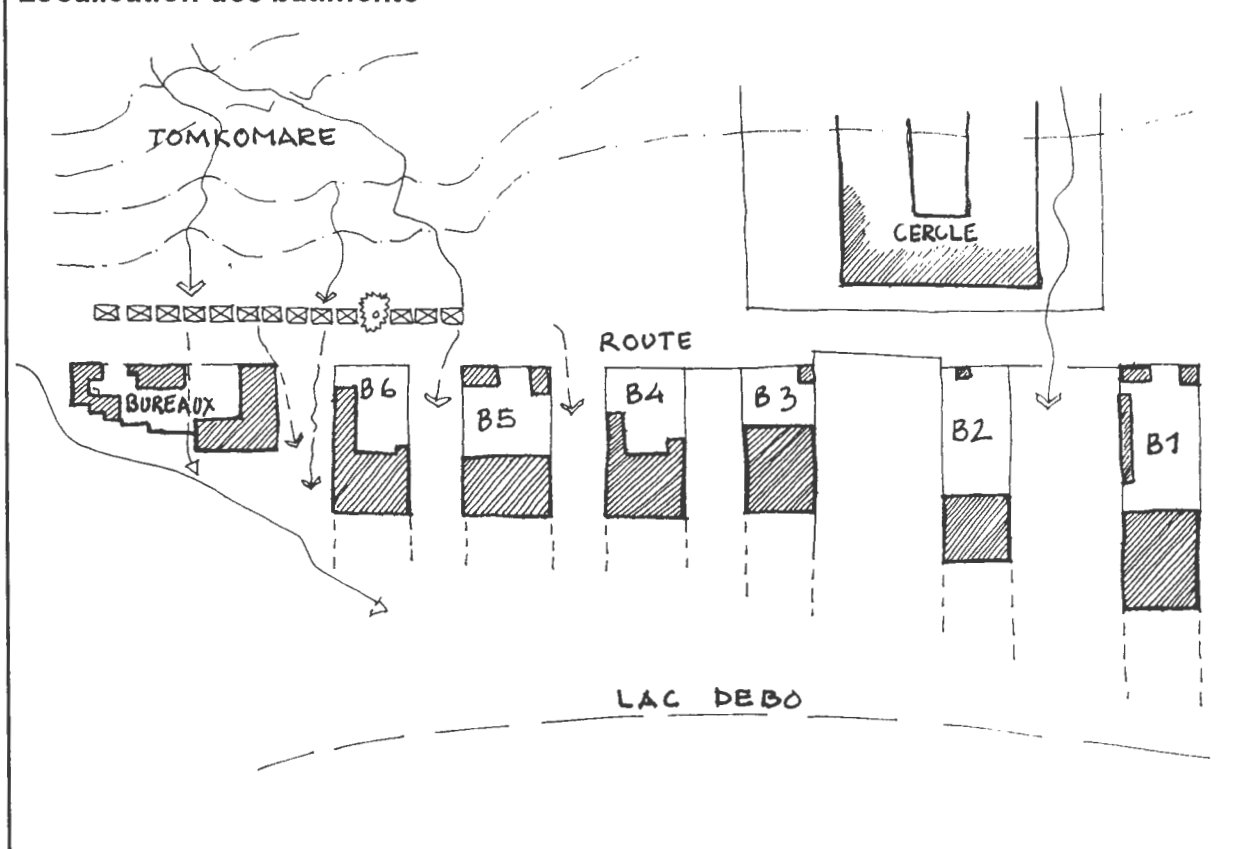
1 Yousouf Thienta et Baber Mahaman Traoré.

5. Les bâtiments du Projet

5.1. Les bâtiments

A partir de 1984, le Projet a commencé à construire des bâtiments au Nord de Youvarou. Le Projet dispose actuellement d'une superficie bâtie importante (1 799m²) répartie entre les bureaux (284 m²) et six bâtiments qui étaient, au départ, destinés au logement du personnel (1 515 m²). Il y a, en plus, un certain nombre de petits bâtiments annexes comprenant des magasins, des chambres de gardien et des poulaillers. Les plans des bâtiments principaux sont montrés sur les pages suivantes. Chaque bâtiment est différent.

Localisation des bâtiments

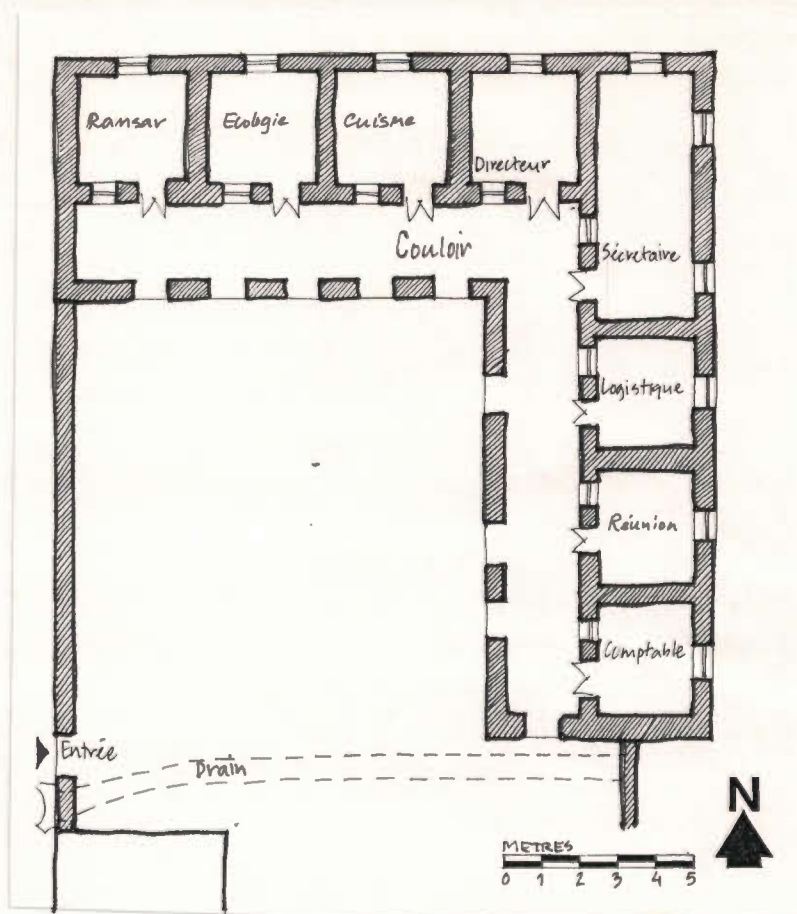


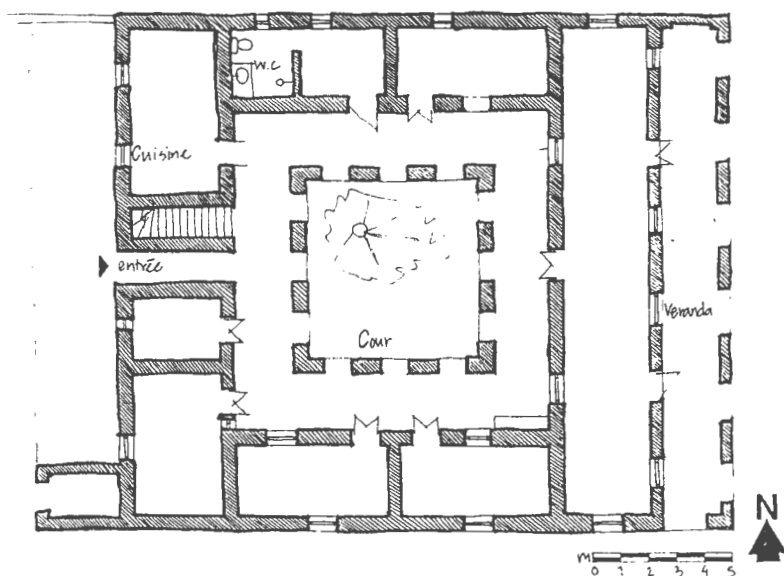
5.2. L'utilisation de l'espace

L'examen des bâtiments montre que la surface utile des bâtiments ne représente que 59% du total, murs compris. La partie comprenant les vérandas externes (sous-utilisées à cause de leurs dimensions et de leur orientation) et les couloirs représente 41%, ce qui fait trop par rapport à la superficie totale et aux fonctions actuelles des bâtiments. Une étude de la surface utile (chambres et bureaux) nous montre que, dans plusieurs cas, les espaces ne sont bien adaptés, ni au climat, ni aux fonctions prévues. A titre d'exemple, les bureaux sont en général trop petits alors que les couloirs internes des villas sont trop grands pour la circulation mais trop étroits pour y mettre des tables et des chaises et pouvoir ainsi en profiter.

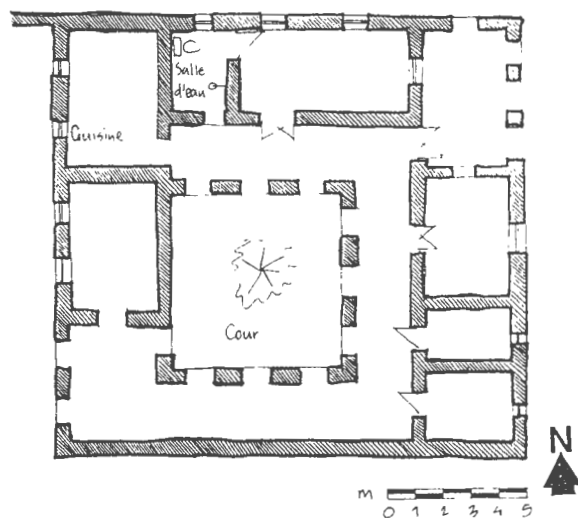
Le bâtiment 2 n'est pas utilisé actuellement et le bâtiment 3 (le Centre d'Accueil des Femmes), n'est que partiellement occupé. Même dans les bâtiments occupés, certaines chambres restent vacantes.

L'importance de la superficie totale est l'un des facteurs contribuant aux frais d'entretien élevés qui ne seraient justifiables que dans le cas d'une utilisation beaucoup plus efficace de l'espace disponible.

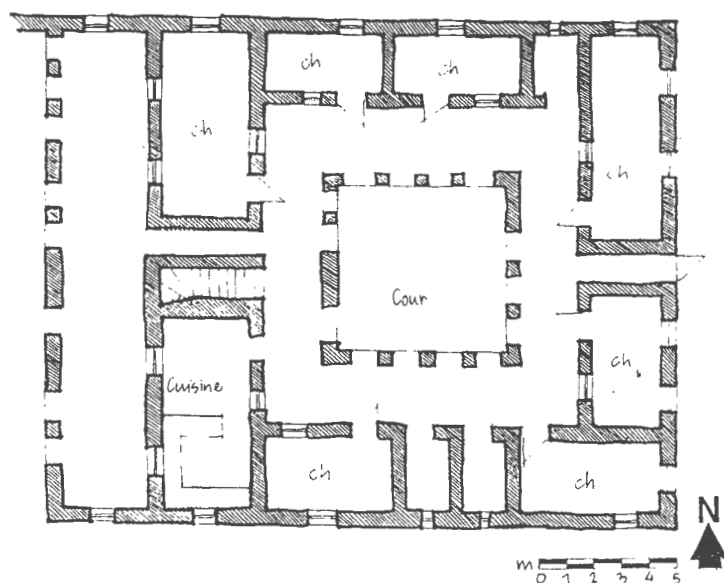




Bâtiment 1
Maison du directeur

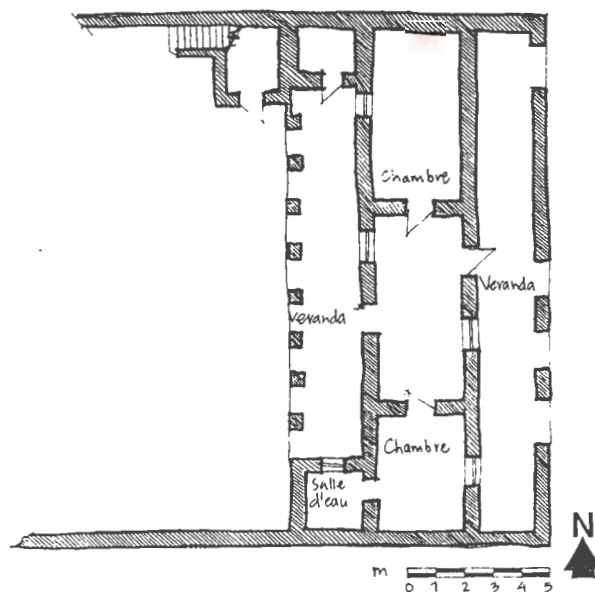


Bâtiment 2:
Logements; inoccupé

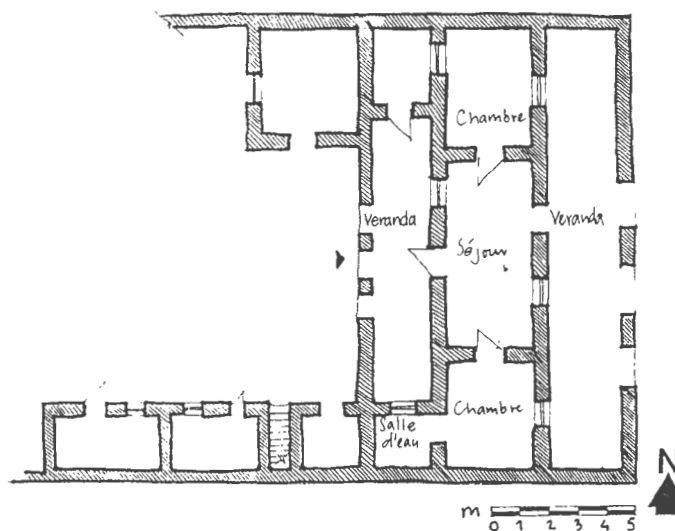


Bâtiment 3:
Centre d'accueil des
femmes; mauvais état

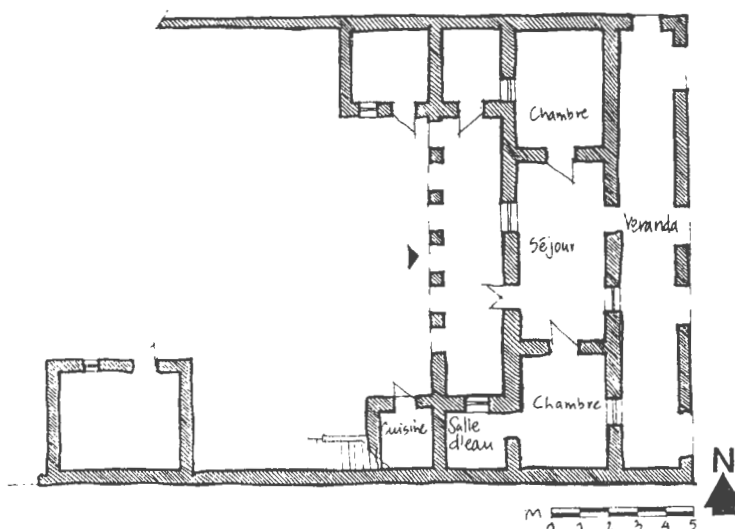
Bâtiment 4:
Logement, mauvais état



Bâtiment 5:
Logement



Bâtiment 6:
Logement.



Quand un nouveau programme d'action sera élaboré pour le Projet, comprenant éventuellement un volet pour la construction sans bois (voir chapitre 6), il sera essentiel de déterminer les espaces réellement nécessaires pour le Projet en fonction des actions et du personnel prévus.

5.3. L'orientation des bâtiments

L'orientation et la conception de chaque bâtiment sont telles que la façade Est est trop importante et comprend trop d'ouvertures. Du fait de cette grande surface exposée aux intempéries (pluie, vent de sable), on a des dégâts considérables. Et les réparations sont d'autant plus coûteuses qu'elles portent sur une grande surface. Par ailleurs, les ouvertures percées dans les façades Est et Ouest facilitent la pénétration de la chaleur; on ne peut pas avoir de ventilation transversale sans laisser entrer les rayons de soleil.

D'une manière générale, on peut dire, d'une part, que la mauvaise conception des bâtiments a créé des conditions de vie peu confortables et donc, des conditions de travail peu efficaces et, d'autre part, que leur mauvaise orientation a contribué à leur rapide dégradation.

5.4. L'emplacement des bâtiments

Selon nos observations et de l'avis de diverses personnes à Youvarou, il semble que les bâtiments soient situés trop près du Lac Debo. Cette constatation a déjà été signalée dans le rapport d'activité janvier - mai 1989.¹ Dans le cas d'une éventuelle bonne crue, comme en 1976 (5,29 mètres) et en 1980 (5,07 mètres), tous les bâtiments seraient dans l'eau.

Même si le niveau d'eau n'est pas très élevé en saison d'inondation, il est néanmoins probable que la stabilité du sol à proximité du lac soit réduite. Dans le cas du bureau, le nombre important et le caractère des fissures suggèrent que le bâtiment a bougé pendant les deux dernières années. L'un des maçons employés par le Projet² attribue l'écroulement de la véranda Est du bâtiment 3 à l'instabilité du sol.

Dans le cas d'éventuelles futures constructions, il serait souhaitable d'examiner sérieusement les possibilités de choisir un autre site plus éloigné du lac et, si ceci n'était pas possible, de s'assurer que toute nouvelle construction soit implantée aussi près que possible de la route principale et, donc, sur le côté le plus haut de chaque concession - ce qui n'est pas le cas actuellement.

5.5. La protection contre l'eau

L'instabilité du sol est, bien sûr, liée à la hauteur de la crue, mais aussi à l'action des eaux de pluie. Et, à ce propos, on remarque sur les façades Est et Ouest l'absence quasi totale de remblayages qui devraient assurer l'évacuation de l'eau de pluie loin du bâtiment. Au contraire, le niveau du sol à l'extérieur (cours comprises) est, dans plusieurs cas, plus haut que le niveau intérieur du bâtiment. Ceci provoque une rétention d'eau au pied des murs et entraîne des risques de dégâts pour les constructions.

L'ensemble des bâtiments est situé en aval d'un terrain élevé. Quand il pleut, l'eau qui descend de ce terrain doit traverser la zone des bâtiments du Projet pour arriver au lac. Il y a déjà des dégâts causés par l'eau entre les bâtiments, dans les jardins qu'elle a traversés. En trois endroits, la base des murs du bureau a été érodée par le passage de l'eau. Aux bureaux, on a fait un drain souterrain à travers la cour centrale pour canaliser l'eau, et devant les bâtiments 4, 5 et 6 on a construit de petits barrages en ciment pour empêcher l'eau d'entrer dans les maisons. Cependant, comme expliqué dans le cadre "Contrôle de l'écoulement d'eau - le problème des murets et l'érosion des bâtiments à Youvarou" la construction

1 "Projet de conservation de l'environnement dans le Cercle de Youvarou, Mali - Rapport d'activités, janvier - mai 1989", UICN.

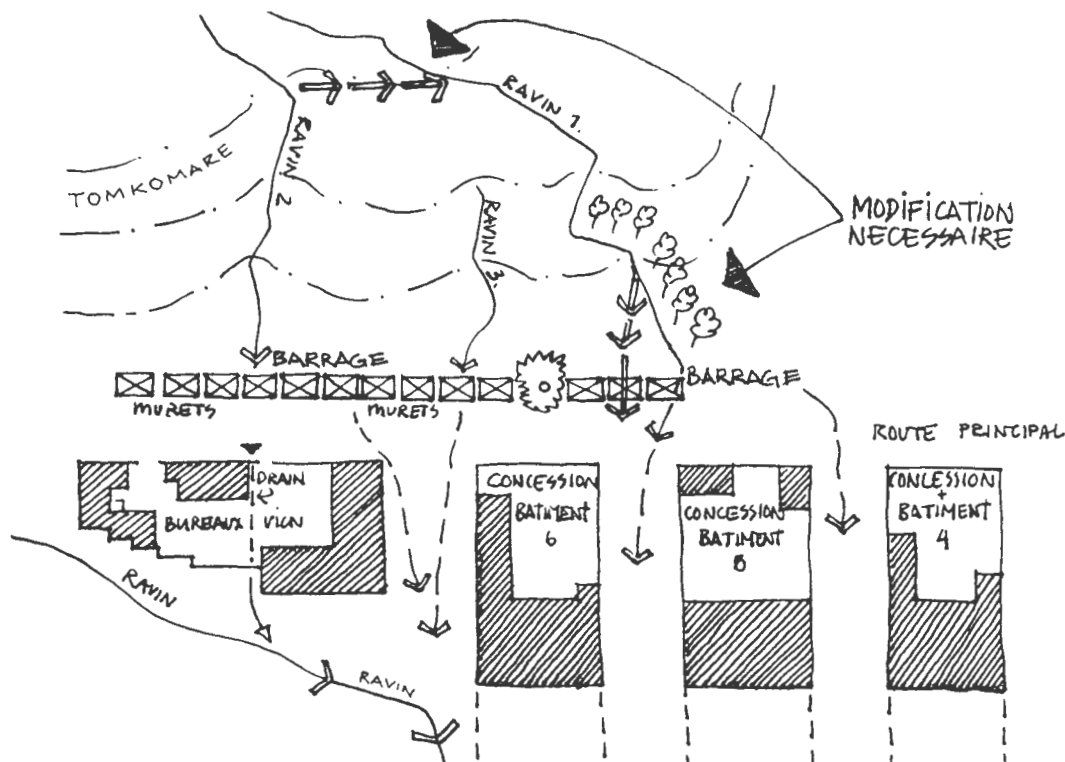
2 Le maçon Yousouf Thienta.

Contrôle de l'écoulement d'eau - le problème des murets et l'érosion des bâtiments à Youvarou

La situation:

Les bâtiments du projet UICN à Youvarou se situent au pied d'une colline "Tomkomaré". De cette colline deux ravins principaux descendent vers les bâtiments, canalisant ainsi une bonne partie de l'eau de pluie qui tombe sur la colline. Jusqu'en 1990, cette eau circulait entre les bâtiments, ou traversait la cour des bureaux grâce à un drain souterrain.

Depuis quelques années le Projet a promu la construction de murets pour le jardinage et pour la protection des plantes et des arbres. En 1990, on décidait de construire une ligne de murets de l'autre côté de la route et en amont des bâtiments du Projet.



Le problème:

Pour l'implantation de ces murets, on n'a pas pris en compte le passage des eaux de pluies. Leur implantation a même créé plusieurs 'mini-barrages', qui bouchent les ravins et empêchent le passage de l'eau. Ainsi, il se peut que l'eau, cette année, prenne un chemin imprévu. Les murets risquent d'être détruits, et il y aura peut-être des dégâts sur les bâtiments.

Remarque:

Cette situation, facile à redresser, souligne l'importance de l'analyse globale. Il ne suffit pas d'examiner un seul aspect du problème étudié - la protection des plantes - mais il faut prendre en compte l'ensemble des conséquences de l'action entreprise pour mettre en place des mesures préventives plutôt que curatives. On aurait pu faire l'implantation des murets de façon à mieux contrôler l'écoulement de l'eau et à permettre la régénération du sol par sédimentation.

Action proposée:

- rectification du tracé des ravins sur une longueur de 5 et 10 mètres, pour diriger l'eau entre les bâtiments.

récente des murets par le Projet, en amont des bâtiments, a encore compliqué la situation. Des travaux d'aménagement des bassins versants sur la colline sont maintenant nécessaires.

5.6. L'état des bâtiments



Revêtement d'un mur avec des briques cuites

En général, l'ensemble des bâtiments est dans un état délabré, et ceci malgré les efforts coûteux d'entretien et d'amélioration de ces dernières années. Les bâtiments 3 et 4 sont en très mauvais état, et le bâtiment principal du bureau semble aussi avoir des problèmes importants de structure.

La conception, l'orientation et le lieu d'implantation sont autant de facteurs contribuant à cet état. Cependant, la qualité des matériaux utilisés pour la construction et l'entretien (surtout l'utilisation de briques cuites de forme très bombée) et, il nous semble, une qualité médiocre pour la mise en oeuvre des actions d'entretien, ont aussi contribué au mauvais état des bâtiments.

Les problèmes actuels pour les bâtiments du Projet sont surtout liés à l'utilisation de briques cuites pour le revêtement des murs et de la toiture, solution adoptée pour mieux protéger les surfaces et diminuer ainsi les besoins d'entretien. Dans le cas des bâtiments du Projet, les briques sont posées verticalement sur les murs. Les résultats sont très décevants: le revêtement des murs réalisé aux cours de la saison 1988/89 est déjà détaché de son support original après deux ans et, dans le cas du bâtiment 3, il est à démolir (voir photo). Le revêtement des murs du bureau réalisé en mai/juin 1991 est déjà fissuré (permettant l'infiltration d'eau entre le mur et le revêtement). Etant donné la

mauvaise performance de cette solution coûteuse sur les bâtiments du projet, nous considérons qu'il sera réaliste de l'abandonner. Nous pensons que l'utilisation d'un bon enduit en terre, et la mise en place d'un programme organisé d'entretien préventif représenterait une solution mieux adaptée au contexte local et aux besoins du projet. On pourrait aussi profiter de la plantation d'arbres à l'Est des bâtiments pour les protéger du vent.

Les toits sont aussi en mauvais état. Dans les bâtiments 1, 2, 3, 4 et les bureaux, il y a des signes d'infiltration d'eau, et dans les cases des bâtiments 3 et 4, des morceaux de plafond sont tombés. Le bâtiment 3 est ple. Dans les bâtiments 5 et 6, beaucoup de poutres sont fendues et risquent de se casser. Dans le bâtiment 2, le Projet a déjà remplacé des poutres. Partout, il y a des signes d'attaque par les termites.



Bâtiment 3 - des morceaux de plafond tombés

Gouttières trop courtes; dégâts sur les murs



Il faut remarquer que les toits qui sont toujours en terre, sans revêtement de briques cuites ou de ciment (Bâtiment 4) semblent en meilleur état et sont, aussi, moins chers et plus faciles à entretenir. Sur toutes les toitures revêtues de briques cuites, il y a des fissures, presque impossibles à réparer, qui résultent de la flexion de la toiture.

Sur les toits, plusieurs gouttières étaient bouchées par des débris, signe visible de l'absence d'entretien préventif. Les gouttières semblent aussi être trop courtes pour projeter l'eau loin des murs et, par conséquent, l'eau a coulé contre les murs et a provoqué des dégâts.

L'évaluation des bâtiments montre aussi une mauvaise qualité de la menuiserie actuellement en place. D'abord faites en bois rouge, les portes et volets persiennés ont été progressivement remplacés par des éléments en bois blanc et tôle ondulée, de faible durabilité et nécessitant des réparations fréquentes. A long terme, des portes et des volets en métal avec un cadre en métal entraîneraient moins d'entretien et de frais de remplacement. Elles permettraient aussi une meilleure protection contre la poussière. Selon l'expérience de

l'UICN au Niger, et malgré un coût initial plus élevé, il semble que cette solution revienne moins cher grâce à des frais de réparation réduits.

Il n'existe aucune pièce, dans l'ensemble des bâtiments, où l'on puisse être à l'abri de la poussière et, donc, il est impossible de stocker ou d'utiliser du matériel délicat et de type informatique.

5.7. Les coûts d'entretien

L'ensemble des factures pour les dépenses d'entretien des bâtiments sur la durée totale du Projet n'était pas disponible. Cependant, les factures pour la période de décembre 1988 à juillet 1989 sont disponibles chez Walia à Sevaré. Ces dates correspondent à la période où ont été entrepris les premiers revêtements de murs et de toits en briques cuites. Le tableau fait apparaître le détail des dépenses en matériaux destinés au revêtement et permet de les comparer à la dépense totale pour l'entretien. Il semble que les dépenses soient excessives par rapport aux surfaces à couvrir à cette époque. A titre d'exemple, il y avait :

- une consommation de 7,6 tonnes de ciment, soit assez de ciment pour le crépissage sans briques cuites d'environ 2 700 m² de murs. Or, les façades Sud et Est des 6 logements sur lesquels on travaillait pendant cette période mesurent en tout environ 748 m² (ouvertures comprises), et elles n'ont pas toutes reçu de revêtement.

Les dépenses pour le revêtement représentent 56% du coût des matériaux. Nous



*Mauvaise menuiserie; porte déscellée - Bâtiment 3
Revêtement en briques cuites, détaché du mur - Bâtiment 3.*



avons remarqué que les remplacements et réparations de menuiseries comptent aussi pour une partie importante des dépenses engagées pendant cette période.

A ces chiffres, il faut ajouter les salaires des maçons embauchés par le Projet pendant cette période. A ce sujet, on a remarqué pendant la mission que les maçons et manoeuvres employés actuellement par le Projet sont très peu productifs. Or, l'expérience indique que la productivité de la main-d'oeuvre est plus faible quand les ouvriers sont salariés que quand ils sont payés à la tâche.

Pour la période de janvier à mai 1991, les chiffres pour l'entretien sont:

matériaux 418 400 F Cfa (dont 97% en ciment, briques, sable et banco pour le revêtement);
personnel 591 520 F Cfa.

Etant donné les changements du personnel depuis cette époque, il a été difficile d'obtenir des explications cohérentes sur ces dépenses élevées de 1988/1989. Cependant, il y apparaît un gaspillage évident de temps et de matériaux, qu'on aurait peut-être pu réduire avec un meilleur suivi des opérations d'entretien.

On remarque aussi l'absence de petits travaux d'entretien régulier, comme le débouchage des gouttières ou le nettoyage du bois dès l'attaque des termites. Ces petites actions fréquentes sont très importantes si l'on veut éviter les gros frais de réparation et de remplacement qui ont caractérisé le Projet. A long terme, le Projet tirerait profit d'un programme d'entretien préventif suivi, avec une liste de tâches bien précises à entreprendre chaque semaine et chaque mois, et surtout juste avant et pendant la saison des pluies.

Dépenses sur l'entretien des bâtiments, décembre 1988 au juillet 1989.

MOIS	MATERIAUX Depenses en F Cfa.					DIVERS MACON	SOUS TOTAL REVETEMENT	DEPENSE TOTALE	PERCENT MACON
	BRIQUES	CARREAUX	CIMENT	BANCO	SABLE				
dec 88	81,910	41,950	32,500	2,750	7,500		166,610	187,660	89%
							0	2,250	0%
jan 89	106,925		69,150	5,000	42,750		223,825	238,625	94%
							0	100,750	0%
fev 89	69,600	105,000	48,750	5,000	27,750	2,500	256,100	288,650	89%
	3,000	75,000					78,000	113,300	69%
mars 89		45,000	49,250	89,250	21,000		204,500	204,500	100%
							0	11,900	0%
avril 89	19,500		120,250	750			140,500	225,000	62%
		128,500		2,800			131,300	447,240	29%
mai 89		37,500	60,000		5,250		102,750	105,750	97%
						42,500	0	88,000	0%
juin 89			30,000	25,000			55,000	55,000	100%
						100,000	0	241,450	0%
juillet 89			60,000				60,000	73,000	82%
	1,000		30,000		3,000		34,000	224,035	15%
TOTAL	281,935	432,950	499,900	130,550	107,250	145,000	1,452,585	2,607,110	56%

Ciment @ 3250 cfa/tonne
7,69 tonnes de ciment

6. Une solution: la construction sans bois

6.1. Faisabilité de la construction sans bois

Nous avons constaté la disparition progressive des ressources ligneuses utilisables dans la construction, et des difficultés croissantes qui en résultent pour la population. Il est aussi vraisemblable que la consommation du bois pour la construction a des conséquences néfastes pour la survie de certaines espèces d'arbres. Cette situation rend nécessaire la promotion de solutions et d'actions qui permettent de ne pas exercer une trop forte pression sur les ressources naturelles. Il faut en même temps que les techniques promues soient, techniquement et économiquement, à la portée de la population locale.

La 'construction sans bois' représente l'une des solutions éventuelles à ces problèmes. Il s'agit de la construction de toitures en voûtes et coupôles, utilisant des briques en banco, non-stabilisées et construites sans coffrage. Ainsi il est possible de réaliser des toitures sans utiliser de bois, et même sans ciment. Les techniques ne sont pas très difficiles à maîtriser et on peut créer des bâtiments de formes et dimensions diverses.

Au Mali, il y a déjà eu un bon nombre d'expériences de construction de voûtes et de coupôles. Les bâtiments ont été construits avec des blocs de terre comprimée et stabilisée avec un faible dosage de ciment. Les résultats ont été assez décevants, et surtout marqués par des problèmes de fissuration et d'infiltration d'eau. Cela a permis de constater que l'utilisation de blocs stabilisés pour ce genre de couverture donne, en général, de mauvaises performances: le problème d'étanchéité est difficile - et cher - à résoudre et les fissures difficiles à réparer.

Par contre, la construction des voûtes et des coupôles en briques crues - non stabilisées et non cuites - présente beaucoup d'avantages:

- pour la production des briques, on n'a pas besoin de stabilisant, ni de presse (normalement des éléments non locaux); ces deux éléments ajouteraient un surcoût qui rendrait les briques économiquement hors de portée de la population;

La coupole nubienne

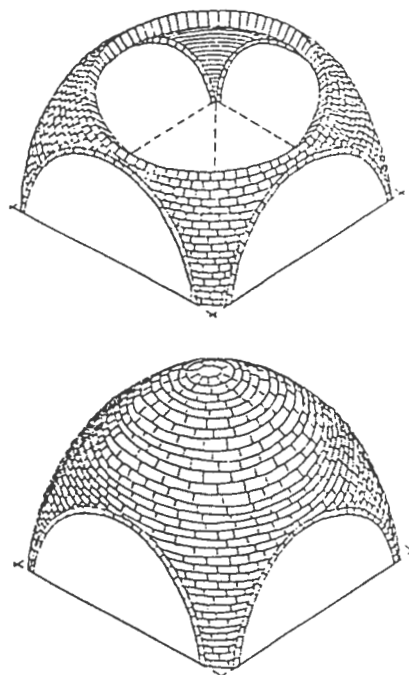
Une coupole dont les petites briques de toiture sont placées en rangées horizontales concentriques.

Les rangées successives sont inclinées vers le centre. La position et l'angle d'inclinaison de chaque brique est montré par un fil de fer ou un bras radial qui tourne autour d'un point au centre de la structure.

Les coupôles peuvent couvrir des pièces de diverses formes, rondes ou rectangulaires.

Bien que la construction de la coupole elle-même soit relativement facile, la construction de murs adéquats demande beaucoup de soin.

Dessin: A. Cain



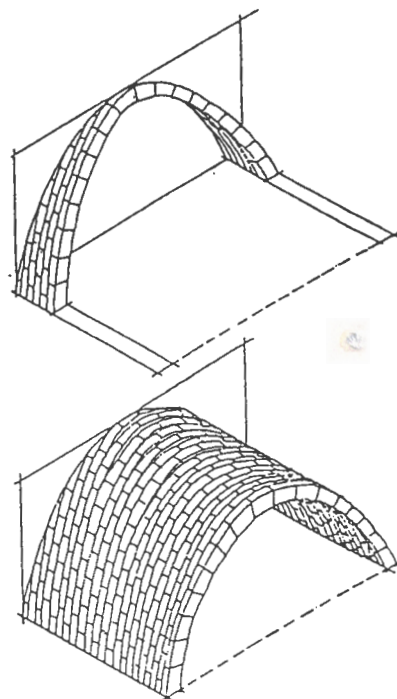
La voûte nubienne

Une voûte en forme de parabole, construite en rangées verticales inclinées vers un mur d'appui.

La forme de la voûte et l'inclinaison des rangées permettent de poser les briques sans qu'elles tombent pendant la construction et sans recours à un coffrage.

Grâce à sa forme parabolique, la voûte qui en résulte est très résistante, malgré sa faible épaisseur.

Dessin: A.Cain



- le faible coût des briques non-stabilisées permet de construire des murs épais qui conviennent au climat;
- on peut confectionner les briques avec des moules simples, même comme ceux qui sont déjà utilisés localement;
- on peut utiliser des enduits en terre qui adhèrent à la structure du toit, et qui, surtout, sont faciles à réparer;
- on peut construire sans coffrage.

Ceux qui ne connaissent pas ces techniques expriment parfois des doutes sur la capacité de ces bâtiments à résister à la pluie. Cependant, l'expérience de dix ans de construction et quelques centaines de bâtiments construits au Niger prouvent que, sans enduit en dur et avec un entretien suivi mais minimum, les bâtiments peuvent bien résister aux effets de l'eau de pluie, même dans les zones où la pluviométrie atteint 500 mm/an. Il faut tout de même préciser que cette résistance à l'eau est liée à la qualité de l'enduit (bonne terre, bonne préparation) et à une bonne conception et exécution du bâtiment assurant l'évacuation rapide de l'eau. Ces conditions étant remplies, un entretien régulier demeure nécessaire - mais un entretien peu coûteux et facile à faire.

6.2. Coût de la construction sans bois

A partir de l'expérience de constructions sans bois au Niger pendant 10 ans, nous avons fait une estimation des quantités et coûts pour la construction, par un maçon expérimenté, d'une maison de 44 m² avec trois pièces couvertes par des coupes. Cette estimation peut être comparée au devis établi pour la maison à toiture plate (voir Annexe 3). Nous comparons ici le gros oeuvre, étant donné que le choix des options pour le second oeuvre modifie beaucoup le coût final des deux types de bâtiment.

	Maison à toiture plate	Maison à coupes
Matériaux locaux non végétaux	2 469	3 005
Matériaux locaux végétaux	716	0
Main d'oeuvre	2 545	3 091
Total	5 730	6 095

Le gros oeuvre pour la maison à toiture plate revient, au départ, moins cher, mais s'il faut remplacer des poutres et gaulettes après trois ou quatre ans, elle devient au contraire plus chère. Et, au niveau du coût environnemental, la toiture sans bois est bien plus intéressante.¹ En plus, compte tenu de la dégradation croissante des ressources ligneuses, il est réaliste de prévoir que le prix du bois devra augmenter.

6.3. Conclusions

Grâce à l'expérience acquise au Niger et dans le cercle de Ménaka au Mali, en matière de construction sans bois, et compte tenu des conditions économiques, géographiques et climatiques relevées dans le Cercle de Youvarou, nous considérons que la construction sans bois peut être une approche viable pour le Cercle.

Il est néanmoins important de souligner que chaque endroit a ses particularités en micro-climat et en qualité de sol. L'analyse des échantillons de sol et l'examen des effets de la pluie sur les bâtiments existants sont des actions préalables qui donnent des indications sur la performance d'un futur bâtiment. Cependant, même en possession de ces informations, il reste nécessaire de démarrer par un programme pilote avec des bâtiments modestes. Le but serait de permettre une évaluation du comportement de ces premiers bâtiments en voûtes et coupes pendant un an dans les conditions spécifiques de Youvarou (et éventuellement d'autres petits bâtiments dans les villages alentour). On examinerait surtout l'effet de la pluie, la résistance de la terre et du sol, et les problèmes éventuels des termites. Après un an, on pourrait mieux juger la viabilité technique de la construction sans bois dans la région.

Un éventuel programme pilote devrait comporter d'autres aspects. Il devrait servir à évaluer les capacités des ouvriers et des producteurs de briques et servir aussi à former des maçons. D'autre part, il devra permettre de tester les premières réactions des maçons et du grand public.

Compte tenu des commentaires sur l'utilisation d'espace et l'absence de confort climatique dans les bâtiments existants, il serait aussi souhaitable qu'un nouveau bâtiment soit conçu de façon à faire apparaître les améliorations possibles dans ce domaine-là.

¹ Pour des informations plus détaillées sur les coûts de la construction des divers types de bâtiments au Niger, voir Tunley P., "Etude Economique - bâtiments en adobe, Niger. Comparaison de coûts: constructions traditionnelles et avec voûtes et coupes", Development Workshop, 1991.

Estimation des quantités et des coûts pour la construction d'une maison à trois pièces couvertes par des coupoles. (44 m²)

MATERIAUX/MAIN D'OEUVRE	UNITE	QUANTITE	PRIX/ UNITE	MONTANT	% DE TOTAL	P/M ²
1. GROS OEUVRE						
1.1 MATERIAUX LOCAUX-NON VEGETAUX *						
-BRIQUES 40x20x10	U	7520	10	75200	21.8%	1709
-BRIQUES 20x15x6	U	8000	4	32000	9.3%	727
-BANCO	CHARRETTE	100	250	25000	7.2%	568
S.TOTAL				132200	38.3%	3005
1.2 MATERIAUX LOCAUX-VEGETAUX-						
-POUTRES(DOUMS)	4ML	0		0	.0%	0
-GAULETTES	CHARRETTE	0		0	.0%	0
S.TOTAL				0	.0%	0
1.3 PRODUITS IMPORTES						
-INSECTICIDES	SAC	0		0	.0%	0
S.TOTAL				0	.0%	0
1.4 MAIN D'OEUVRE(FONDACTIONS MURS)						
-MACONS(1)	JOUR	22	1500	33000	9.6%	750
-MANOEUVRES(3/4)	JOUR	110	500	55000	15.9%	1250
S.TOTAL				88000	25.5%	2000
1.4 MAIN D'OEUVRE						
-MACONS(1)	JOUR	16	1500	24000	7.0%	545
-MANOEUVRES(3/4)	JOUR	48	500	24000	7.0%	545
S.TOTAL				48000	13.9%	1091
TOTAL GROS OEUVRE				268200	77.8%	6095
2. SECOND OEUVRE						
-DALLE EN BETON						
2.1 MATERIAUX LOCAUX-NON VEGETAUX-						
-SABLE	CHARRETTE			0	.0%	0
-GRAVIER	M ³			0	.0%	0
S.TOTAL				0	.0%	0
2.3 PRODUITS IMPORTES						
-CIMENT	SAC			0	.0%	0
S.TOTAL				0	.0%	0
1.4 MAIN D'OEUVRE						
-MACONS(1)	JOUR	0	1500	0	.0%	0
-MANOEUVRES(3/4)	JOUR	0	500	0	.0%	0
S.TOTAL				0	.0%	0
-REVETEMENT/MENUISERIE/LA CHAUX						
2.1 MATERIAUX LOCAUX-NON VEGETAUX-						
-BANCO	CHARRETTE	27	250	6750	2.0%	153
-SABLE	CHARRETTE	8	750	6000	1.7%	136
-GOUTIERES	U	4	1000	4000	1.2%	91
S.TOTAL				16750	4.9%	381
2.2 MATERIAUX LOCAUX-VEGETAUX-						
-BALLE DE MIL'	CHARRETTE	10	250	2500	.7%	57
S.TOTAL				2500	.7%	57
2.3 PRODUITS IMPORTES						
-CHAUX VIVE	25KG	0		0	.0%	0
-SEL	SAC	0		0	.0%	0
-CIMENT	SAC	0		0	.0%	0
-BLEU	PQT	0		0	.0%	0
-PORTES	U	1	12500	12500	3.6%	284
-FENETRES	U	5	4000	20000	5.8%	455
S.TOTAL				32500	9.4%	739
2.4 MAIN D'OEUVRE						
-MACONS(1)	JOUR	9	1500	13500	3.9%	307
-MANOEUVRES(3/4)	JOUR	23	500	11500	3.3%	261
S.TOTAL				25000	7.2%	568
TOTAL SECOND OEUVRE				76750	22.2%	1744
TOTAL				344950	100.0%	7840

* apart adjuvants de paille et son de mil, compris dans le prix de la brique

7. Propositions d'actions

Cinq actions sont proposées:

7.1. La démolition de bâtiments

Parmi les bâtiments existants, deux (bâtiments 3 et 4) sont en très mauvais état, surtout leur toit. Pour éviter des dégâts et des accidents éventuels, il faudrait des réparations importantes et chères, difficiles à justifier. Nous conseillons donc la démolition de ces deux bâtiments et la récupération des briques, du bois et des menuiseries, pour une éventuelle utilisation dans la réparation des autres bâtiments.

7.2. Un programme pilote de construction sans bois

Il est recommandé de lancer un programme pilote de construction sans bois, dont l'objet serait de faire une démonstration de ces techniques dans le Cercle de Youvarou, de former des maçons, et d'évaluer le comportement des bâtiments à toiture en voûtes et coupoles dans le contexte local.

Le programme comprendra les éléments suivants:

- la participation à un stage sur la construction sans bois, au Niger, pour 4 maçons de Youvarou, fin 1991. Ces mêmes maçons travailleraient par la suite sur la construction de bâtiments dans le cadre du programme pilote à Youvarou.
- l'organisation d'une visite fin 1991 pour un nombre restreint de personnel appartenant aux services maliens et aux organisations internationales éventuellement impliquées dans le programme. Les invités visiteraient un nombre de bâtiments réalisés dans le cadre du programme 'Construction sans Bois' au Niger. Parmi les personnes concernées, il y aurait un représentant de la Direction Générale de l'Urbanisme et de la Construction; un représentant de la Direction Générale des Eaux et Forêts; un représentant de l'UICN au Mali, et le directeur du Projet pour la Conservation des Ressources Naturelles dans le Cercle de Youvarou.
- l'organisation d'un stage de construction sans bois à Youvarou, début 1992, pour des maçons et des apprentis locaux. Deux maçons expérimentés viendraient du Niger pour assurer la formation en collaboration avec l'équipe du Development Workshop. A Youvarou, un bâtiment de démonstration serait construit. Ce bâtiment pourrait être utilisé par le Projet dès que ses nouveaux besoins seraient établis.

Pour profiter de la présence de maçons expérimentés, et pour mieux diffuser les techniques de construction sans bois, il serait intéressant de construire un certain nombre de petites cases dans d'autres villages du Cercle. Ceci permettrait d'élargir le champ de l'évaluation de la construction sans bois dans le Cercle.

7.3. Améliorer la cuisson des briques

L'utilisation des briques cuites pour le revêtement des sols, murs et toitures restera vraisemblablement populaire. En plus, la production de briques cuites (et d'autres produits céramiques) est une activité d'intérêt économique pour les femmes de Youvarou. Il serait donc important d'essayer d'améliorer les techniques de cuisson et la conception du four, dans le but de réduire la consommation de bois. Il semble aussi qu'une amélioration des produits pourrait réduire le nombre de briques requises par m².

7.4. Contrôle de l'écoulement d'eau en amont des bâtiments

Nous envisageons la mise en oeuvre d'un petit programme de démonstration en matière d'aménagement des petits bassins versants, sur les côtés de la colline. Cela permettrait de:

- résoudre le problème signalé plus haut, concernant le risque de dégâts aux bâtiments et, en même temps, les travaux réalisés auraient valeur d'exemple
- contrôler la descente des eaux de façon à assurer leur écoulement entre les nombreux bâtiments, ceux du Projet et les bâtiments administratifs avoisinants
- promouvoir la régénération du sol par sédimentation derrière des micro-barrages.

Ce petit programme est à développer en étroite collaboration avec les chefs de la ville et les autorités locales.

7.5. Programme d'entretien préventif

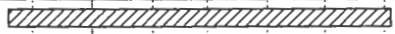
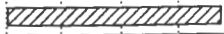
Il est proposé de mettre en place un programme d'entretien préventif, visant à diminuer les frais d'entretien des bâtiments du Projet en évitant les dégâts et les réparations importantes qui s'ensuivent. Ce programme serait basé sur un programme d'inspection régulière, et sur la préidentification des problèmes-type et des actions préventives ou réparatives à entreprendre.¹

7.6. Budgets

Un budget pour les activités proposées est présenté dans un document annexe.

7.7. Programmation

Une programmation prévisionnelle des activités est présentée dans le tableau ci-dessous.

Name	Duration	1992									
		Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
1. Démolition des bâtiments	4w										
2. Construction sans bois	28,48ew										
2.1. Stage maçons au Niger	4w										
2.2. Visite représentants maliens	2w										
2.3. Stage formation Youvarou	16w										
2.4. Conception des bâtiments	2,2ew										
2.5. Construction bâtiments	16w										
3. Amélioration: briques cuites	8w										
4. Aménagement des bassins versants	4w										
5. Programme d'entretien préventif	6,77ew										
5.1. Développement du programme	3w										
5.2. Mise en oeuvre	3w										

¹ Voir à titre d'exemple d'une démarche semblable, Norton J., "Entretienons notre école - guide d'entretien à l'usage des instituteurs et des élèves des établissements publics d'enseignement élémentaire et des parents d'élèves", Ministère de l'Education Nationale, République du Sénégal, 1988.

Annexe 1. Termes de référence

Mission d'évaluation des bâtiments à Youvarou Termes de référence.

Cette mission a pour but principal d'évaluer les bâtiments du Projet de Conservation de l'Environnement dans le Cercle de Youvarou, Mali, et de proposer des solutions éventuelles à apporter afin d'améliorer l'environnement bâti du projet et de réduire les frais d'entretien. Ces bâtiments, comprenant les bureaux du projet et les logements du personnel, ont subi un nombre de dégâts au cours des années nécessitant un entretien important et coûteux chaque année.

La mission se situe aussi dans le cadre du Projet Régional d'Habitat Humain dans le Sahel, proposé comme volet du Programme Sahel de l'UICN, et décrit dans la présentation du programme (Janvier 1991) et dont les objectifs sont cités en annexe. Ce projet régional a pour but de promouvoir un équilibre entre les besoins en abri de la population locale et les besoins en gestion et conservation des ressources naturelles dans les zones d'activité du Programme Sahel.

Objectifs spécifiques de la mission

- * l'évaluation des bâtiments du projet et des conditions physiques et géographiques dans la zone du camp de base du Projet de Conservation de l'Environnement dans le Cercle de Youvarou;
- * l'étude des matériaux disponibles dans la région et des coûts de construction;
- * l'analyse des frais d'entretien et de construction;
- * l'évaluation de l'environnement bâti dans le Cercle de Youvarou, y compris l'analyse des ressources, des besoins et des capacités locales;
- * l'élaboration d'une proposition pour résoudre les problèmes du cadre bâti du projet;
- * l'élaboration d'un document de synthèse sur l'environnement bâti local et sur son rapport avec les objectives du projet de Conservation de l'Environnement dans le Cercle de Youvarou.

Composition de la mission

La mission sera entreprise par M. John Norton, Directeur du Development Workshop, et par M. Peter Tunley, Associé du Development Workshop.

Durée de la mission

La mission durera deux semaines, à partir du 2 juin 1991.

Rapports.

Les consultants fourniront un rapport de mission à l'UICN pour le 30 juin 1991 au plus tard. Les consultants laisseront aussi une synthèse des recommandations sur les bâtiments du Projet avant leur départ du Mali.

Annexe 2. Analyse climatique: critères pour la conception de bâtiments

LOCALITE: MOPTI		
LONGITUDE: 04° 6 W	LATITUDE 14° 31 N	ALTITUDE:

TEMPERATURES	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	+ haut TAM
Moyen. Mensuelle maxi	32.8	34.6	37.9	40.9	42.1	38.7	35.5	32.8	35.0	37.0	36.3	33.5	42.1
Moyen. mensuelle mini	15.8	19.5	23.1	26.0	28.3	27.1	24.8	24.1	24.9	25.0	23.4	17.4	15.8
Ecart Diurne	17.0	15.1	14.8	14.9	13.9	11.6	10.7	8.8	10.1	11.9	12.9	16.0	+ basse EAT

HUMIDITE RELATIVE													
Hum. Rel. MAXI %	37.3	30.7	33.3	35.3	51.0	71.3	83.5	87.3	80.5	61.3	43.0	26.0	
Hum. Rel. MINI %	12.0	10.3	11.7	11.0	16.0	28.8	40.5	50.8	42.8	24.8	14.7	12.7	
Moyenne	24.7	20.5	22.5	23.2	33.5	50.0	62.0	69.0	61.6	43.0	28.8	19.3	
Groupe - Humidité	1	1	1	1	2	3	3	3	3	2	1	1	

PLUIE mm	0	0	0	0	6.3	34.9	110.6	178.8	56.7	9.0	0	0	Total
													396

VENT DOMINANT	NNE	N	N	N	SW	SW	SW	SW	SW	SW	NE	NE	
VENT DES PLUIES					E	E	E	E	E				

DIAGNOSTIQUE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Moyen. mens. maxi	32.8	34.6	37.9	40.9	42.1	38.7	35.5	32.8	35.0	37.0	36.3	33.5	
CONFORT DIURNE MAXI	34	34	34	34	31	31	29	29	29	31	34	34	
MINI	26	26	26	26	25	25	23	23	23	25	26	26	
Moyen. mens. mini	15.8	19.5	23.1	26.0	28.3	27.1	24.8	24.1	24.9	25.0	23.4	17.4	
CONFORT NOCTURNE MAXI	25	25	25	25	24	24	23	23	23	24	25	25	
MINI	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	
STRESS THERMIQUE JOUR	-	-	C	C	C	C	C	C	C	C	C	-	
STRESS THERMIQUE NUIT	F	-	-	C	C	C	C	C	C	C	-	-	

INDICATEURS													+ bal
Ventilation essentielle H1								✓					1
Ventilation désirable H2													
Protect. contre pluie H3													
Inertie thermique A1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	11
Dormir Dehors A2				✓	✓	✓				✓			4
Probl. saison froide A3													

TABLES DE MAHONEY.

Critères de base pour la conception de bâtiments dans la région de Mopti

- Orienter les bâtiments sur un axe longitudinal Est - Ouest.
- Utiliser des plans compacts avec, si possible, une cour intérieure.
- Choisir un groupement compact des bâtiments.
- Assurer une bonne circulation d'air à l'intérieure des bâtiments; des ouvertures sont nécessaires dans les murs intérieurs pour permettrent la ventilation transversale d'une pièce à une autre, mais sur les façades, les ouvertures se trouveront uniquement au Nord et au Sud.
- Eviter la pénétration des rayons de soleil: protéger les ouvertures contre un ensoleillement direct.
- Choisir des ouvertures de petites dimensions - environ 10 à 20% de la surface des murs.
- Choisir une construction massive pour les murs et plafonds.
- Prévoir de la place pour dormir en plein air.

Annexe 3. Devis pour la construction d'une maison à trois pièces à Youvarou

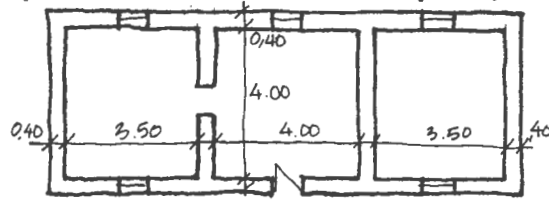
Estimation des quantités et coûts pour une maison à toiture plate, avec un enduit en terre

MATERIAUX/MAIN D'OEUVRE	UNITE	QUANTITE	PRIX/ UNITE	MONTANT	% DE TOTAL	P/M ²
1. GROS OEUVRE						
1.1 MATERIAUX LOCAUX-NON VEGETAUX *						
-BRIQUES 40x20x10	U	8364	10	83640	25.2%	1901
-BANCO	CHARRETTE	100	250	25000	7.5%	568
S.TOTAL				108640	32.7%	2469
1.2 MATERIAUX LOCAUX-VEGETAUX-						
-POUTRES(DOUMS)	4ML	13	1500	19500	5.9%	443
-GAULETTES	CHARRETTE	8	1500	12000	3.6%	273
S.TOTAL				31500	9.5%	716
1.3 PRODUITS IMPORTES						
-INSECTICIDES	SAC	0		0	.0%	0
S.TOTAL				0	.0%	0
1.4 MAIN D'OEUVRE						
-MAITRE MACON(1)	JOUR	0		0	.0%	0
-MACONS(2)	JOUR	32	1500	48000	14.5%	1091
-MANOEUVRES(8)	JOUR	128	500	64000	19.3%	1455
S.TOTAL				112000	33.7%	2545
TOTAL GROS OEUVRE				252140	76.0%	5730
2. SECOND OEUVRE						
-DALLE EN BETON						
2.1 MATERIAUX LOCAUX-NON VEGETAUX-						
-SABLE	CHARRETTE	0		0	.0%	0
-GRAVIER	M ³	0				
S.TOTAL				0	.0%	0
2.3 PRODUITS IMPORTES						
-CIMENT	SAC	0		0	.0%	0
S.TOTAL				0	.0%	0
1.4 MAIN D'OEUVRE						
-MAITRE MACON(1)	JOUR	0		0	.0%	0
-MACONS(2)	JOUR	0		0	.0%	0
-MANOEUVRES(8)	JOUR	0		0	.0%	0
S.TOTAL				0	.0%	0
-REVETEMENT/MENUISERIE/LA CHAUX						
2.1 MATERIAUX LOCAUX-NON VEGETAUX-						
-BANCO	CHARRETTE	27	250	6750	2.0%	153
-SABLE	CHARRETTE	8	750	6000	1.8%	136
-GOUTIERES	U	4	1000	4000	1.2%	91
-BRIQUE CUITES 18x9x5(FACADES S&E)	U	0	12.50	0	.0%	0
-BRIQUE CUITES 18x9x5(TERRASSE)	U	0	12.50	0	.0%	0
-BRIQUE CUITES 18x9x5(SOL)	U	0	12.50	0	.0%	0
S.TOTAL				16750	5.0%	381
2.2 MATERIAUX LOCAUX-VEGETAUX-						
-BALLE DE MIL	CHARRETTE	10	250	2500	.8%	57
S.TOTAL				2500	.8%	57
2.3 PRODUITS IMPORTES						
-CHAUX VIVE	25KG			0	.0%	0
-SEL	SAC			0	.0%	0
-CIMENT	SAC	0	3850	0	.0%	0
-BLEU	PQT			0	.0%	0
-PORTES	U	1	12500	12500	3.8%	284
-FENETRES	U	5	4000	20000	6.0%	455
S.TOTAL				32500	9.8%	739
2.4 MAIN D'OEUVRE						
-MAITRE MACON(1)	JOUR	0		0	.0%	0
-MACONS(2)	JOUR	8	1500	12000	3.6%	273
-MANOEUVRES(8)	JOUR	32	500	16000	4.8%	364
S.TOTAL				28000	8.4%	636
TOTAL SECOND OEUVRE				79750	24.0%	1813
TOTAL				331890	100.0%	7543

* apart adjuvants de paille et son de mil, compris dans le prix de la brique

Estimation des quantités et coûts pour une maison à toiture plate, revêtue en briques cuites

Plan de base fourni pour les estimations.



MATERIAUX/MAIN D'OEUVRE	UNITE	QUANTITE	PRIX/ UNITE	MONTANT	% DE TOTAL	P/M ²
1. GROS OEUVRE						
1.1 MATERIAUX LOCAUX-NON VEGETAUX *						
-BRIQUES 40x20x10	U	8364	10	83640	13.8%	1901
-BANCO	CHARRETTE	100	250	25000	4.1%	568
S.TOTAL				108640	17.9%	2469
1.2 MATERIAUX LOCAUX-VEGETAUX-						
-POUTRES(DOUMS)	4ML	13	1500	19500	3.2%	443
-GAULETTES	CHARRETTE	8	1500	12000	2.0%	273
S.TOTAL				31500	5.2%	716
1.3 PRODUITS IMPORTES						
-INSECTICIDES	SAC	0		0	.0%	0
S.TOTAL				0	.0%	0
1.4 MAIN D'OEUVRE						
-MAITRE MACON(1)	JOUR	0		0	.0%	0
-MACONS()	JOUR	32	1500	48000	7.9%	1091
-MANOEUVRES()	JOUR	128	500	64000	10.6%	1455
S.TOTAL				112000	18.5%	2545
TOTAL GROS OEUVRE				252140	41.6%	5730
2. SECOND OEUVRE						
-DALLE EN BETON						
2.1 MATERIAUX LOCAUX-NON VEGETAUX-						
-SABLE	CHARRETTE	0		0	.0%	0
-GRAVIER	M ³	0		0	.0%	0
S.TOTAL				0	.0%	0
2.3 PRODUITS IMPORTES						
-CIMENT	SAC	0		0	.0%	0
S.TOTAL				0	.0%	0
1.4 MAIN D'OEUVRE						
-MAITRE MACON(1)	JOUR	0		0	.0%	0
-MACONS()	JOUR	0		0	.0%	0
-MANOEUVRES()	JOUR	0		0	.0%	0
S.TOTAL				0	.0%	0
-REVETEMENT/MENUISERIE/LA CHAUX						
2.1 MATERIAUX LOCAUX-NON VEGETAUX-						
-BANCO	CHARRETTE	27	250	6750	1.1%	153
-SABLE	CHARRETTE	30	750	22500	3.7%	511
-GOUTIERES	U	4	1000	4000	.7%	91
-BRIQUE CUITES 18x9x5(FACADES S&E)	U	6400	12.50	80000	13.2%	1818
-BRIQUE CUITES 18x9x5(TERRASSE)	U	2300	12.50	28750	4.7%	653
-BRIQUE CUITES 18x9x5(SOL)	U	2260	12.50	28250	4.7%	642
S.TOTAL				170250	28.1%	3869
2.2 MATERIAUX LOCAUX-VEGETAUX-						
-BALLE DE MIL	CHARRETTE	0		0	.0%	0
S.TOTAL				0	.0%	0
2.3 PRODUITS IMPORTES						
-CHAUX VIVE	25KG			0	.0%	0
-SEL	SAC			0	.0%	0
-CIMENT	SAC	10	3850	38500	6.4%	875
-BLEU	PQT			0	.0%	0
-PORTES	U	1	12500	12500	2.1%	284
-FENETRES	U	5	4000	20000	3.3%	455
S.TOTAL				71000	11.7%	1614
2.4 MAIN D'OEUVRE						
-MAITRE MACON(1)	JOUR	0		0	.0%	0
-MACONS()	JOUR	32	1500	48000	7.9%	1091
-MANOEUVRES()	JOUR	128	500	64000	10.6%	1455
S.TOTAL				112000	18.5%	2545
TOTAL SECOND OEUVRE				353250	58.4%	8028
TOTAL				605390	100.0%	13759

* apart adjuvants de paille et son de mil, compris dans le prix de la brique

Devis du maçon Baber Mahaman Traoré pour une maison de 44 m² à toiture plate

MATERIAUX/MAIN D'OEUVRE	UNITE	QUANTITE	PRIX/ UNITE	MONTANT	% DE TOTAL	P/M ²
1. GROS OEUVRE						
1.1 MATERIAUX LOCAUX-NON VEGETAUX *						
-BRIQUES 40x20x10	U	9373	10	93730	4.9%	2130
-BANCO	CHARRETTE	700	250	175000	9.1%	3977
S.TOTAL				268730	14.0%	6108
1.2 MATERIAUX LOCAUX-VEGETAUX-						
-POUTRES(DOUMS)	4.0ML	28	1500	42000	2.2%	955
-POUTRES(DOUMS)	4.5ML	2	2500	5000	.3%	114
-GAULETTES	CHARRETTE	12	1500	18000	.9%	409
S.TOTAL				65000	3.4%	1477
1.3 PRODUITS IMPORTES						
-INSECTICIDES	SAC	1	15000	15000	.8%	341
S.TOTAL				15000	.8%	341
1.4 MAIN D'OEUVRE						
-MAITRE MACON(1)	JOUR	20	2000	40000	2.1%	909
-MACONS(3)	JOUR	60	1500	90000	4.7%	2045
-MANOEUVRES(15)	JOUR	300	500	150000	7.8%	3409
S.TOTAL				280000	14.6%	6364
TOTAL GROS OEUVRE				628730	32.7%	14289
2. SECOND OEUVRE						
-DALLE EN BETON						
2.1 MATERIAUX LOCAUX-NON VEGETAUX-						
-SABLE	CHARRETTE	0		0	.0%	0
-GRAVIER	M ³	0		0	.0%	0
S.TOTAL				0	.0%	0
2.3 PRODUITS IMPORTES						
-CIMENT	SAC	0		0	.0%	0
S.TOTAL				0	.0%	0
1.4 MAIN D'OEUVRE						
-MAITRE MACON(1)	JOUR	0		0	.0%	0
-MACONS(3)	JOUR	0		0	.0%	0
-MANOEUVRES(15)	JOUR	0		0	.0%	0
S.TOTAL				0	.0%	0
-REVETEMENT/MENUISERIE/LA CHAUX						
2.1 MATERIAUX LOCAUX-NON VEGETAUX-						
-BANCO	CHARRETTE	300	250	75000	3.9%	1705
-SABLE	CHARRETTE	100	500	50000	2.6%	1136
-GOUTIERES	U	3	500	1500	.1%	34
-BRIQUE CUITES 18x9x5(FACADES S&E)	U	13930	12.50	174125	9.1%	3957
-BRIQUE CUITES 18x9x5(TERRASSE)	U	10100	12.50	126250	6.6%	2869
-BRIQUE CUITES 18x9x5(SOL)	U	10100	12.50	126250	6.6%	2869
S.TOTAL				553125	28.8%	12571
2.2 MATERIAUX LOCAUX-VEGETAUX-						
-BALLE DE MIL	CHARRETTE	0		0	.0%	0
S.TOTAL				0	.0%	0
2.3 PRODUITS IMPORTES						
-CHAUX VIVE	25KG	3	13000	39000	2.0%	886
-SEL	SAC	1	2750	2750	.1%	63
-CIMENT	SAC	30	3500	105000	5.5%	2386
-BLEU	PQT	1	1500	1500	.1%	34
-PORTES	U	1	12500	12500	.7%	284
-FENETRES	U	5	4000	20000	1.0%	455
S.TOTAL				180750	9.4%	4108
2.4 MAIN D'OEUVRE						
-MAITRE MACON(1)	JOUR	40	2000	80000	4.2%	1818
-MACONS(3)	JOUR	120	1500	180000	9.4%	4091
-MANOEUVRES(15)	JOUR	600	500	300000	15.6%	6818
S.TOTAL				560000	29.1%	12727
TOTAL SECOND OEUVRE				1293875	67.3%	29406
TOTAL				1922605	100.0%	43696

* apart adjuvants de paille et son de mil, compris dans le prix de la brique

Devis du maçon Yousouf Thienta pour une maison de 44 m² à toiture plate

MATERIAUX/MAIN D'OEUVRE	UNITE	QUANTITE	PRIX/ UNITE	MONTANT	% DE TOTAL	P/M ²
1. GROS OEUVRE						
1.1 MATERIAUX LOCAUX-NON VEGETAUX *						
- BRIQUES 40x20x10	U	8226	10	82260	18.9%	1870
- BANCO	CHARRETTE	150	250	37500	8.6%	852
S. TOTAL				119760	27.5%	2722
1.2 MATERIAUX LOCAUX-VEGETAUX-						
- POUTRES(DOUMS)	4ML	13	1500	19500	4.5%	443
- GAULETTES	CHARRETTE	8	1500	12000	2.8%	273
S. TOTAL				31500	7.2%	716
1.3 PRODUITS IMPORTES						
- INSECTICIDES	SAC	0		0	.0%	0
S. TOTAL				0	.0%	0
1.4 MAIN D'OEUVRE						
- MAITRE MACON(1)	JOUR	0		0	.0%	0
- MACONS(2)	JOUR	48	1500	72000	16.5%	1636
- MANOEUVRES(8)	JOUR	192	500	96000	22.1%	2182
S. TOTAL				168000	38.6%	3818
TOTAL GROS OEUVRE				319260	73.3%	7256
2. SECOND OEUVRE						
- DALLE EN BETON						
2.1 MATERIAUX LOCAUX-NON VEGETAUX-						
- SABLE	CHARRETTE	0		0	.0%	0
- GRAVIER	M ³	0		0	.0%	0
S. TOTAL				0	.0%	0
2.3 PRODUITS IMPORTES						
- CIMENT	SAC	0		0	.0%	0
S. TOTAL				0	.0%	0
1.4 MAIN D'OEUVRE						
- MAITRE MACON(1)	JOUR	0		0	.0%	0
- MACONS(2)	JOUR	0		0	.0%	0
- MANOEUVRES(8)	JOUR	0		0	.0%	0
S. TOTAL				0	.0%	0
- REVETEMENT/MENUISERIE/LA CHAUX						
2.1 MATERIAUX LOCAUX-NON VEGETAUX-						
- BANCO	CHARRETTE	50	250	12500	2.9%	284
- SABLE	CHARRETTE	30	750	22500	5.2%	511
- GOUTIERES	U	4	1000	4000	.9%	91
- BRIQUE CUITES 18x9x5(FACADES S&E)	U	0	15	0	.0%	0
- BRIQUE CUITES 18x9x5(TERRASSE)	U	0	15	0	.0%	0
- BRIQUE CUITES 18x9x5(SOL)	U	0	15	0	.0%	0
S. TOTAL				39000	9.0%	886
2.2 MATERIAUX LOCAUX-VEGETAUX-						
- BALLE DE MIL	CHARRETTE	10	250	2500	.6%	57
S. TOTAL				2500	.6%	57
2.3 PRODUITS IMPORTES						
- CHAUX VIVE	25KG	0		0	.0%	0
- SEL	SAC	0		0	.0%	0
- CIMENT	SAC	0	3850	0	.0%	0
- BLEU	PQT	0		0	.0%	0
- PORTES	U	1	12500	12500	2.9%	284
- FENETRES	U	5	4000	20000	4.6%	455
S. TOTAL				32500	7.5%	739
2.4 MAIN D'OEUVRE						
- MAITRE MACON(1)	JOUR	0		0	.0%	0
- MACONS(2)	JOUR	12	1500	18000	4.1%	409
- MANOEUVRES(8)	JOUR	48	500	24000	5.5%	545
S. TOTAL				42000	9.6%	955
TOTAL SECOND OEUVRE				116000	26.7%	2636
TOTAL				435260	100.0%	9892

* apart adjuvants de paille et son de mil, compris dans le prix de la brique

Annexe 4. Bibliographie

- **"Annuaire climatologique du Mali"**, 1987, 1988, 1989, Direction Nationale de la Météorologie, Division Climatologie. Min. des Transports et du Tourisme.
- **"Les ressources naturelles du delta intérieur du Niger, Mali"**, Programme Sahel, UICN, novembre 1989.
- **"Projet de conservation de l'environnement dans le Cercle de Youvarou (delta intérieur du Niger)"**, UICN, Programme pour le Sahel, septembre 1988.
- **"Projet de conservation de l'environnement dans le Cercle de Youvarou, Mali - Rapport d'activités, janvier - mai 1989"**, Programme Sahel, UICN.
- Cissé S. & Gosseye P.A., **"Ressources naturelles et Population - Compétition pour des ressources limitées: le cas de la cinquième région du Mali, Rapport 1."**, CABO et ESPR, novembre 1990.
- Demange M., **"Rapport préliminaire sur l'étude des changements récents dans la végétation autour de Youvarou (Région de Mopti), Mali"**, UICN, mai 1986.
- Development Workshop, **"Programme Régional d'Habitat Humain dans le Sahel (Programme Habitat Humain) - Présentation de programme, janvier 1991"**, Programme Sahel de l'UICN.
- Douline A., **"Etude technique - bâtiments en voûtes et coupôles en adobe, Iférouane, Niger"**, Development Workshop/UICN, février 1991.
- Loudiyi D., **"Distribution de la population et ressources naturelles au Sahel"**, Programme Sahel, UICN, novembre 1990.
- Norton J., **"Entretenons notre école - guide d'entretien à l'usage des instituteurs et des élèves des établissements publics d'enseignement élémentaire et des parents d'élèves"**, Ministère de l'Education Nationale, République du Sénégal, 1988.
- Norton J. & Tunley P., **"Guide pratique - Les toitures sans bois"**, Development Workshop/UICN, 1990
- Norton J. & Tunley P., **"Vulgarisation de la construction de voûtes et coupôles au Sahel - Phase 1: l'identification de besoins"**, Development Workshop/UICN, juillet 1990.
- Tunley P., **"Etude économique - Bâtiments en adobe, Niger; comparaison de coûts: constructions traditionnelles et avec voûtes et coupôles"**, Development Workshop/UICN, février 1991.
- Tunley P., **"Rapport final, Programme de construction 1990 - 1991, Projet Air Ténéré, Niger"**, Development Workshop/UICN, juin 1991
- von Maydell H.J., **"Arbres et arbustes du Sahel - leurs caractéristiques et leurs utilisations"**, GTZ, 1983, 1990.

Annexe 5. Personnes rencontrées pendant la mission

Adama Daou,	Directeur, Walia, UICN, B.P. 215, Mopti.
Loriana Riccarelli Dembele,	Représentante Nationale, UICN, BP 1567, Bamako.
Abdul Karim Diallo,	Chef du Canton Foréster, cercle de Youvarou.
Noumou Diakité,	Directeur de l'ODEM, Sévaré.
N'golo Diarra,	Directeur Régional, Urbanisme et Construction, Mopti.
Adama Mahamane Dicko,	Directeur Régional, Eaux et Forêts, Mopti, Mali.
Salif Kanouté,	Directeur Général Adjoint, Eaux et Forêts, Bamako, Mali.
Jérôme Keïta,	AFVP, B.P.1721, Bamako.
Sekou Moctar Koné,	Directeur Adjoint des Travaux Pubics, BP 1758, Bamako.
Sankaré Ousmane,	Directeur du Secteur, Eaux et Forêts, Bamako, Mali.
Yves Polard,	Délégué Régional, AFVP, B.P.1721, Bamako.
Faroukh Sidibé,	Agent Météo, Mopti
Moriba Sinayoko,	Commandant, Cercle de Youvarou.
Jean Marie Toko,	Directeur, Projet Youvarou, UICN, 1567 Bamako.
Seydou Traoré,	Directeur Général Adjoint de l'Urbanisme et de la Construction B.P. 78, Bamako, Mali.
Monique Trudel,	Walia, UICN, B.P. 1721, Bamako.