La bouse de vache : un " nouveau " matériau présentant de grandes dispositions

Aline Zenaba Koumbo Bolsane

▶ **To cite this version:**

Aline Zenaba Koumbo Bolsane. La bouse de vache : un " nouveau " matériau présentant de grandes dispositions. Architecture, aménagement de l'espace. 2022. dumas-04314205

HAL Id: dumas-04314205

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04314205

Submitted on 29 Nov 2023

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

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

Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

LA BOUSE DE VACHE

UN «NOUVEAU» MATERIAU PRESENTANT DE GRANDES POTENTIALITES

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

MEMOIRE DE MASTER - ALINE ZENABA KOUMBO BOLSANE

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

LA BOUSE DE VACHE

UN «NOUVEAU» MATERIAU PRESENTANT DE GRANDES POTENTIALITES

Mémoire encadré par: Pascal JOANNE
FARRAH JAHANGEER

SEMINAIRE DE MEMOIRE: Ecouter mon île
ENSA Nantes - Mauritius 2021 / 2022

REMERCIEMENTS

Je tiens, premièrement, à grandement remercier mon directeur d'étude de mémoire, M. Pascal Joanne, architecte-acousticien et maître de conférence à l'ENSA Nantes, pour l'accompagnement, le soutien moral, pour sa disponibilité sans faille mais aussi pour les précieux conseils qu'il a su me donner pour me permettre de mener à bien ce travail.

J'aimerai également adresser mes sincères remerciements à Mme Farrah Jahangeer, architecte et directrice de l'ENSA NANTES-MAURITIUS, pour son encadrement et les précieux conseils dont elle m'a gratifiée tout au long de mon processus de recherche.

Un grand merci à toute l'équipe d'encadreurs qui a été mobilisée dans le cadre du séminaire mémoire-Ecouter mon île pour leur attention et leur précieuse aide.

Mes remerciements vont aussi à l'endroit de Doudou DEME et à toute son équipe dirigée par Théophile NDIAYE pour la chance qu'ils m'ont offert de pouvoir mener à bien mon expérimentation au sein de leur entreprise, ELEMENTERRE.

Je ne peux terminer sans remercier ma famille plus particulièrement ma mère, CONSTANCE MONOTE et mes amis pour tout le soutien moral que j'ai pu recevoir de leur part. Je ne saurai oublier leurs précieux conseils et leur soutien constant.

Enfin, j'aimerai exprimer ma reconnaissance envers toutes les personnes, qui de près ou de loin, ont grandement participé à la réussite de ce mémoire.

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

« Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme »

Antoine Lavoisier

AVANT-PROPOS

La rédaction de ce mémoire entre dans le cadre de l'obtention du diplôme de Master d'architecte-urbaniste délivré par l'ENSA Nantes. Mon objectif à travers ce travail de recherche est d'ouvrir un nouveau champ de réflexion sur les perspectives de construction qui peuvent s'offrir en alternative à la construction en béton.

Ce travail est donc ma contribution dans cette recherche d'alternatives constructibles plus respectueuses de l'environnement. Il vise à mettre en exergue les potentialités que présentent l'utilisation de la bouse de vache en architecture mais aussi les opportunités que cela constitue. Ce mémoire souligne aussi les inconvénients qui se cachent derrière cette ressource issue de la digestion animale. Une réflexion est alors menée sur la manière d'allier avantages et inconvénients afin de faire profiter la population sénégalaise d'une de ces ressources locales.

Malgré l'ambition qui se cache sous cette recherche, j'ai tout de même été confrontée à des difficultés. En effet, du fait que ce sujet soit encore une piste non encore réellement explorée, on ne retrouve pas énormément de documentations ce qui, par moment, s'est avéré problématique. Malgré ces quelques obstacles, la réalisation d'un workshop a été précieuse dans mon processus de recherches.

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

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS P. 3

AVANT-PROPOS P. 4

INTRODUCTION P. 7

I- LE NOUVEAU VISAGE DE LA VILLE DE DAKAR P. 8

1. LA VILLE DE DAKAR, AUPARAVANT P. 10
2. LES CONSEQUENCES DE L'UTILISATION DU BETON AU SENEGAL P. 14
3. LE BESOIN D'UNE ALTERNATIVE P. 15

II- LA BOUSE DE VACHE, UNE «NOUVELLE» RESSOURCE PRESENTANT DE GRANDES POTENTIALITES P. 16

1. LES RAISONS DU CHOIX DE CETTEE THEMATIQUE P. 17
2. L'UTILISATION DE LA BOUSE EN ARCHITECTURE P. 18
3. L'UTILISATION DE LA BOUSE AU SENEGAL P. 20
4. COMMENT REDONNER DE LA VALEUR ARCHITECTURALE A LA BOUSE DE VACHE ? P. 21
5. UNE ARCHITECTURE INSOLITE P. 24

III- L'EXPERIMENTATION AU SERVICE DE L'ARGUMENTATION P. 28

1. LIEU DE L'EXPERIMENTATION - ELEMENTERRE P. 30
2. DEROULEMENT DU WORKSHOP P. 31
3. RETOUR GLOBAL SUR LE WORKSHOP P. 64
4. LES PISTES QU'IL AURAIT ETE INTERESSANT D'EXPLORER P. 66

IV- STRATEGIES D'APPROVISIONNEMENT P. 67

1. FONCTIONNEMENT DE L'ELEVAGE AU SENEGAL P. 68
2. STRATEGIE D'APPROVISIONNEMENT TERRITORIALE P. 69
3. REVENU FINANCIER DE CE TROC P. 71

CONCLUSION P. 72-73

MEDIAGRAPHIE P. 74-77

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

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

REMARQUE: *Toutes les photos figurant dans ce document qui ne sont pas référencées sont des photos qui ont été prises par l'auteur de ce mémoire, Aline BOLSANE.*

INTRODUCTION

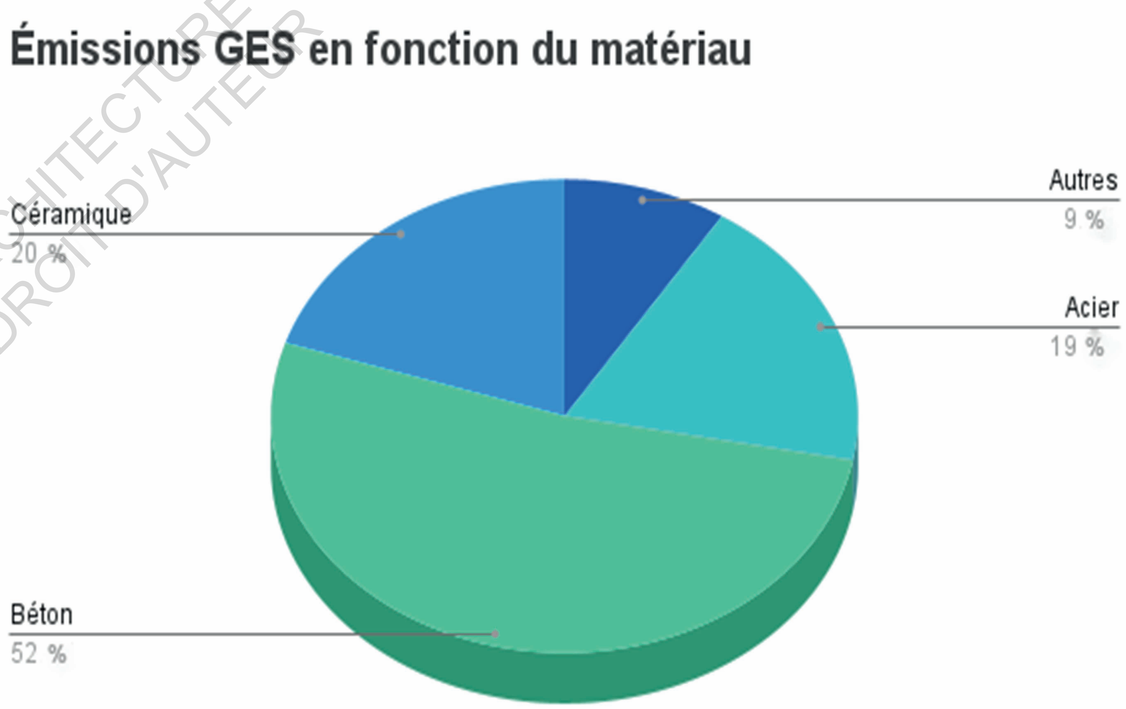
L'analyse des modes de construction à travers le monde a permis de se rendre compte que le béton présente une domination de grande envergure dans le marché de la construction.

Selon le Global Status Report de 2017, établi par l'ONU Environnement et l'agence internationale de l'énergie: «***La construction des bâtiments représentent 39% des émissions de CO2***».

De plus, l'industrie du ciment est, selon le groupe de réflexion Chatham House, ***«l'un des principaux producteurs de gaz à effet de serre CO2 et représente environ 8% des émissions mondiales de CO2».***

Après une prise de conscience mondiale sur le lourd impact carbone du béton sur la Terre, des chercheurs du monde entier se sont mis à la recherche de solutions alternatives durables et soucieuses de l'environnement.

Parmi ces «nouveaux» modes de construction durables, réapparaît l'usage d'un matériau surprenant: **la bouse de vache**. A l'heure où les vertus des modes de construction dits vernaculaires sont clamées, l'utilisation de certains de ces matériaux dans le domaine de l'architecture vient soulever de nombreux questionnements personnels. De manière globale les méthodes de construction actuelles sont controversées. Etant sénégalaise et native de la région de Dakar, cela m'a poussé à me questionner sur les différentes manières de construire au Sénégal.



Répartition des émissions de GES par matériau pour le secteur de la construction (données Manicore & Bribián e)

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

https://actuprime.com/projet-dakar-2025-un-plan-durbanisation-pour-mettre-fin-a-lanarchie/

I

LE **NOUVEAU** VISAGE DE LA VILLE DE DAKAR

COLLECTION PÉDAGOGIQUE ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES

“ «DAKAR N’EST PLUS UN ***«CAP VERT»*** MAIS UN ***«CAP BETON»*** “

Alioune Diagne Mbor

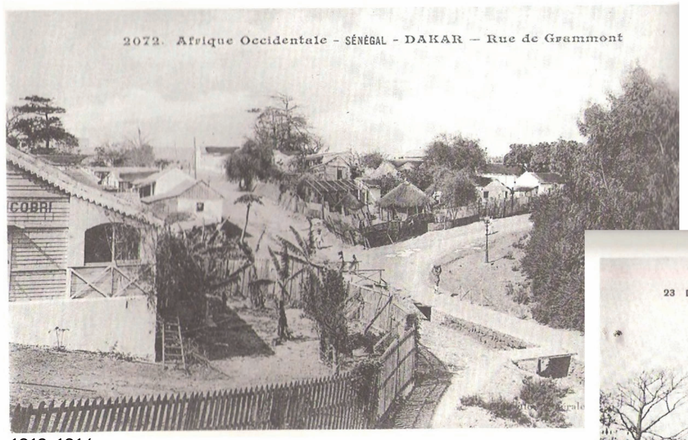
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

A travers cette vue d’ensemble de la ville de Dakar, on peut apercevoir la suprématie du béton qui surplombe la ville. En effet, depuis ma plus tendre enfance, étant native de Dakar, j’ai grandi entre buildings et bâtiments en béton.

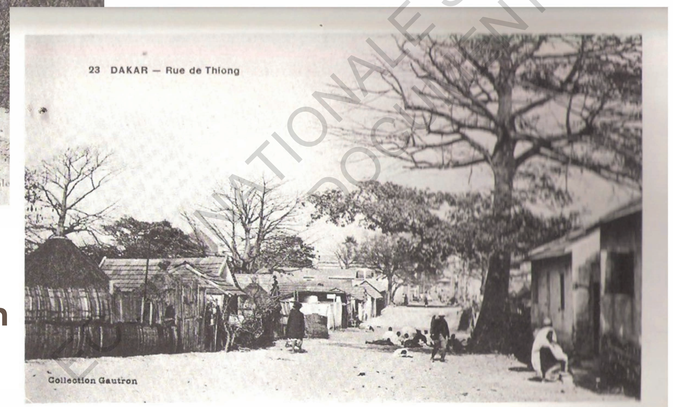
Triste est de constater qu’un siècle après l’arrivée des colons sur la presqu’île du Cap Vert, la ville de Dakar offre un tout nouveau visage entièrement bétonné. Ainsi comme le dit ‘Ndey Ji Reew’, Alioune Diagne Mbor, ancien secrétaire général du gouvernement sénégalais : « *Dakar n’est plus un* ***« Cap Vert »*** *mais un* ***« Cap béton»*** ». Effectivement, la capitale sénégalaise a perdu son visage traditionnel qui la caractérisait. Elle est aujourd’hui dominée par les constructions dites en « dure ».

De ce fait dans les villes africaines et plus particulièrement dans la ville de Dakar, qui fait l’objet de mon étude, une véritable nécessité se dessine autour de la recherche de nouveaux modes de construction. Car le monde fait aujourd’hui face aux interpellations des scientifiques sur la gravité de la situation climatique. L’utilisation de matériaux en non-adéquation avec le climat, tel que le béton, commence à avoir de lourdes conséquences sur notre planète-terre. Ce constat me pousse à me demander :
Quel était le visage de la région de Dakar auparavant ?

1. LA VILLE DE DAKAR , AUPARAVANT



1913-1914



1913-1914

Les « *Pènc* »,
premières habitations de la région de Dakar

En 1857, la presqu'île du Cap Vert a accueilli sur ses terres les gouverneurs français A.P.ANGRAND et P. LAPRADE. Ce fut le début du suscitement porté sur la ville de Dakar. Les colons se sont installés sur les côtes du Plateau (le haut Plateau) et on cherchait à déloger les « Pènc » afin d'avoir une main mise sur l'aménagement du territoire de Dakar-Plateau.

Il y a eu une épidémie de peste en 1914 qui a surgi dans les « Pènc » (certains pensent qu'il s'agissait d'une stratégie européenne pour les déloger). Suite à cela six d'entre eux se sont déplacés vers ce qui aujourd'hui correspond à la Médina et un peu plus loin (vers YOFF, NGOR, OUAKAM). Les six autres sont restées dans le plateau grâce, pour la plus part, à des stratégies mystiques qui ont su repoussées les colons.

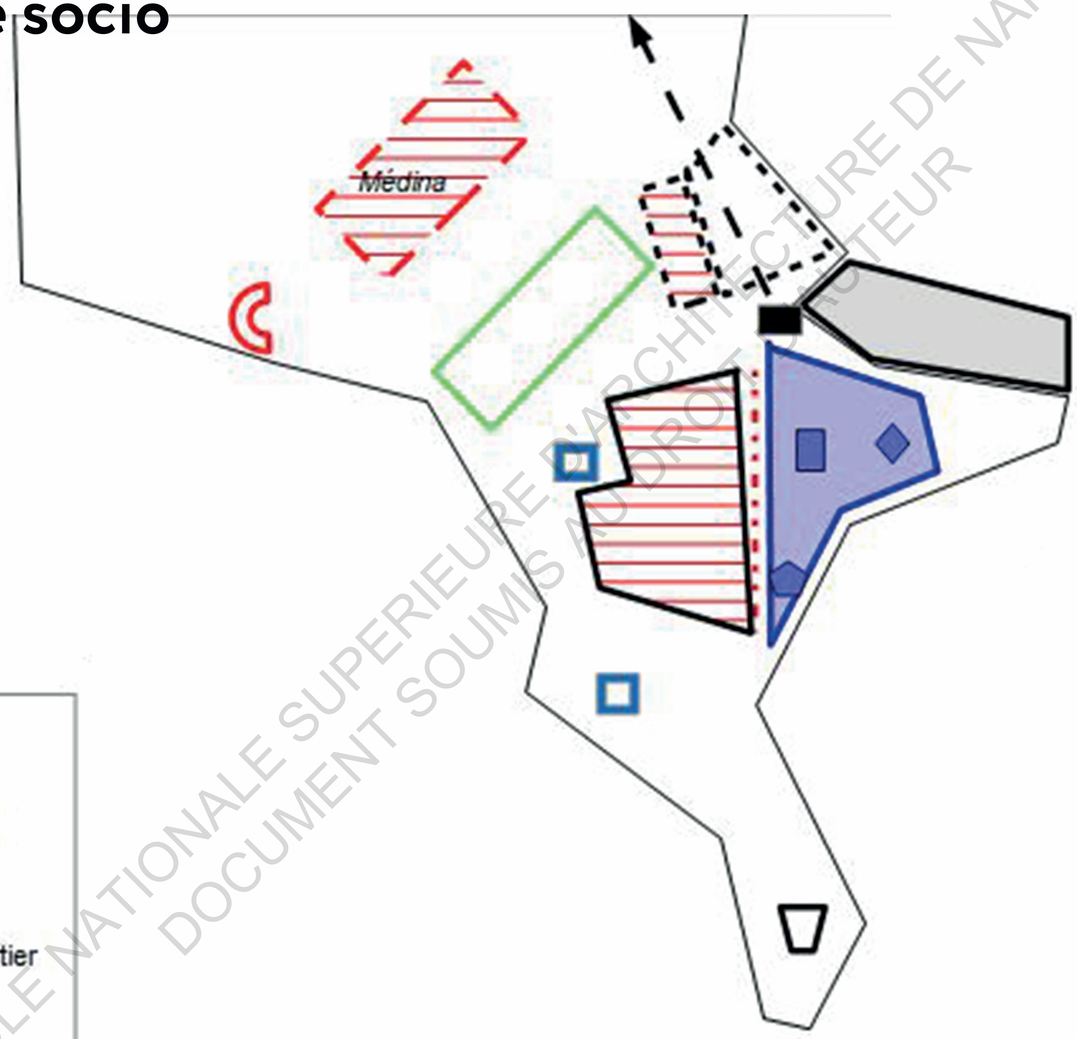
Une fois le départ des six « Pèncs », Dakar-Plateau a connu un bouleversement dans son organisation spatiale. En effet, les colons ont réorganisé la capitale suivant une politique coloniale socio ségrégationniste. On retrouvait deux zones d'habitation séparées par un grand jardin qui servait de zone de séparation entre les civilisés et les « non-civilisés ». (*voir schéma d'aménagement de la ville de Dakar P.11*)

- D'un côté, il y avait le Plateau, situé sur une falaise de 20 à 30 mètres de haut et positionné non loin du port et,
- De l'autre il y avait la Médina, le cœur populaire de Dakar. Son habitat reflétait l'organisation spatiale des anciens « Pènc » où les pièces étaient organisées autour d'une cour intérieure, le « heut » dans laquelle on retrouvait un baobab ou un fromager. (*voir schéma d'aménagement de la ville de Dakar P.11*)

La nouvelle organisation spatiale de Dakar-Plateau s'est faite selon les principes d'une ville en damier avec ses grands tracés et ses grandes allées. A travers la lecture de ces grands principes d'urbanisation, on peut dire que les colons ont apporté avec eux *«une civilisation urbaine»*.

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

L'aménagement de la ville de Dakar suivant une politique coloniale socio ségrégationniste



Rupture, contrôle et distanciation

- Rue identifiée comme césure entre quartier européen et indigène
- Casemes encadrant le principal quartier indigène
- Un « Grand jardin » (Pépinières et vergers) comme barrière entre Médina et l'agglomération principale

Equipements, infrastructures

- Zone portuaire
- Zone industrialo portuaire
- Gare
- Voie de chemin de fer
- Lazaret (zone de mise en quarantaine)

La ville coloniale

- Quartier européen adossé au port
- Marché couvert
- Place principale
- Palais du Gouverneur

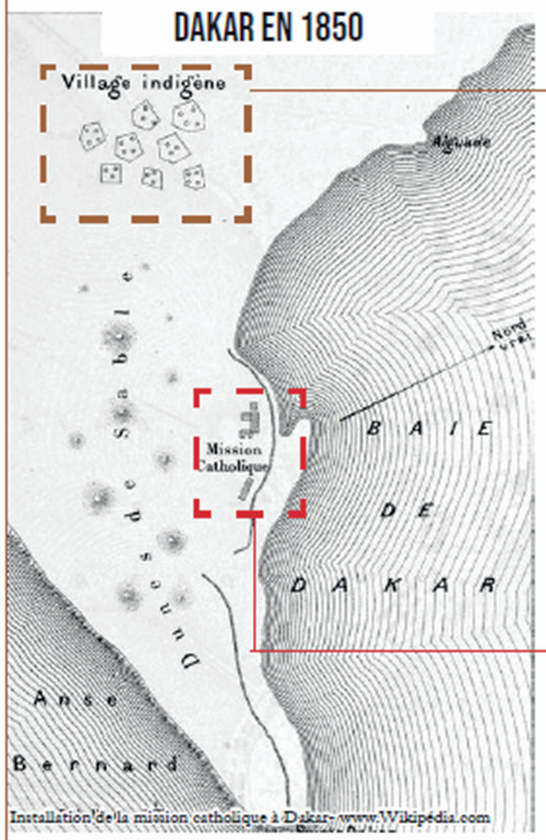
Les quartiers indigènes

- Qu. jouxtant le qu.européen
- Qu. adossé à la zone industrielle et portuaire
- Qu. mis à l'écart créé à l'occasion de la peste de 1914
- Nouveau cimetière musulman

1.Lamotte. Dakar au début du XXème siècle : une ville coloniale marquée par la ségrégation - GeodakarGeodakar. https://lewebpedagogique.com/geodakar/2019/08/20/dakar-en-1923-analyse-dune-carte-topographique/.

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

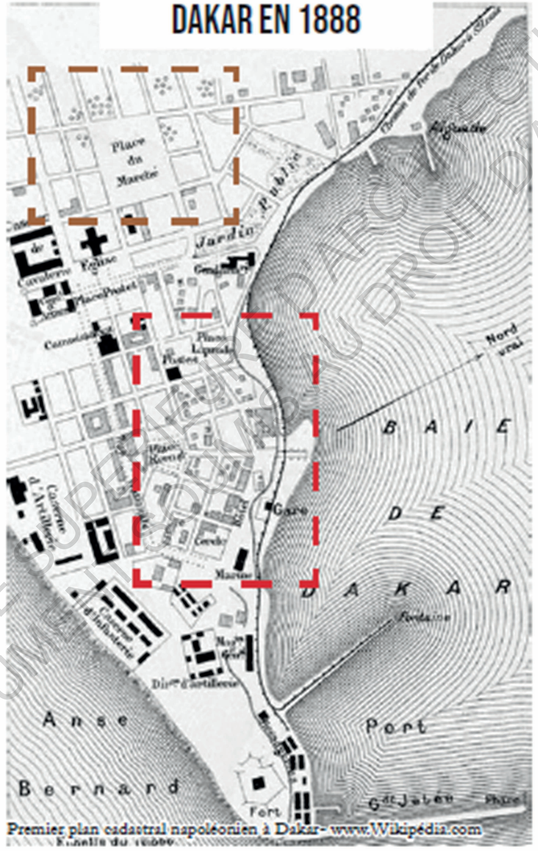
Processus de transformation de la ville de Dakar



Installation de la mission catholique à Dakar- www.Wikipédia.com

Village Indigène- www.geneanet.org

Vue de la mission catholique de Dakar en décembre 1862 -www.cairn.info



Premier plan cadastral napoléonien à Dakar- www.Wikipédia.com

Le quartier de la Médina, 1930- www.journaliste.universitaire.com

Dakar-Plateau dans les années 1930 www.AuSénégal.com

Plan de la ville de Dakar, 1930

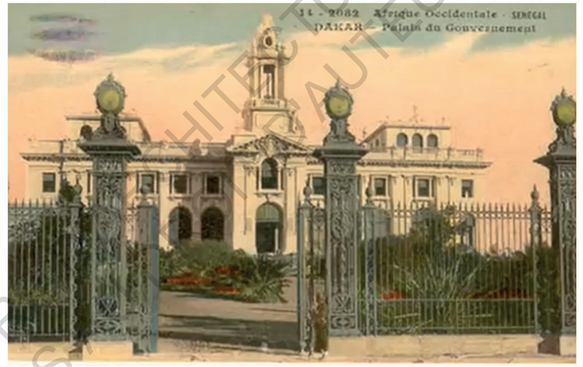
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT PROTEGE PAR LE DROIT D'AUTEUR

Image extraite du mémoire LA REINVENTION DE SOI DES VILLES DU SUD, Tiguidanké Keita

En faisant une analyse croisée entre la période à laquelle sont apparues les constructions en béton à Dakar et l'essor fulgurant du béton en France (XXe siècle), on se rend compte que l'urbanisation de la ville de Dakar a été décalquée d'un modèle européen. Cela s'est matérialisé par l'apparition successive de nouvelles infrastructures en béton dans la ville de Dakar :

- Port autonome de DAKAR (1910) (1866)
- Hôpital Aristide Ledantec (1912)
- Gare ferroviaire (1918)
- Marché Sandaga, racheté aux lébous (1925).

En réalité ce matériau, longtemps perçu comme le matériau à la base du développement et de la modernité, montre aujourd'hui des siècles après, ses limites à l'échelle mondiale. On peut alors s'interroger sur les conséquences de l'utilisation du béton au Sénégal.



PALAIS DU GOUVERNEUR

PALAIS DU GOUVERNEUR

MINISTERE DU COMMERCE

MINISTERE DES AFFAIRES ETRANGERES

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT PROTÉGÉ PAR LE DROIT D'AUTEUR

2. LES CONSEQUENCES DE L'UTILISATION DU BETON AU SENEGAL

De nos jours, triste est de constater que l'augmentation de la demande dans le domaine de la construction est à l'origine de l'explosion du besoin en sable qui déstabilise les écosystèmes naturels. On note non seulement une surexploitation des réserves de sable mais aussi malheureusement une dévastation des plages. En effet, l'exploitation illégale du sable marin est un fléau qui touche l'Etat sénégalais car, contrairement à l'utilisation du sable des réserves qui est payant, le sable marin ne l'est pas. Il est donc illégalement récupéré et revendu aux entreprises de construction. Cette activité illégale prolongée est la cause de l'augmentation de l'érosion côtière et est par conséquent responsable de la montée des eaux. La plage de Bargny (commune du Sénégal, située sur la côte sud de la presqu'île du Cap-Vert, à une trentaine de kilomètres de Dakar) s'offre en exemple car on constate une disparition de ses côtes due à l'exploitation abusive du sable marin qui a malheureusement entraîné l'ensevelissement de cette plage et la destruction de certaines habitations.

En sus de la surexploitation du sable, la domination du béton dans la construction est à l'origine de la surexploitation des 33 carrières de calcaire et basalte du pays.
On ne peut parler de béton sans souligner que celui-ci est extrêmement énergivore et contribue au réchauffement climatique. En effet, selon Peter Dixon, directeur de Zeobond Cement (2009) : ***« Chaque tonne de ciment produit environ une tonne de dioxyde de carbone (CO2) »***. Ces émissions s'ajoutent à celle de l'extraction des carrières et du transport de ce matériau. Ainsi comme le dit la revue THE GUARDIAN : ***« si l'industrie du ciment était un pays, il serait le troisième plus grand émetteur de CO2 de la planète ».***

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

EMERGENCE ECONOMIQUE

ENRICHISSEMENT ILLICIT

DENATURALISATION

DEPHASAGE CLIMATIQUE

DANGER

CLIMAT

BETON

MODERNITE

HOMOGENEITE

STANDARDISATION

PRISON THERMIQUE

DEVASTATION DES ECOSYSTEMES

MEGALOMANIE

UNIVERSALISATION

UNIFORMISATION

ALLIENATION

3. LE BESOIN D'UNE ALTERNATIVE

Face à tous ces constats, on se rend compte qu'un réel besoin se dessine autour de la recherche d'alternatives durables en Afrique. En effet, à l'heure où le regain des techniques vernaculaires rythme les débats africains, réintroduire des nouveaux modes de construction basé sur l'utilisation de matériaux traditionnels, permettrai de parer à plusieurs problématiques actuelles à Dakar. Cela permettrait d'offrir un nouveau visage à cette ville africaine avec l'utilisation de matériaux plus respectueux de l'environnement.
Mettre en avant le regain de ce «nouveau» mode de construction non encore exploré et basé sur la réutilisation des ressources naturelles, dans la ville de Dakar et dans les villes africaines, permet de prôner un développement purement africain.

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

Maison témoin construite en briques de bouse de vache en Inde, image extraite d'un interview avec le chimiste indien à l'origine du plâtre Veddick, https://www.youtube.com/watch?v=jX4E_7jkPLY&list=PLKcNAnO7IHH75PETSXzJJuxNvzh2GjPwz&index=

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT PROTEGE PAR LE DROIT D'AUTEUR

II

LA BOUSE DE VACHE, UNE «**NOUVELLE**» RESSOURCE PRESENTANT DE GRANDES **POTENTIALITES**

1. LES RAISONS DU CHOIX DE CETTE THEMATIQUE

Durant tout mon processus de recherches de sujet à développer pour mon mémoire, j'ai connu de nombreux moments d'hésitations. Mes premières pistes portées sur les qualités acoustiques que pouvaient apporter le typha dans l'architecture au Sénégal. Ce sujet m'intéressait énormément au premier abord car, il me permettait de croiser mon amour pour les matériaux traditionnels et la thématique de mon séminaire mémoire « Ecouter mon île» qui portait sur l'acoustique. Approfondir cette piste était une manière d'être utile à mon pays en contribuant à la recherche de solutions durables qui permettraient de palier aux problèmes liés à l'invasion du fleuve Sénégal par le typha. Il faut savoir que le typha est un roseau invasif qui prolifère le long du fleuve Sénégal et constitue un véritable fléau pour les Républiques du Sénégal et de la Mauritanie.

Ainsi, de l'étude des qualités acoustiques du typha dans le cadre du séminaire « Ecouter mon île » qui portait sur l'aspect acoustique de l'architecture à des ébauches d'études sur le typha en tant que matériau, j'ai très vite compris, en abordant l'aspect technique de cette thématique, que ce sujet de recherche n'était pas pour moi et que celui-ci ne m'aurait pas rendue assez curieuse pour mener à bien mon mémoire.

Etant présente à Maurice dans le cadre de mes études, j'ai eu à discuter avec mon bailleur, Jean Jacques Arjoon, qui lui est très ouvert d'esprit. Je lui expliquais mon envie de changer de sujet et d'axer mes recherches sur la réutilisation des matériaux vernaculaires en Afrique. En abordant, l'idée de l'architecture acoustique de Maurice, il me fit savoir qu'il y existait un studio d'enregistrement fait à base de bouse de vache. Ce fut pour moi la découverte qui était à la fois surprenante mais surtout intrigante. Cette discussion était une révélation qui ne sait pas immédiatement concrétiser car étant quelqu'un d'indécis.
J'en ai par la suite discuté avec mon maître de mémoire, M. Pascal Joanne, qui a trouvé ce sujet très intéressant. J'avais enfin trouvé un sujet qui me donnait envie de l'explorer. L'approfondissement de mes recherches m'a permis de faire de nombreuses découvertes.

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

1. L'UTILISATION DE LA BOUSE DE VACHE EN ARCHITECTURE

Comme énoncé plus haut, le sujet de la bouse de vache est un sujet qui m'a beaucoup intrigué. L'approfondissement de mes recherches m'ont permis de me rendre compte que l'utilisation de la bouse de vache se faisait dans de nombreux pays du monde notamment en :

- Inde, sous le nom de ***«godar»***,
- En Europe sous le nom de ***«kiziak»***,
- En Asie centrale, elle est plus connue sous le nom de ***«Caucase»***,
- Au Lesotho sous le nom de ***«Lisu»***,
- Au Bangladesh sous le nom de ***«ghunte»***.

On remarque aussi que l'utilisation de ce composant naturel n'est pas anodine. En effet, la bouse de vache présente beaucoup de vertus. Elle est:

- Un excellent isolant thermique et acoustique,
- Un excellent répulsif contre les moustiques,
- Un très bon combustible.

Pâte traditionnelle de bouse de vache et de boue appliquée sur les sols.

Séchage de bouses de vache au Tibet

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

On remarque une utilisation de la bouse, de plus en plus prononcée, dans le domaine de l'architecture notamment en Inde où le culte de la vache est très sacré. En effet, l'hindouisme voue un énorme respect à la vache et à ses dérivés. Ainsi comme le dit Clément Bovin, dans son livre ***«Taureaux, Vaches sacrées, Vaches folles: de la préhistoire à la corrida»*** : ***«****De tous les animaux, la vache est le plus sacré pour les hindous. En réalité, ceux-ci croient que la vache est la personnification de tous les dieux du panthéon et des centres de pèlerinages.* ***Tout ce qui provient de la vache est sacré, y compris bouse et urine.»***

Des expérimentations ont été menées par un chimiste indien sur les dérivées architecturales de la bouse de vache. Celui-ci a inventé le plâtre védique qui est fait sur la base de bouse de vache, d'argile et d'eau.
Le gouvernement indien, quant à lui, a aussi encouragé la fabrication de peintures à base de bouse de vache.

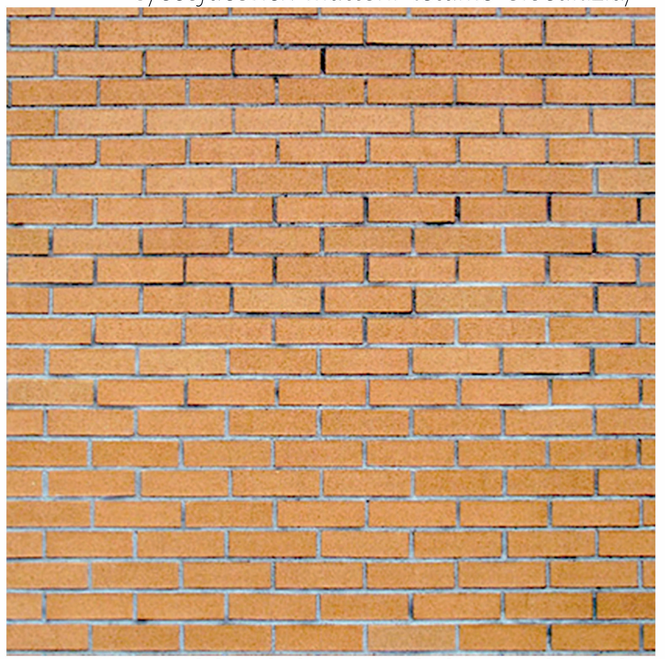
Des briques de bouse sont aussi fabriquées par l'entreprise EcoFaeBrick, entreprise créée par des étudiants. En effet cette invention provient d'un groupe d'étudiants indonésiens de la Prasetiya Mulya Business School qui ont gagné le Global Social Venture Competition en 2009 grace à cette innovation.

Toutes ces découvertes m'ont poussé à mener une certaine réflexion sur le mode de construction au Sénégal. En effet, le développement de méthodes constructives à base de bouse de vache en Inde est dû à la forte présente de population bovine mais aussi au lien spirituel qui existe entre l'homme et la vache. Cela m'a poussé à chercher à connaître de quelle quantité de bovins dispose le Sénégal et l'utilisation de la bouse qui s'y fait.

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

Briques de bouse de vache / Briques de terre

http://www.genitronsviluppo.com/2009/06/10/ecofaebrick-mattoni-letame-bioedilizia/



Mur de briques de bouse de vache

2. L'UTILISATION DE LA BOUSE AU SENEGAL

En cherchant à comprendre les débouchés de l'utilisation de cet excrément au Sénégal, j'ai découvert que la bouse était utilisée de différentes manières :
- Elle est d'abord utilisée comme **engrais pour les semences**,
- Elle est aussi transformée en **biogaz**.
- En architecture, la bouse de vache est utilisée en **liant ou en parement** sur les murs extérieurs des concessions. En effet, on retrouve ce mode de construction dans les villages éloignés de la ville de Dakar comme dans la région de Kédougou, qui se situe à l'extrême Sud-Est du Sénégal. Ici, on retrouve les peuples bassaris et beddick qui occupent respectivement la zone de Salamata et de Bandafassi (départements de la région de Kédougou). Dans ces villages on retrouve des cases faites avec de la bouse de vache qui est utilisée en liant ou en parement sur les parois des cases. Ces dernières, selon des études menées par l'UNESCO, présentent une tenue parfaite dans le temps.

Photo 55: ***Cases Bédik***

Photo 56: **Faîte décoré**

Photo 57: **case Bassari**

Photo 58: **case Bassari**

https://whc.unesco.org/uploads/nominations/1407.pdf

Des recherches sur les modes de construction dans la sous-région ont montré qu'il existe un village nommé Pouan, au Nord-Est de la Côte d'Ivoire, où les sakoulas qui sont les maisons traditionnelles du peuple Lobi, sont construites en bouse de vache. En effet, les Lobis fabriquent du béton naturel à base de terre, de paille et de bouse de vache pour les murs et pour les cloisons des sakoulas. Ce matériau appelé torchis est aussi utilisé pour sa qualité de répulsif contre les insectes. Mais malheureusement, les sakoulas et cette technique sont le point de disparaître.

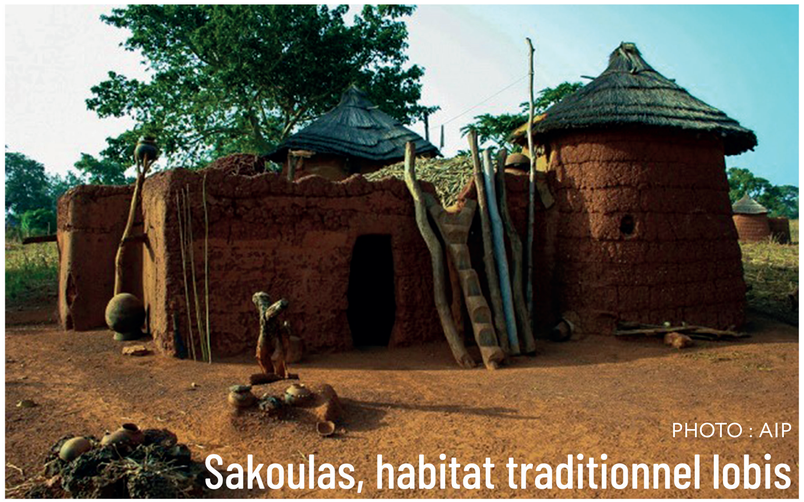


PHOTO : AIP

Sakoulas, habitat traditionnel lobis

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

3. COMMENT REDONNER DE LA VALEUR ARCHITECTURALE A LA BOUSE DE VACHE

L'analyse des modes de construction utilisant la bouse de vache comme matériau dévoile une utilisation annexe, secondaire de la bouse de vache en architecture. En effet comme dit plus haut la bouse de vache est utilisée en architecture comme liant ou en parement. Elle est donc un élément secondaire, un accompagnant. En sus de cela, on la retrouve au Sénégal dans les villages. Il faut savoir que les villages sont considérés au Sénégal comme non développés et c'est la raison pour laquelle on constate l'exode rural qui pousse les populations à quitter les villages en direction de la ville qui elle est considérée comme le siège de la modernité, le lieu où toute réalisation est possible.

Paradoxalement en Inde, on observe le développement d'une architecture qui s'adapte aux réalités de son pays. La ville de Dakar, qui se situe dans une zone subtropicale désertique, présente des similitudes climatiques avec ce pays asiatique. Pourquoi donc le Sénégal ne regarderait-il pas vers l'Inde plutôt que vers l'Occident? Car force est de constater que la multiplication des constructions en béton dans la ville de Dakar transforme cette ville en une **'prison thermique'**. En sus de cela, l'élevage fait partie des activités du secteur primaire au Sénégal. En effet, l'élevage contribuait à hauteur de 4,2 % au PIB sur la période 2000- 2012. Ce sous-secteur joue ainsi un rôle socio- économique très important : 350 000 familles, soit environ 3 millions d'individus vivent de l'élevage. Cette certaine proximité avec la population permet d'ouvrir le champ de la réflexion sur la possible utilisation des dérivés bovins dans l'architecture sénégalaise.

De par l'utilisation actuelle que l'on fait de la bouse de vache, on peut se questionner sur la nature du lien que l'on entretient avec les excréments. Comme le disait M. Locatelli, agro-industriel italien, à l'origine de la merdacotta (l'art à base de bouse) qui a développé une collection d'objets à base d'excréments de bovins issus des élevages laitiers de ses fermes intensives : ***« La merde est perçue comme quelque chose de vulgaire, de nauséabond, comme la matière la plus ignoble ».***

C'est la raison pour laquelle la problématique de mon mémoire portera sur : **comment redonner de la valeur architecturale à la bouse de vache au Sénégal et plus particulièrement dans la ville de Dakar**. Ce mémoire prendra en compte l'aspect technique mais sera principalement axé sur **le côté insolite de l'utilisation des excréments en architecture**. Il interrogera donc **la question des valeurs morales** en sus de la question technique. L'objectif est donc de tester **ce que peut générer l'utilisation de la bouse de vache en termes de qualités architecturales** s'intéressant par la même occasion à la question des qualités d'ambiance.

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

a_ QU'EST CE QUE LA BOUSE DE VACHE?

COMPOSITION CHIMIQUE

On appelle bouse, l'excrément des mammifères ruminants bovidés. Celle-ci est composée d'eau et de matière organique assimilable. En effet, les fientes de vache sont composées de **80 à 90 % d'eau.** Le reste est composé de matière sèche comprenant :
- des éléments non digérés ayant échappé à la dégradation opérée par les microbes du rumen à la digestion dans la caillette et à la fermentation microbienne dans le gros intestin ;
- des éléments endogènes, comme les sucs digestifs, les débris cellulaires ou les micro-organismes du rumen.

NB : Il faut garder en tête que la quantité de matière séchée présente dans la bouse varie selon la digestibilité des aliments.

L'analyse morphologique de la bouse permet de montrer que cette dernière est constituée de trois couches : **la croûte à l'extérieur, une zone intermédiaire et la zone profonde riche en eau.**

Il est important de savoir que la bouse se dégrade en **12 mois** sous l'action des espèces coprophages qui se développent dans ces excréments, alors qu'il faut attendre 36 à 48 mois sans l'intervention de ces espèces.

NB : Une fois que la bouse est sèche, elle est appelée **« bois de vache».**

LA VIE AUTOUR DE LA BOUSE

La présence de matières organiques dans la bouse de vache fait d'elle, un milieu propice à la reproduction des insectes. Ces derniers ,selon le Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement du Tarn (CPIET), arrivent quelques secondes après l'expulsion de la bouse soit 3,6 secondes exactement après. Ils sont attirés par son odeur caractéristique.
NB : une bouse exposée au soleil perd son pouvoir attractif en **36 heures.**

La vie autour de la bouse de vache s'organise comme suit :
- Les mouches sont les premières arrivées après l'expulsion de la bouse. Les femelles y pondent leurs œufs qui se développeront au centre de la bouse qui reste humide alors qu'il se forme une croûte sèche sur la partie extérieure.

- Après les mouches, ce sont les coléoptères (insecte à quatre ailes dont deux, les élytres, sont cornées) qui arrivent sur place.
- La bouse attire également des papillons, des abeilles et même des escargots !

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

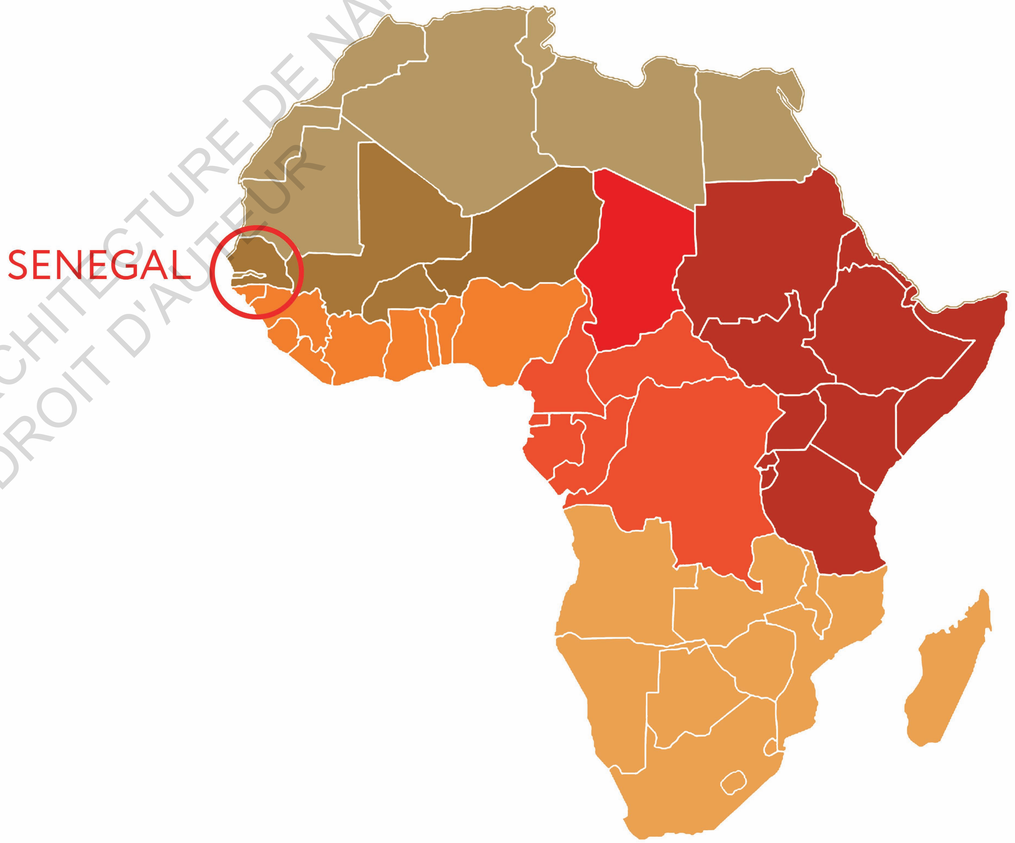
b_ POURQUOI CONSIDERER LA BOUSE COMME UNE DENREE EN AFRIQUE ET AU SENEGAL ?

Lorsqu'on prend le temps de chercher des informations sur la disponibilité et la quantité bovine en Afrique et plus particulièrement au Sénégal, on se rend compte qu'on a à notre disposition une denrée sous-estimée. En effet, on réalise, grâce aux estimations fondées sur les données de la FAOSTAT de 2002, relatives à la production et au commerce sur les types d'animaux d'élevage en Afrique, que la majorité des pays africains utilise au moins 30% d'élevage de bovins comme nous pouvons le voir sur cette carte réalisée par mes soins sur la base des données de la FAOSTAT recueillies.

L'Afrique possède un fort pourcentage de bovins. On parle de 85 millions de têtes de bovins soit 32.700.000 vaches en Afrique subsaharienne pour une superficie de 22431 millions de km².
Si l'on considère, comme le dit le Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement du Tarn, qu'une vache adulte produit en moyenne 12 bouses par jour d'environ 3 kg chacune, soit environ 40 à 50 kg / jour ce qui équivaut à peu près à 10 tonnes de bouse chaque année, on se rend vite compte que cela constitue une ressource plus que considérable. Par analogie de calcul, on se rend compte qu'en Afrique on compte près de 430 millions de tonne de bouse par an. Le Sénégal quant à lui compte, en 1992 selon le tableau des éléments de la production laitière en Afrique (1991-1992), près de 2.578.000 têtes et 1.050.000 de vaches soit 13 millions de bouse par an.

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

CARTE DE L'OCCUPATION BOVINE EN AFRIQUE



Carte réalisée par Aline BOLSANE, rédactrice de ce mémoire sur la bouse.

5. UNE ARCHITECTURE INSOLITE

Comme énoncé dans la problématique, mon mémoire est, en sus de l'aspect technique, axé sur le côté insolite de l'utilisation d'excréments en architecture au Sénégal. Peuple très culturel, il m'a semblé intéressant de tâter le terrain afin de prendre en compte l'avis des populations sénégalaises sur ce mode de construction au Sénégal. Pour cela j'ai eu à réaliser un questionnaire d'enquête en ligne. Celui-ci avait pour but d'impliquer les populations dans ce processus de recherches d'alternatives constructives. Car en effet, il était important pour moi d'interroger les populations sur leur manière de percevoir une architecture faite à base de bouse de vache au Sénégal. Ce questionnaire m'a alors permis de récolter les appréhensions et les interrogations que peut susciter cet intérêt pour la bouse chez les sénégalais. Il m'a par ailleurs permis d'ajuster mon axe de réflexion et de travail autour de ce sujet.

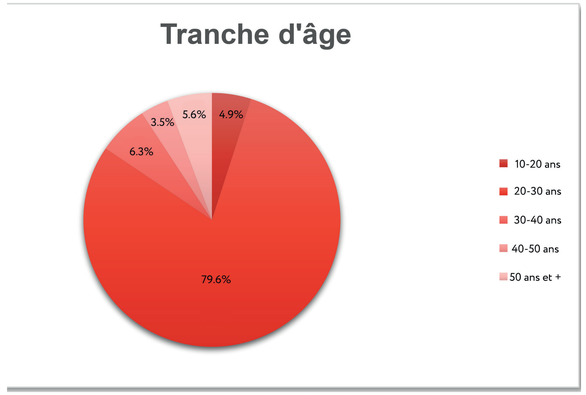
Ce questionnaire tournait autour des points suivants :
- L'utilisation des matériaux organiques en architecture
- La construction moderne en matériaux locaux
- L'utilisation de ce matériau par rapport au climat
- Leur avis et leurs appréhensions sur l'utilisation de la bouse de vache en architecture.

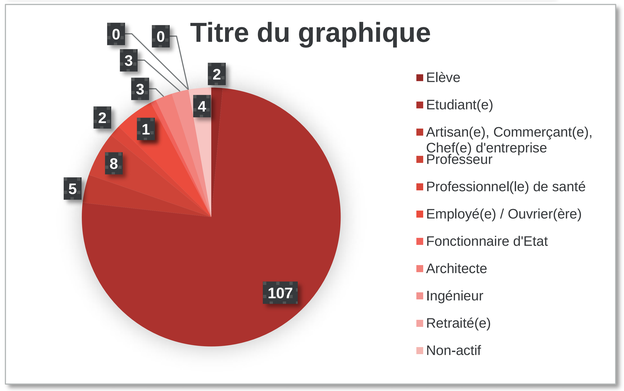
REMARQUE : Par le biais de ce questionnaire, j'ai pu obtenir des participants, des récits d'expérience en rapport avec l'utilisation de la bouse de vache. Ce retour touchait les points construction et aussi l'aspect olfactif de ce matériau.

PS : Le temps de réalisation de ce questionnaire était d'environ 5 mins.

J'ai pu obtenir, après traitement de ce questionnaire, 142 réponses. Dans ces 142 réponses, on peut compter:
- **79.6%** des réponses provenant de jeunes âgés de 20 à 30 ans,
- **6.3%** des réponses provenant d'adultes âgés de 30 à 40 ans,
- **5.6%** des réponses provenant de personnes âgés de 50 ans et plus,
- **4.9%** des réponses provenant de jeunes personnes inscrits dans la tranche 10-20 ans et;
- **3.5%** des réponses provenant de personnes de 40 à 50 ans.

Dans cette même analyse des réponses on se rend compte que la majorité des réponses proviennent d'étudiants avec 107 réponses sur les 142 réponses.





Graphiques réalisés par Aline BOLSANE, rédactrice de ce mémoire sur la bouse.

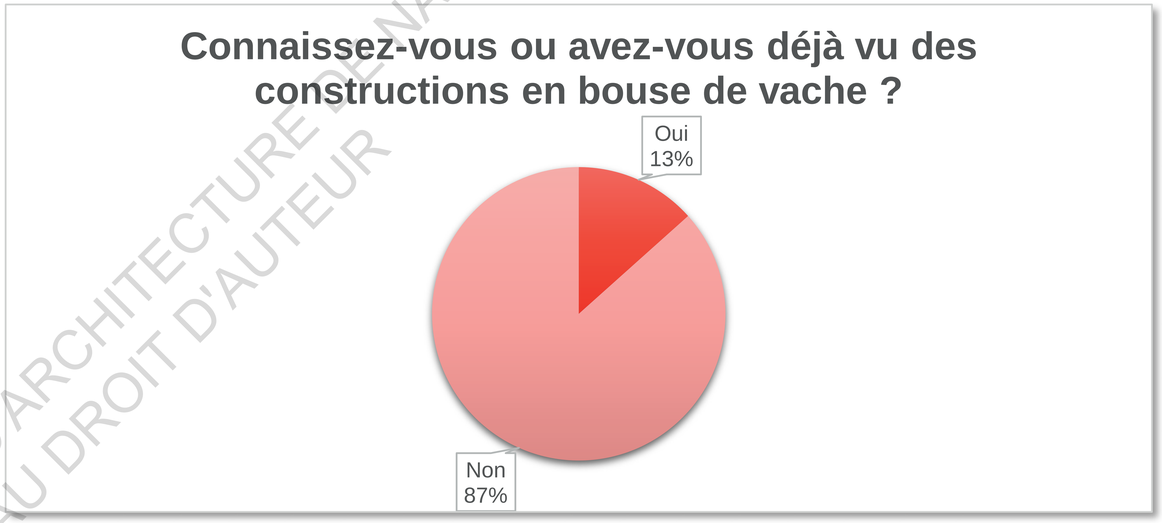
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

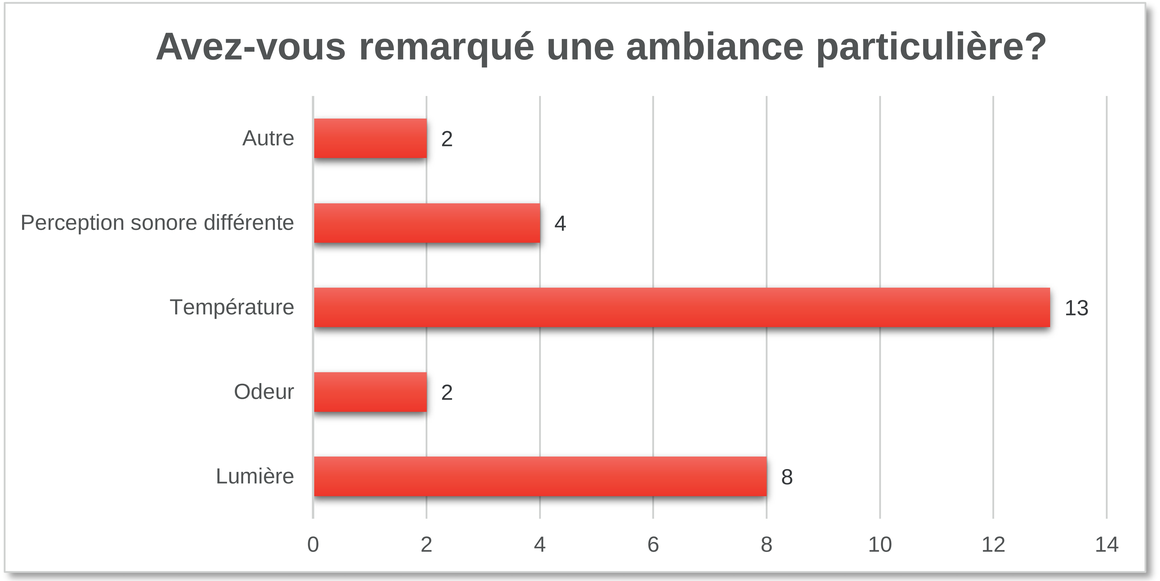
ANALYSE DU QUESTIONNAIRE

Très peu nombreux étaient ceux qui avaient déjà vu des maisons construites avec de la bouse de vache. Certaines personnes disent les avoir une fois vu dans certaines régions éloignées de la ville de Dakar tels que Podor qui se situe sur la côte Nord du Sénégal, dans le Ferlo ou à Kédougou où la bouse sert de liant ou d'enduit pour les habitats traditionnels de la civilisation des bassaris.

Pour d'autres, ils ont eu à en voir dans certains pays de la sous-région :
- Au Togo, dans le projet de Zion Gaia, où la bouse est utilisée pour protéger les parois de la maison,
- A Madagascar où elle est associée à de l'argile et de la paille pour rendre le mélange plus résistant,
- Dans une partie du Burkina en milieu rural, où la bouse est mélangée à d'autres matériaux.

Dans le questionnaire, il était demandé aux personnes qui avaient déjà eu l'occasion de pénétrer un édifice fait à base de bouse de vache si elles y avaient remarqué une ambiance particulière.
Selon ces personnes, il s'agissait principalement :
- d'une différence de température (avec 13 réponses pour la température),
- d'un éclairage / d'une luminosité interpellante (avec 8 réponses pour la lumière),
- d'une perception sonore légèrement différente (avec 4 réponses pour la différence sonore),
- d'une odeur légèrement particulière (avec 2 réponses pour l'odeur). (*voir graphique ci-contre*)

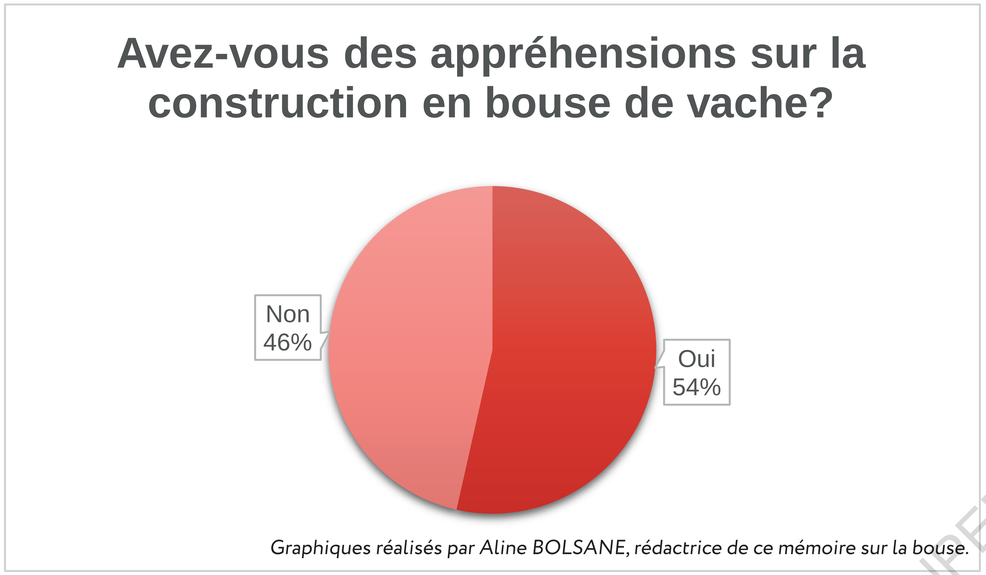




Graphiques réalisés par Aline BOLSANE, rédactrice de ce mémoire sur la bouse.

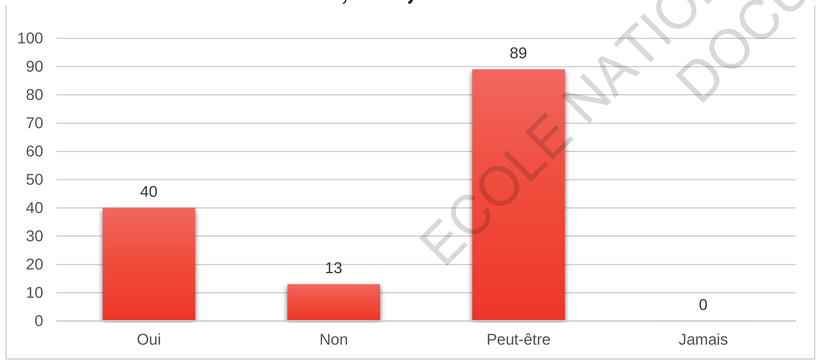
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

L'intérêt de ce questionnaire était vraiment de voir ce que pense la population d'une utilisation à part entière de la bouse de vache dans le domaine de la construction au Sénégal. La majorité disait avoir des appréhensions sur la construction en bouse de vache.



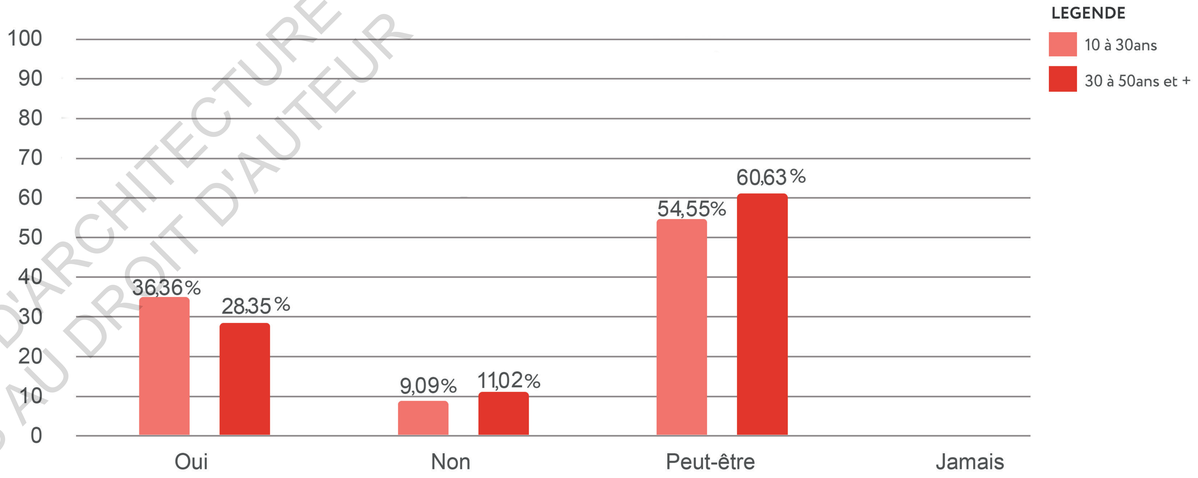
Graphiques réalisés par Aline BOLSANE, rédactrice de ce mémoire sur la bouse.

Il était alors intéressant de savoir s'il était possible pour eux de se projeter dans 20-30ans habitant une maison construite en bouse de vache. Nombreux sont ceux qui sont restés sceptiques avec **62,68%** de PEUT-ETRE, **28,17%** de OUI et **9.15%** de NON.



Graphiques réalisés par Aline BOLSANE, rédactrice de ce mémoire sur la bouse.

Il était vraiment intéressant sachant que la majorité des participants à ce questionnaire sont des jeunes, de faire une étude croisée entre la tranche et les réponses sur la possibilité d'habiter une maison en bouse de vache.



Graphiques réalisés par Aline BOLSANE, rédactrice de ce mémoire sur la bouse.

En réalité cette étude comparative permet de tirer deux conclusions:
- la première est que les jeunes (10 à 30 ans) tout comme les adultes (30 à 50 ans et +) considèrent l'architecture en bouse de vache comme une réelle éventualité au Sénégal avec en moyenne **32 % de OUI** et **57,59 % de PEUT-ETRE**.
- la deuxième est que malgré cette réelle éventualité, ces personnes restent sceptiques concernant l'utilisation de ce matériau(**57,59 % de PEUT-ETRE)**.

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

De ce questionnaire a émané les questionnements et appréhensions concernant suivantes:

C’est suite à toutes ces interrogations et doutes que j’ai décidé de mettre en pratique l’utilisation de la bouse de vache en architecture en cherchant à tester et à aborder certaines des appréhensions qui ont été soulevées par les participants à ce questionnaire.

Cette mise en pratique s’est donc organisée sous la forme d’un workshop sur quelques jours. Ces quelques jours ont été planifiés de manière à toucher le maximum des aspects pointés du doigts.

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

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

III

L'**EXPERIMENTATION** AU SERVICE DE L'ARGUMENTATION

“ *RIEN NE SE PERD, RIEN NE SE CREE,* ***TOUT SE TRANSFORME*** “

Antoine Lavoisier

CALENDRIER DE REALISATION DU WORKSHOP
(23 MAI au 28e MAI)

LUNDI 23 MAI	- OBSERVATION DE LA MANIERE DE FAIRE → CONDITION DE REALISATION; NORMES A RESPECTER; TEMPS DE SECHAGE NECESSAIRE - DISCUSSION AVEC DOUDOU DEME / OUVRIERS
MARDI 24 MAI	- FABRICATION DE BRIQUES **(1)** → TEST D'ECHANTILLONNAGE / DOSAGE → BRIQUES PLUS EPAISSE; VERIFICATION DU CALIBRAGE ET DE LA CONSTANCE DANS LA REALISATION → BRIQUES MOINS EPAISSE
MERCREDI 25 MAI	- FABRICATION DE BRIQUES **(2)** → SECHAGE DES BRIQUES; OBSERVATION DU COMPORTEMENT STRUCTUREL DES BRIQUES
JEUDI 26 MAI	- TEST DE LA PAUSE D'UN MUR **(1)** → MUR AVEC DES OUVERTURES; MUR DROIT; MUR COURBE; MUR HAUT; CONSTRUCTION D'UNE PIECE (SI POSSIBLE / EXTENSION DU WORKSHOP PENDANT LES WEEKEND)
VENDREDI 27 MAI	- TEST DE LA PAUSE D'UN MUR **(2)** - TEST DE LA RESISTANCE → RESISTANCE A L'EAU / FEU
SAMEDI 28 MAI	- TEST DE LA PAUSE D'UN MUR **(3)** - TEST DES RESULTATS OBTENUS

Suite aux nombreux questionnements qu'à susciter ce questionnaire, j'ai décidé de dédier une partie de mon mémoire à de l'expérimentation.
En effet, il m'a semblé essentiel d'expérimenter l'utilisation de ce matériau à travers un workshop. Cette expérimentation est réalisée dans le but de tester la fabrication d'éléments architecturaux autour de la bouse de vache tels que des briques de bouse. L'objectif est de tester leur mise en forme, leur tenue et leur performance.

Cette expérimentation s'est faite sous la forme d'un workshop d'une semaine qui devait se dérouler suivant un emploi du temps prédéfini allant du 23 Mai au 28 Mai comme on peut le voir sur la planche ci contre. Cependant, suite à un contretemps, le workshop s'est déroulé sur trois jours, du 04 au 06 Juillet 2022.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS A DROIT D'AUTEUR

1. LIEU DE L'EXPERIMENTATION - ELEMENTERRE

Créée en 2010, ELEMENTERRE est une entreprise de construction spécialisée dans les systèmes constructifs en terre. Elle a été créée par M. Doudou DEME, ingénieur en génie civil et son associé.
La production se fait à Gandigal, à 7km de Mbour, sur la route nationale. Ici, sont réalisées des briques de terre compressées. Des expérimentations sur la fabrication de briques en typha y sont aussi menées.

L'équipe d'ELEMENTERRE est dirigée par Théophile NDIAYE, Eco-constructeur et responsable de production chez ELEMENTERRE. Il est par ailleurs le responsable du secteur de production. Celui-ci a été formé par Doudou DEME qui l'a, aujourd'hui, désigné comme son adjoint dans l'espace de production. L'usine fonctionne suivant un rythme journalier. C'est-à-dire que les équipes sont constituées de travailleurs payés de manière journalière. Leur horaire de travail sont de : 8h30 à 17h avec une pause à 13h. Ils ont une capacité de production de 800 à 1000 briques par jour.

Photo extraite du site ELEMENTERRE

Briques de typha réalisés par Elementerre

Photo extraite du site ELEMENTERRE

Briques de terre réalisées par ELEMENTERRE

Doudou DEME, co-directeur de l'entreprise **ELEMENTERRE**

THEOPHILE NDIAYE, Eco-constructeur,
Responsable de production chez **ELEMENTERRE**

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

2. DEROULEMENT DU WORKSHOP

a_ OBJECTIFS

Les principaux objectifs étaient ceux présentés dans le calendrier du déroulement du workshop préétabli avant le début de cette étape. Cependant une fois sur place, je me suis rendue compte, après discussion avec Théo, responsable du fonctionnement de l'usine qui est présent sur place, que l'exploration de ce sujet me demandait au préalable une étude comportementale de la bouse de vache dans tous ses états.
De ce fait, une fois sur place, le déroulé du workshop a changé et a été ajusté au fil des échanges quotidiens avec Théo en prenant aussi en compte les résultats obtenus à chaque nouveau test.

b_ ECHANGES ET DISCUSSIONS AVEC THEO

Lors de mon arrivée sur le site d'Elementerre, j'ai eu à entretenir une discussion avec Théo, le responsable de la production, sur la raison de ma présence et sur l'objectif de mon workshop. Après lui avoir expliqué, nous avons discuté de son expérience par rapport à ce type de matériau. Il m'a alors confié que de ce qu'il a pu voir à travers ses nombreuses années d'expérience, le mélange bouse-ciment est un mélange qui ne marche pas. Ils ne sont pas compatibles. Il m'a aussi confié que de ce qu'il a pu voir dans les villages éloignés tels que Tambacounda, région qui se situe dans l'Est du Sénégal, l'utilisation de la bouse de vache pour la construction ne pose pas de questions pendant la saison sèche.
Par contre, pendant la saison des pluies, l'odeur de la bouse ressort à cause de l'humidité. Il a aussi pu observer que les habitants des villages recouvraient les parois de leurs concessions avec de la chaux ou avec de la bouse de vache mais cela ne réglait pas le problème des odeurs qui se dégagent avec l'humidité.

Suite à cet échange avec Théo, de nombreux questionnements ont animé mes pensées :
- A quoi sont dues ces odeurs ? Seraient-elles une conséquence de la décomposition de ce produit organique ?
- Comment stopper cela ? Doit-on songer à introduire dans le mélange des substances chimiques ?

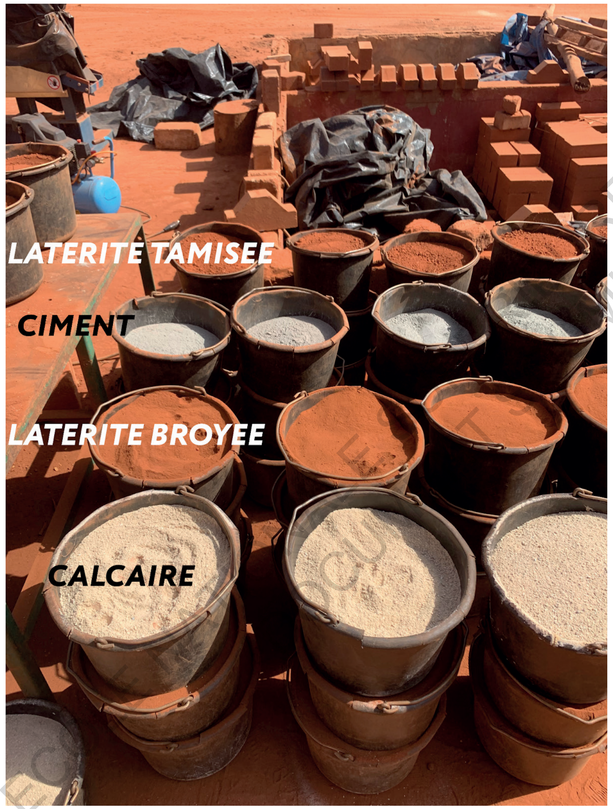
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

c_ MISE EN OEUVRE DE LA BTC

Mon workshop a débuté par une visite guidée de l'espace de production d'ELEMENTERRE. Pour l'industrialisation de leurs briques, cette entreprise utilise de la latérite. Celle-ci provient de Sindia qui est une réserve qui se trouve dans le département de Mbour, non loin de la zone de production.

Afin de réaliser les briques de terre compressées (BTC) il faut un mélange de :

- **40%** de latérite tamisée,
- **40%** de latérite broyée,
- **10%** de calcaire,
- **10%** ciment .



Cela se fait suivant le processus suivant :

- **le malaxage:** étape au cours de laquelle les différents composants sont mélangés avec de l'eau dans le malaxeur,
- **la pesée :** la quantité de mélange nécessaire pour la fabrication d'une brique (7.4 kgs) est mesurée, ensuite celle-ci est vidée dans la machine de fabrication qui produit des briques de dimensions de 29.5*14*10 cm. Ces briques sont des briques pour murs porteurs.
- **la machine à briques:** elle génère des briques de dimension standard qui sont celles pour murs porteurs.

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DROITS D'AUTEUR RÉSERVÉS

NB: Mis à part la fabrication mécanique des briques, ils réalisent aussi des briques à la presse manuelle. En effet, cela permet de varier les tailles en fonction du besoin du commanditaire. Il existe donc des briques :

- de murs porteurs (4/4) de 29.5cm d'épaisseur
- de remplissage de 14cm d'épaisseur
- de 4/4 1R (un bout arrondi)
- de 4/4 2R (deux bouts arrondis)
- de 4/4 U (brique de chaînage)
- de 4/4 E (briques avec passage de gaine électrique)
- de 3/4 (21.75*14*10)
- de 3/4 V (21.75*14*5)

PRESSES MANUELLES

TYPES DE MELANGE

Il existe différents types de mélanges qui sont effectués dans l'usine. Il y a des **mélanges pour des briques lourdes porteuses** et des **mélanges pour des briques mi-lourdes.**

- La réalisation de briques lourdes (utilisées pour la mise en œuvre de murs porteurs) nécessite : pour 350kg de terre, 5kg de typha broyé (apport végétal).
- La mise en œuvre des briques mi-lourdes (utilisées en remplissage) nécessite quant à elle un mélange de : 80kg de dur et de 60kg de végétal.

TEST D'IDENTIFICATION D'UNE BONNE TERRE

Lors de mon workshop, Théo m'a expliqué les différentes méthodes qu'ils utilisent pour identifier une bonne terre. Il existe plusieurs méthodes:

- **Le test des tubes (filaments) d'argile:** cette méthode consiste à travailler la terre sous sa forme élastique. On constitue ensuite des tubes de diamètre moyen (comme sur la photo 1) puis on agite ces tubes dans l'air sur la table. Si le filament se découpe en des portions régulières d'environ 5cm c'est qu'il s'agit d'une bonne terre.
- **La pastille:** Cette méthode consiste à créer une pastille (comme sur les photos 1 et 2) à partir d'un moule circulaire. Ensuite, on laisse sécher la pastille. Une fois sèche, on la teste comme s'il s'agissait d'une craie, c'est-à-dire que:
si elle tâche elle n'est pas un bon enduit
Si elle ne tâche pas, cela veut dire qu'elle constitue un bon enduit.
- **Le test de la bouteille:** Celle-ci consiste à mettre la terre à tester dans une bouteille remplie d'eau jusqu'au trait situé au ¼ de la bouteille (comme on peut l'observer sur la photo 3) Après repos, toute la terre qui dépasse le trait n'est en fait que de l'argile.

TEST DES TUBES D'ARGILE

LA PASTILLE

TEST DE LA BOUTEILLE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AUX DROITS D'AUTEUR

d_ TEST D'ETUDE DU COMPORTEMENT DE LA BOUSE

Afin de mieux comprendre le comportement de la bouse selon les différents états dans lesquels elle se trouve j'ai eu à réaliser des tests « caricas ». Plusieurs cas de figures ont été choisis pour comprendre et analyser le comportement structurel de la bouse.
Il s'agit de la mise en brique d'un mélange de :

1- bouse semi-séchée / non compressée
2- bouse semi-séchée / semi-compressée
3- bouse semi-séchée / compressée
4- bouse de vache humidifiée / non compressée
5- bouse de vache humidifiée / compressée
6- bouse de vache semi-liquide
7- bouse de vache visqueuse/pâteuse
8- bouse à l'état liquide

NB : Le passage entre les différents états de la bouse se fait par ajout successif d'eau.

REMARQUES: On appelle test **"caricas"** les tests d'étude comportementale d'un matériau. Ils sont réalisés pour chaque matériau afin de voir comment il réagit sous ses différentes formes (séché, semi-séché, humide, semi-liquide, visqueux, liquide).

MATERIEL DE REALISATION

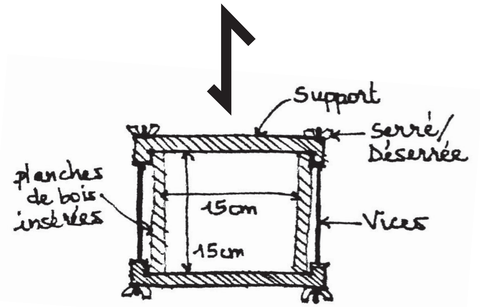
Pour la mise en œuvre des briques le matériel utilisé est le suivant:
- un moule pour briques ajustable de dimensions 15*15*15cm
- une trowel qui permet d'égaliser les quantités
- un petit moule circulaire (utilisé pour la fabrication de pastilles)
- de la bouse séchée (non fraîche / utilisation après un mois et 10 jours)

TROWEL

MOULE CIRCULAIRE

MOULE BRIQUES

BOUSE



REMARQUES: La date de la réalisation du workshop étant initialement prévue pour le 23 Mai 2022, a finalement été repoussée au 04 Juillet 2022. De ce fait, la bouse qui avait été achetée initialement, a été conservée et utilisée lors du workshop (du 04 Juillet au 06 Juillet 2022).

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

REALISATION DES TESTS

TEST 1 : Fabrication de brique à base de bouse semi-séchée / non compressée

Pour réaliser cela, j'ai eu à utiliser de la bouse semi-séchée qui a été insérée dans le moule à brique sans aucune compression.

RESULTATS: La motte ne tient pas et s'effrite.

Calibrage de la motte: 10*9*15 cm

TEST 2: Fabrication de brique à base de bouse semi-séchée / semi-compressée

Pour réaliser cela, j'ai eu à utiliser de la bouse semi-séchée qui a été insérée dans le moule à brique avec une légère compression.

RESULTATS: Cette motte de bouse tient déjà mieux que la première mais s'effrite tout de même.

Calibrage de la motte: 14*11*15 cm

ECOLE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

TEST 3: Fabrication de brique à base de bouse semi-séchée / compressée

Pour réaliser cela, j'ai aussi eu à utiliser de la bouse semi-séchée qui a été insérée dans le moule à brique avec une compression maximale.

RESULTATS: Cette motte de bouse tient beaucoup mieux que les deux premières mais s'effrite quand même légèrement.

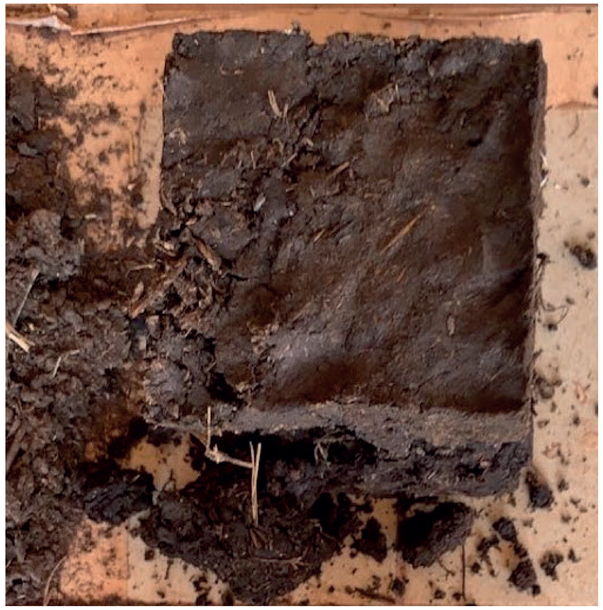
Calibrage de la motte: 13*12*15 cm

TEST 4: Fabrication de brique à base de bouse humidifiée / non-compressée

Pour réaliser cela, j'ai eu à utiliser de la bouse ayant été humidifiée avec un peu d'eau. Ce mélange a été inséré dans le moule à brique sans compression.

RESULTATS: Cette brique tient mais manque de liant donc s'effrite sur les bords. Elle garde tout de même la forme du moule.

Calibrage de la motte: 15*15*15 cm



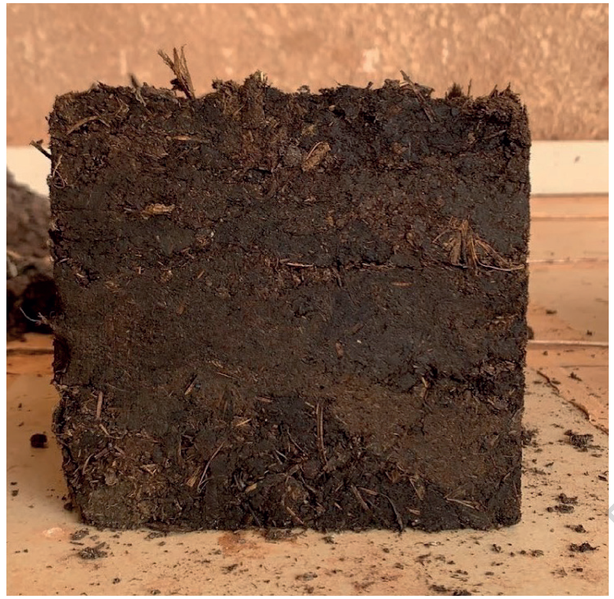
ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

TEST 5: Fabrication de brique à base de bouse humidifiée / compressée

Pour réaliser cela, j'ai eu à utiliser de la bouse semi-séchée humidifiée qui a été insérée dans le moule à brique avec une compression maximale.

RESULTATS: Cette brique tient parfaitement. Elle garde la forme du moule. On observe aussi une stratification due à la compression qu'a subie la bouse.

Calibrage de la motte: 15*15*15 cm

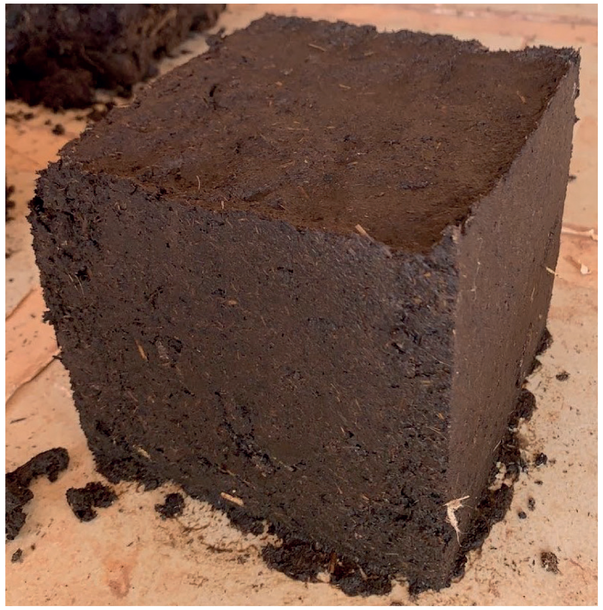


TEST 6: Fabrication de brique à base de bouse de vache semi-liquide

Pour réaliser cela, j'ai utilisé de la bouse de vache semi-liquide (ajout d'eau). Ce mélange a été inséré dans le moule avec une légère compression.

RESULTATS: On remarque lors de l'insertion du mélange dans le moule que celui-ci devient spongieux. Une fois le démoulage, qui est légèrement plus compliqué que celui avec de la bouse plus sèche, on remarque que la brique tient mais commence à gonfler très légèrement sur les bords. Elle s'affaisse et donc perd en épaisseur (quantité d'eau présente dans le mélange légèrement trop importante).

Calibrage de la motte: 16*15.5*14.5 cm



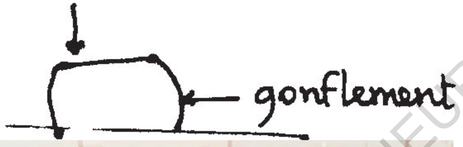
ECOLE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DROITS RÉSERVÉS AU DROIT D'AUTEUR

TEST 7: Fabrication de brique à base de bouse de vache visqueuse

Pour réaliser cela, j'ai utilisé de la bouse de vache visqueuse (plus pâteuse que la précédente). Ce mélange a été inséré dans le moule avec compression.

RESULTATS: On remarque lors de l'insertion du mélange dans le moule que celui-ci devient encore plus spongieux que le mélange précédent (test 6). Une fois le démoulage, toujours plus compliqué que celui des briques à base de bouse plus sèche, on remarque que la brique tient moins et gonfle de plus en plus. Elle gonfle sur les périphéries et s'affaisse donc perd en épaisseur (excédent d'eau).

Calibrage de la motte: 18*16.5*12 cm

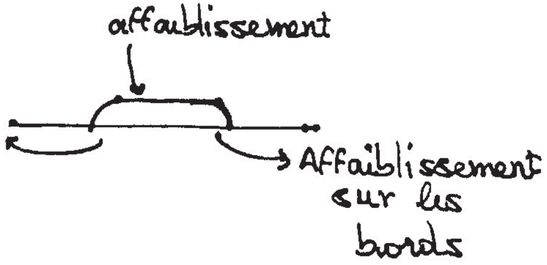


TEST 8: Fabrication de brique à base de bouse de vache liquéfiée

Pour réaliser cette brique, j'ai eu à utiliser de la bouse de vache liquéfiée au max (en cherchant à garder une certaine teneur). Ce mélange a été inséré dans le moule.

RESULTATS: Après le démoulage, la brique ne tient pas du tout. On observe une déformation, un gonflement, un affaissement. Cependant, on observe tout de même une tenue plus intéressante que ce qui était attendu avant la réalisation.

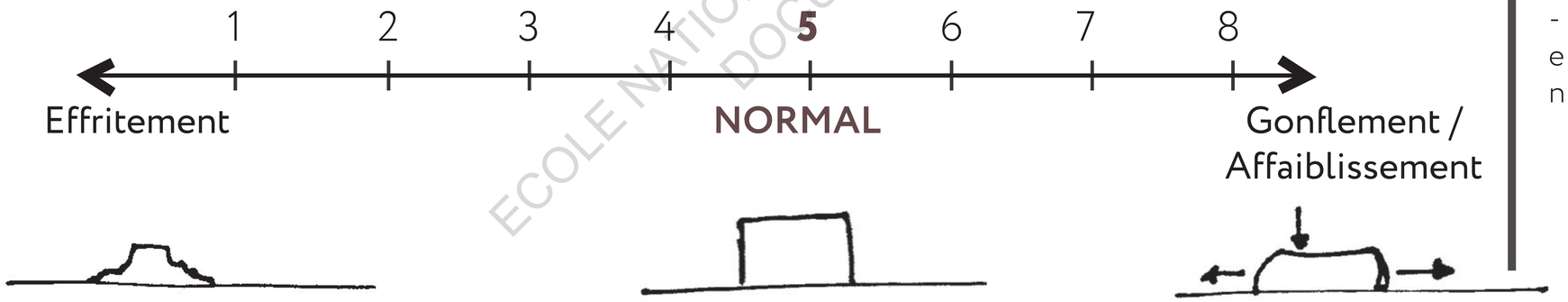
Calibrage de la motte: 25*22*10 cm



ECOLE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
TOUT DROIT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ANALYSE GLOBALE DU COMPORTEMENT DE LA BOUSE

A partir de ces tests caricas réalisés, on peut déduire que la quantité d'eau dans le mélange a un gros impact sur le comportement structurel de la brique. En effet, à partir du test 5 (brique à base de bouse humidifiée / compressée), on constate soit un effritement (état sec) ou un gonflement accompagné d'un affaissement de la brique. Le facteur eau est donc un facteur très important à prendre en compte lors de la réalisation des mélanges. Celui-ci sera dosé différemment selon ce que l'on souhaite obtenir.



REMARQUES:

- Lors de la réalisation des tests caricas une des principales remarques a été l'observation d'une forte présence de mouches et de bestioles sur les briques. Les bestioles que l'on voit sur les briques sont dues à la décomposition de la bouse qui est un déchet issu de la digestion organique.

- L'odeur quant à elle, est normale. En effet, je n'ai pas eu à observer d'odeurs nauséabondes.

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

REALISATION DE DIFFERENTS MELANGES

Après avoir analysé et compris le comportement structurel de la bouse dans son état naturel, j'ai eu à réaliser différents types de mélanges qui permettent de tester la mise en œuvre de briques lourdes et de briques mi-lourdes.

Les éléments qui ont été utilisés sont les suivants :
- du **calcaire:** qui est très souvent utilisé dans les mélanges réalisés pour la mise en œuvre des BTC
- de **l'argile**
- de **la latérite**
- du **sable de dune**
- du **typha broyé:** le typha est un roseau à croissance rapide qui pousse dans les zones humides le long du fleuve Sénégal. Sa prolifération s'est accompagnée de nombreux problèmes dont la disparition des zones cultivables situées le long du fleuve Sénégal devenant ainsi un fléau extrêmement préoccupant pour la République du Sénégal. Cela pousse les chercheurs à trouver des solutions à ce fléau notamment dans le domaine de la construction car ce dernier, malgré son caractère invasif, est reconnu pour ses caractéristiques isolantes mais aussi pour ses performances acoustiques. Des tests subventionnés par CRATERRE (association pluridisciplinaire et internationale et laboratoire de recherche œuvrant pour la reconnaissance du matériau terre) sont alors réalisés au sein de l'usine, ELEMENTERRE, autour de l'utilisation du typha.

- des **balles de riz:** qui ont le même rôle dans le mélange que le typha

TYPHA

BALLES DE RIZ

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITE
DOCUMENT SOUMIS AU DROI

MELANGE N°1: Bouse gonflée (bouse gorgée d'eau, même contenance en eau que le mélange du test 7) + sable de dune

Ce mélange a été réalisé suite à l'observation des résultats des tests 6, 7 et 8 qui en raison d'un excès d'apport d'eau se tassaient et gonflaient. Cet essai était donc dans le but de voir si l'addition de sable permettrait de stabiliser et de neutraliser l'excès d'eau afin d'obtenir une brique qui tienne et qui conserve la forme du moule.
Afin de réaliser cette brique, j'ai eu à travailler suivant les proportions 50/50. Il y avait, pour la réalisation de cette brique : 1kg de bouse + 1kg de sable de dune sec.

RESULTATS: La brique tient assez bien malgré une légère déformation. En effet, on observe un gonflement de la brique sur les côtés. On observe aussi que la couleur de la brique est différente. L'aspect de cette dernière se rapproche énormément de celle du test 6 (brique à base de bouse de vache semi-liquide).

Calibrage de la motte: 17*16*13.5cm

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D

MELANGE N°2: Bouse + calcaire

Afin de réaliser ce mélange, j'ai aussi eu à travailler suivant les proportions 50/50, c'est-à-dire avec 1kg de bouse + 1kg de calcaire. Ce mélange a été réalisé après avoir observé que certaines briques réalisées avec juste de la bouse se fissuraient. Ce mélange était donc dans le but d'observer ce que l'on pouvait tirer de cette association avec des proportions égales. En effet, le calcaire est aussi très souvent utilisé dans la fabrication des BTC comme expliqué plus haut. (Cf rubrique MISE EN ŒUVRE DE LA BTC)

RESULTATS: On observe une très légère déformation de la brique sur les bords. Sa morphologie se rapproche de celle du test 5 (brique à base de bouse humidifiée / compressée).

Dimensionnements de la brique: 15.5*15.5*15cm

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITE
DOCUMENT SOUMIS AU DRO

NB : Afin de faciliter la lecture des tests et des mélanges dans la suite du document, ces derniers porteront des chiffres. Voici donc ci-dessous les différentes correspondances :

(1) la bouse semi-sèche / non compressée
(2) la bouse semi-séchée / semi-compressée
(3) la bouse semi-séchée / compressée
(4) la bouse de vache humidifiée / non compressée
(5) la bouse de vache humidifiée / compressée
(6) la bouse de vache semi-liquide
(7) la bouse de vache visqueuse/pâteuse
(8) la bouse à l'état liquide
(9) mélange bouse gonflée + sable de dune sec
(10) mélange bouse + calcaire

REMESURE DES BRIQUES

A chaque début de nouvelle journée de workshop, les briques sont remesurées afin de voir si durant le temps de repos il y a eu des changements.

(1) : 10*9*15cm
(2) : 14*11*15cm
(3) : 13*12*15cm
(4) : 15*15*15cm
(5) : 15*15*15cm
(6) : 16*15.5*15cm
(7) : 18.5*17*11cm
(8) : 26*23*8cm
(9) : 17*17*13.5 cm
(10) : 15.5*15.5*15 cm

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

ANALYSE APRES REMESURE

- De (1) à (6) on n'observe pas de changements de comportement.

Les brique (7) et (8) passent successivement des mesures 18*16.5*12cm à 18.5*17*11cm et de 25*22*10m à 26*23*8cm, il y a donc eu un gonflement et un affaissement des deux briques.

- La brique (9) passe quant à elle de 17*16*13.5cm à 17*17*13.5cm. On observe un gonflement de la brique mais aussi un craquèlement de cette dernière.
- Pour la brique (10), on n'observe pas de changements morphologiques majeurs (tenue de la brique).

REMARQUES: Sur la brique (10) on observe contrairement aux autres briques une absence de bestioles. Cela soulève des questionnements sur le rôle que peut jouer l'apport de calcaire dans la lutte contre les bestioles et les mouches.

MELANGE N°3: Bouse + argile

Ce mélange a été réalisé selon les proportions suivantes :
- 1kg de bouse
- ¼ de litre d'argile

NB : Pour obtenir l'argile utilisé, nous avons travaillé l'argile dans les proportions d'un « BACUS » avec 20kg d'argile mélangé avec 30 litres d'eau. On laisse d'abord l'argile solide se ramollir dans l'eau puis on le remue à l'aide d'un malaxeur électrique.

REMARQUE: Il existe plusieurs méthodes pour savoir si le mélange est bon. Celles-ci sont les suivantes:
- écrire son nom sur le mélange avec son doigt si ça marque bien c'est que le mélange est bon ou,
- plonger sa main dedans et ensuite la ressortir; si le mélange retombe au compte-gouttes c'est que le mélange est bon
- mettre le mélange dans un récipient d'eau. Si ça se diffuse vite c'est que le mélange n'est pas bon. Si au contraire, la diffusion se fait petit à petit c'est que c'est bon.

Ce test a été réalisé dans le but d'observer si l'argile pouvait agir comme liant et permettre une meilleure tenue de la brique.
Le mélange a subi lors de son insertion dans le moule une compression.

RESULTATS: On observe une tenue parfaite de la brique et garde les proportions du moule.

Dimensionnements de la brique: 15*15*15cm

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

MELANGE N°4: Bouse + terre argileuse quelconque (latérite)

RESULTATS: On constate que la matière une fois insérée dans le moule gonfle. Elle présente une trop grande élasticité. Elle est trop plastique donc présente des déformations lors du démoulage.

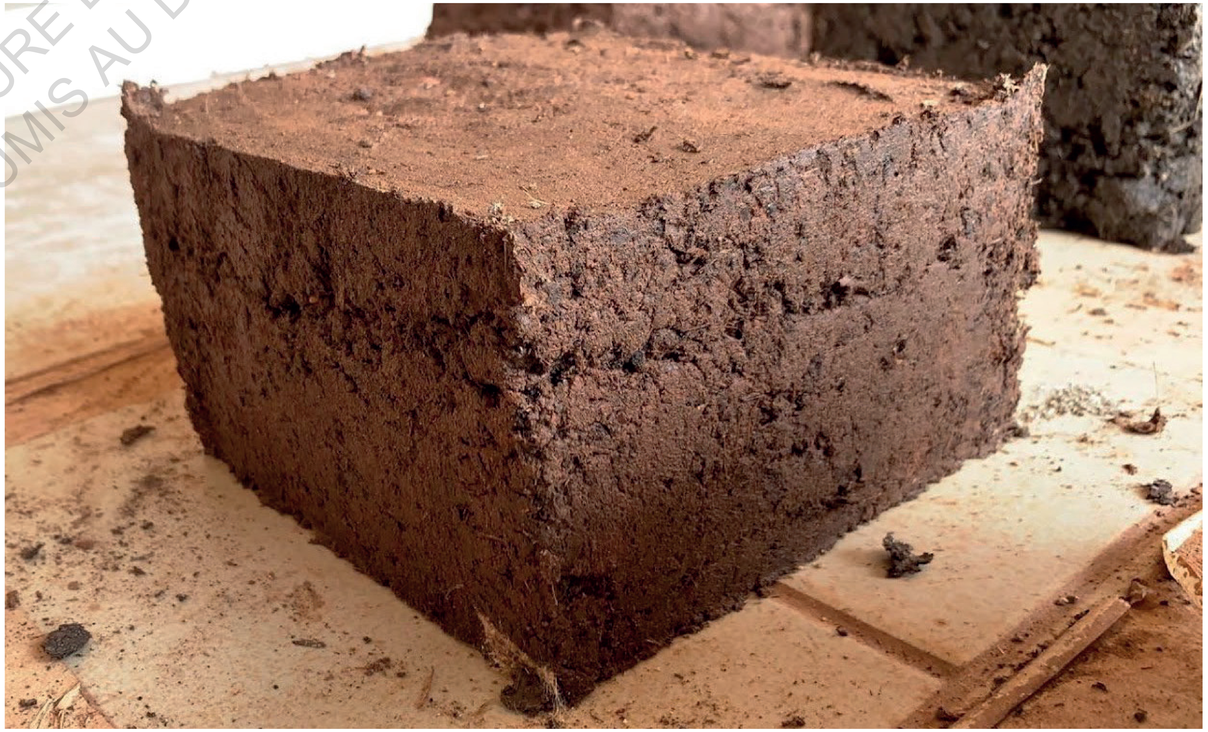
Dimensionnements de la brique: 18*18*14cm

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

MELANGE N°5: Bouse + terre argileuse quelconque (latérite) + sable de dune sec

Ce mélange a été réalisé dans le but de voir si l'ajout de sable de dune sec va permettre de rectifier l'élasticité observée au niveau de la brique du mélange n°4, bouse + terre argileuse comme cela avait pu être observé à travers le mélange N°1.

RESULTATS: On constate que la brique tient parfaitement et sèche assez rapidement contrairement aux autres briques. On n'observe donc pas de déformations.
Dimensionnements de la brique: 15*15*15cm



ÉCOLE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

REALISATION DE BRIQUES AVEC APPORT VEGETAL / BRIQUES MI-LOURDES

ENTRETIEN AVEC Pa SIDY, DOYEN DE L'ENTREPRISE

Lors de mon deuxième jour à ELEMENTERRE, j'ai eu à m'entretenir avec Pa Sidy qui est le doyen de l'entreprise. Il est âgé de 75 ans et a vécu pendant très longtemps dans des villages où les habitants faisaient de l'auto-construction.
Au cours de notre discussion, Pa Sidy m'a confié ces mots en wolof dont la traduction est la suivante: *« Au village, on construisait avec de la bouse. Ce qu'on faisait c'est qu'on creusait les fondations des maisons et à l'intérieur des trous on mélangeait la terre et l'eau que l'on laissait reposer jusqu'au lendemain. Ensuite,* ***on prenait de la bouse fraîche que l'on mettait dedans.*** *Ensuite on formait les briques.*
*Ce que l'on faisait aussi parfois c'est qu'****on y ajoutait aussi la paille de mil.»***
*« Ce que l'on faisait aussi parfois c'est qu'****on brûlait des feuilles de baobab jusqu'à obtenir la cendre et on enduisait les murs avec cela, ça stabilisait le bâtiment*** *».*
« Quand le ciment a fait son apparition au Sénégal, on a essayé de l'insérer dans les maisons. On le mettait sur les façades mais ***quand on tapait dessus on entendait un bruit.*** *»*

Suite à mon échange avec Pa Sidy, j'ai décidé de réadapter la suite de mon workshop en fonction des informations que j'obtenais au fur et à mesure. J'ai donc décidé d'éliminer le combo bouse + ciment qui ne faisait d'ailleurs pas partie de ma cible d'étude. J'ai par contre pris la décision d'effectuer des mélanges bouse et particules végétales tels que le typha broyé et les balles de riz qui étaient des denrées disponibles à l'entrepôt.

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

REALISATION DE DIFFERENTS MELANGES

Ces tests avec ajout végétal ont été réalisés avec le même moule mais rempli seulement jusqu'à 10cm de profondeur car l'objectif principal était d'observer le comportement de la brique.
Les briques réalisées sont des briques dites mi-lourdes.

MELANGE N°6: Bouse + typha

Ce mélange a été réalisé selon les proportions suivantes : 1.5kg de bouse et 0.25 kg de typha.

RESULTATS: On remarque une tenue parfaite de la brique. Elle n'est pas élastique et sèche vite.

Dimensionnements de la brique: 15*15*10cm

ECOLE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE HAUTES
TOUS DROITS RESERVES / SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

MELANGE N°7: Bouse + terre argileuse quelconque (latérite)

Ce mélange a été réalisé selon les proportions suivantes : 1.5kg de bouse et 0.20 kg de typha et 1 tasse de 25 cl (1/4 de litre) d'argile.

RESULTATS: On observe aussi une tenue parfaite de la brique. Elle n'est pas élastique. Elle donne cependant, visuellement, l'impression d'être moins fibreuse avec un aspect plus compact dû à l'ajout de l'argile qui vient lier le tout.

Dimensionnements de la brique: 15*15*10cm

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

MELANGE N°8: Bouse + typha + latérite

Ce mélange a été réalisé selon les proportions suivantes : 75% de bouse et 20% de typha et 5% de latérite.

RESULTATS: On observe aussi une très bonne tenue de la brique. Cependant elle gonfle légèrement.

Dimensionnements de la brique: 15*15*10cm

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

MELANGE N°9: Bouse + balles de riz

Ce mélange a été réalisé selon les proportions suivantes : 75% de bouse et 25% de balles de riz.

RESULTATS: On observe aussi une très bonne tenue de la brique réalisée.

Dimensionnements de la brique: 15*15*10cm

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

MELANGE N°10: Bouse + typha + balles de riz

Ce mélange a été réalisé selon les proportions suivantes : 75% de bouse (1.5kg) et 12.5% de balles de riz (0.15kg) et 12.5% (0.15kg).

RESULTATS: On observe une très bonne tenue de la brique avec une impression d'absorption de l'eau.

Dimensionnements de la brique: 15*15*10cm

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

NB: Toutes ces briques ont été réalisées avec une compression de la matière lors de la mise en œuvre de la brique.

REMARQUES GENERALES SUR LES TESTS REALISES

Sur toutes les briques réalisées avec du typha ou des balles de riz on remarque moins de bestioles et de mouches.
Cette remarque me permet de rebondir sur le fait que l'usage de certains matériaux dans le mélange tels que : le calcaire (comme lors du mélange N°2), le typha ou les balles de riz permettent d'éloigner les bestioles et les mouches. Cela constituerait-il une solution qui permettrait de résoudre la question des insectes qui se rapporte à l'usage de la bouse ?

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

REALISATION DE BRIQUES LOURDES POUVANT FAIRE OFFICE DE DALLES AVEC APPORT VEGETAL

Lors du tour de l'usine qui m'avait été fait par Théo, j'avais pu voir que des hourdis à base de typha majoritairement avaient été réalisés en guise de test dans le cadre des études menées par ELEMENTERRE pour CRATERRE. Il m'est alors venu l'idée de réaliser une hourdis, une plaque d'isolation et des briques dans un moule différent à base de bouse de vache.

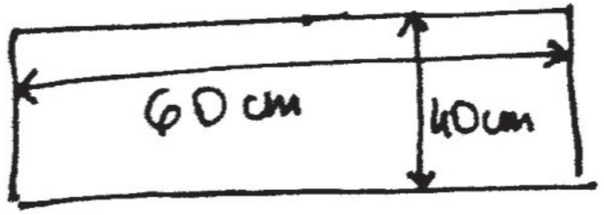
LA QUESTION DE L'AGE DE LA BOUSE SUR L'IMPACT STRUCTUREL DE LA BOUSE

Ayant travaillé depuis le début avec de la bouse à moitié séchée, j'ai décidé de travailler pour le dernier jour de mon workshop avec de la bouse fraîche. Pour cela, j'ai eu la chance d'avoir Pa Sidy sur le chantier. Celui-ci possède un troupeau de vaches et m'a donc permis de récupérer de la bouse fraîche directement dans l'enclos. J'ai donc réalisé la suite de mon workshop avec de la bouse fraîche.

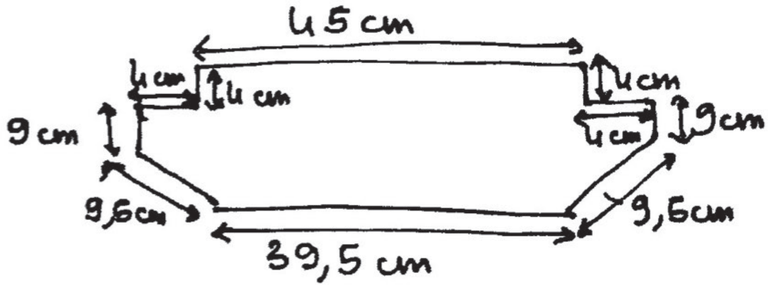
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

MATERIEL POUR LA REALISATION DES HOURDIS, DE LA PLAQUE ET DES BRIQUES

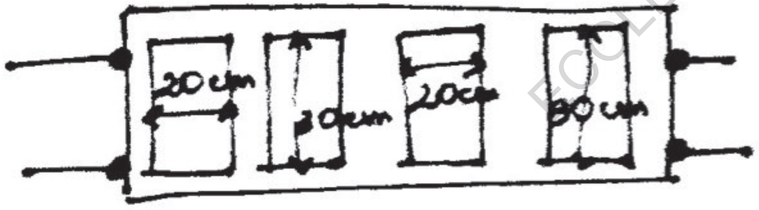
Pour réaliser ces éléments architecturaux, j'ai eu à utiliser un matériel spécifique :



PLAQUE D'ISOLATION



HOURDIS



BRIQUES

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

REALISATION DES TESTS

Avant de réaliser mes tests du jour, j'ai eu à entretenir une nouvelle discussion avec Pa Sidy mais celle-ci était en rapport avec la présence des mouches et des insectes sur les briques à base de bouse. Celui-ci m'a confié que : « *lorsqu'ils réalisaient les briques dans le village,* ***ils ajoutaient au mélange du sel qui permettait d'éloigner les bestioles.*** » Il m'a aussi dit que : «***la construction des maisons se faisaient généralement en saison sèche*** *et que* ***les briques réalisées étaient rapidement exposées au soleil qui stoppait la fermentation.*** *Donc on avait* ***moins de bestioles.*** »

MISE EN OEUVRE DES ELEMENTS ARCHITECTURAUX

1. Le mélange :

Le mélange des différents composants a été réalisé par malaxage en piétinant les différents éléments jusqu'à obtention d'un mélange homogène.

2. Le moulage :

Une fois le mélange obtenu, il ne reste qu'à insérer celui-ci dans les moules. Avant cela, du sable est versé sur les parois du moule afin d'éviter que le mélange ne se fixe sur les parois.

3. Le démoulage :

Une fois le moulage réalisé, le démoulage se fait grâce à un retrait sec du moule. Cela empêche la brique de subir des déformations liées au démoulage.

4. Le séchage :

Après le démoulage, les briques sont placées directement au soleil.

ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

MELANGE N°11: Fabrication d'une brique hourdis + d'une plaque d'isolation et de deux briques

Ce mélange a été réalisé selon les proportions qui sont utilisées pour la réalisation d'hourdis à l'usine. On retrouve dans le mélange les proportions suivantes : 7.5kg de bouse + 20kg de calcaire + 5 kg de typha + sel.

NB : Par mégarde de ma part, la brique a été réalisée non pas avec 5kg de typha mais avec 3.5 kg de typha. Cela n'a cependant pas eu d'impact sur l'aspect structurel de la brique car on retrouve dans la composition de la bouse de la paille qui elle contribue à l'apport végétal. Cette erreur peut donc être considérée comme intéressante car elle permet de prendre en compte la composition de la bouse de vache. Cette paille présente dans la bouse vient donc compléter le déficit de typha dans le mélange.

RESULTATS: On obtient avec ce mélange, de très beaux éléments architecturaux qui présentent une tenue parfaite avec des proportions qui sont celles du moule de fabrication présenté plus haut.

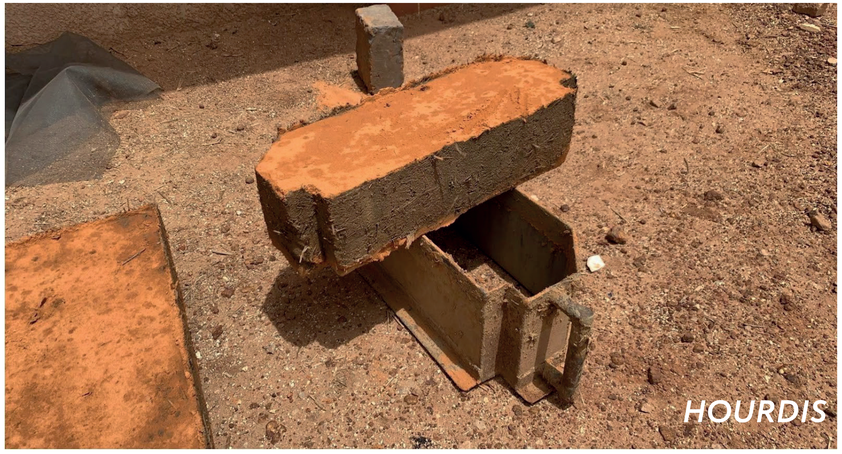
REMARQUES: On remarque que ces éléments ne sont pas attaqués par les bestioles et les mouches.

HOURDIS

HOURDIS

BRIQUES

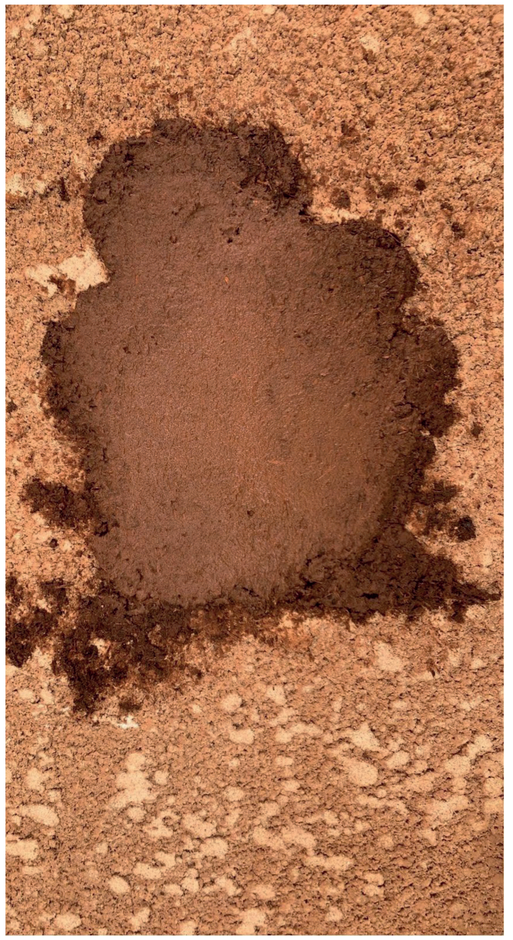
PLAQUE D'ISOLATION


HOURDIS

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

MELANGE N°12: Test d'enduit

Afin d'explorer au maximum le champ des possibles avec la bouse, j'ai eu à réaliser un enduit à base de bouse séchée (en poudre) dépourvue d'éléments végétaux et de latérite. J'ai ensuite enduit une partie d'un mur avec ce mélange. Voici ci-dessous, en photos, les résultats obtenus.



ONALE SUPERIEU
DOCUMENT SOU
RCHITE
AU DROIT
E NANTES

MELANGE N°13: PASTILLES D'ENDUIT

J'ai aussi eu à réaliser des pastilles à base de bouse afin de tester la possibilité d'usage de cette ressource en tant qu'enduit.

INCONVÉNIENTS: l'inconvénient de la bouse en tant qu'enduit est le fait que pour réaliser un enduit il faut que l'on ait de la poudre de bouse dépourvue de matières végétales. Ceci constitue un paramètre assez particulier tout simplement car la bouse de vache est un matériau qui comprend beaucoup de matière végétale en son sein telle que la paille.

ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
CE DOCUMENT EST SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

RETOUR APRES SECHAGE

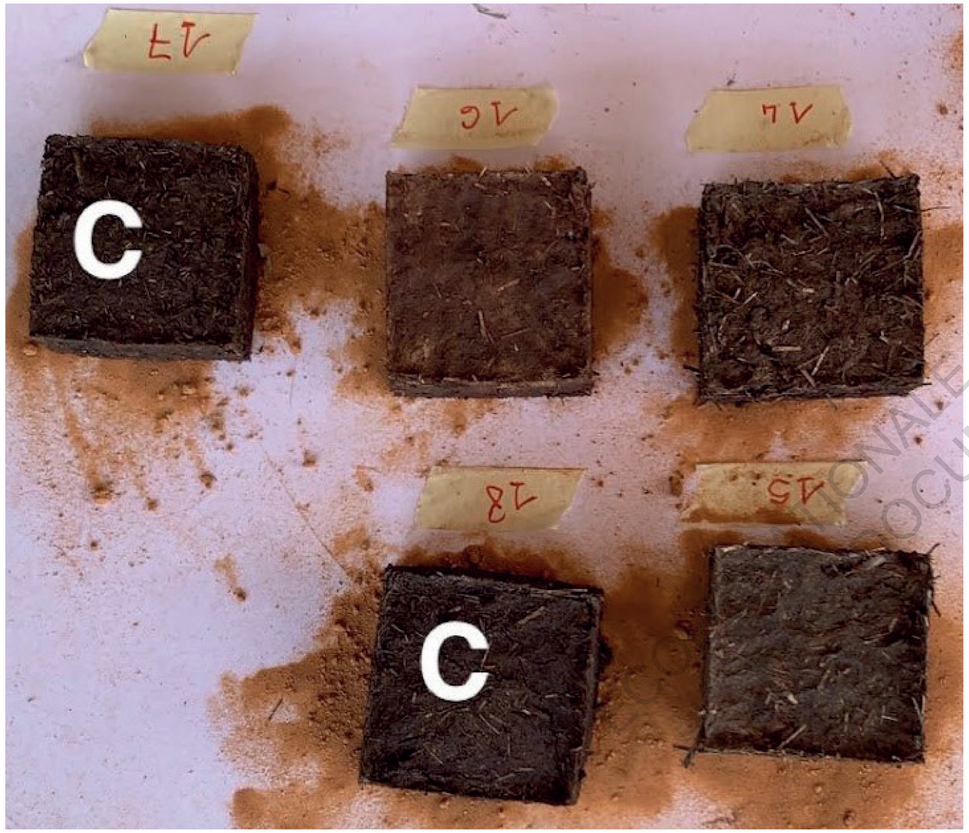
RETOUR APRES DEUX SEMAINES DE SECHAGE DES HOURDIS

Après deux semaines de séchage, on se rend compte que les hourdis et les briques de 20x30cm qui avaient été réalisées à base de bouse de vache, de calcaire, de typha et de sel tiennent parfaitement. Elles ont gardé leur forme initiale, donc elles n'ont pas gonflé.
Malheureusement la plaque d'isolation qui avait été réalisée s'est cassée suite à une mauvaise manipulation d'un ouvrier lorsque celui-ci tentait de ranger cette dernière suite à une forte pluie.

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

RETOUR APRES SECHAGE DE CERTAINES BRIQUES

On remarque après séchage, que certaines briques commencent à se fissurer, il s'agit notamment des briques numérotées (13), (17) et (18). Ces briques étaient des briques qui comprenaient un fort apport végétal. Cela permet de montrer que certaines les briques, malgré leur tenue immédiate après démoulage, ne tiennent pas dans le temps.



TIONALE SUPERIEURE D'AR
DOCUMENT SOUMIS AU DR

3. RETOUR GLOBAL SUR LE WORKSHOP

Notes explicatives à destination du lecteur :
Afin de faciliter la lecture des tests et des mélanges dans la suite du document, ces derniers porteront des chiffres comme expliqué précédemment. Voici donc ci-dessous les différentes correspondances :

(11) Bouse + argile
(12) Bouse + terre argileuse quelconque (latérite)
(13) Bouse + terre argileuse quelconque (latérite) + sable de dune
(14) Bouse + typha
(15) Bouse + typha + argile
(16) Bouse + typha + latérite
(17) Bouse + balles de riz
(18) Bouse + typha + balles de riz
(19) Brique hourdis
(20) Plaque d'isolation
(21) Briques à base de bouse fraîche

Une analyse globale des résultats de ce workshop permet d'en faire sortir plusieurs points essentiels. Tout d'abord :

1. LA QUESTION DES BESTIOLES ET DES MOUCHES:

Après les premières analyses comportementales de la bouse, on a pu observer une forte présence de mouches et de bestioles sur les briques faites essentiellement à base de bouse de vache. L'ajout successif à travers les différents tests: de calcaire, de typha, de balles de riz et de sel doublée d'une exposition au soleil, a permis de constater qu'avec ces composants on a une diminution plus que considérable des bestioles et des mouches.

2. LA QUESTION DE L'APPORT DE CHAQUE COMPOSANT DANS LA TENUE DE LA BRIQUE:

En effet, j'ai eu à remarquer que certains matériaux étaient la cause de certains comportements structurels particuliers.

- L'eau: l'excès d'apport d'eau dans le mélange entraîne une trop importante liquéfaction du mélange qui réduit la tenue de la brique. Donc plus il y a d'eau, plus la matière devient aqueuse et se déforme.

- La latérite: tous les tests réalisés montrent que l'ajout de latérite s'accompagne de l'apport d'une trop grande élasticité qui entraîne de grandes déformations de la brique (gonflement, affaissement)

- Le typha et les balles de riz: qui permettent l'absorption de l'excédent d'eau présent dans le mélange qui entraîne une tenue parfaite de la brique mais aussi un séchage rapide de la brique à cause de la présence de fibres. Ces composants rendent aussi la brique plus légère.

- L'argile: agit comme un liant et offre une meilleure tenue de la brique. Avec les bonnes proportions, elle constitue un parfait liant.

- Le calcaire: solidifie la brique et absorbe l'eau.

- Le sable de dune: il neutralise et permet à la brique de vite sécher car il absorbe l'excédent d'eau. Il permet par conséquent d'avoir une meilleure tenue de la brique.

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

RETOUR GLOBAL SUR LE WORKSHOP PAR RAPPORT AUX APPREHENSIONS SOULEVEES DANS LE QUESTIONNAIRE

Il est aussi important et intéressant de faire un bilan de ce workshop en rapport avec le questionnaire d'enquête. En effet, plusieurs appréhensions avaient été soulevées. Ces dernières se déclinent en trois principales catégories:

1- Les caractéristiques mécaniques (résistance, solidité, effritement)
2- la sensation (l'odeur)
3- l'utilisation (disponibilité, accessibilité, mise en oeuvre)

Grâce à ce workshop, on a pu noter que la résistance d'une brique de bouse de vache est liée principalement à l'état dans lequel se trouve la bouse (critères établis grâce aux tests «caricas») mais aussi aux composants complémentaires qui l'accompagnent .
En effet, on a pu se rendre compte à travers les différents tests réalisées que les briques faites essentiellement à base de bouse de vache sont plus sujettes à l'effritement et à la cassure. Par contre, une fois mélangée à d'autres composants tels que le calcaire, l'argile ou des éléments végétaux tels que le typha ou les balles de riz, ses propriétés mécaniques se voient renforcées.
Ces remarques sont utiles dans une éventuelle création d'un guide du bon constructeur de briques en bouse de vache.
Le renfort de la brique avec différents composants favorise la bonne tenue des éléments architecturaux lors de la mise en oeuvre car ils viennent compléter la faiblesse mécanique de la bouse de vache.

Il est cependant important de noter que la notion des proportions permet de trouver un équilibre parfait permettant alors à la brique de tenir et de répondre aux exigences d'une bonne brique de construction.

On a aussi pu se rendre compte qu'une fois la bouse séchée (exposition au soleil), la question de l'odeur devient minime car en effet, la bouse fraîche dégage plus d'odeur que la sèche. De ce fait, l'utilisation de la bouse séchée reste la plus intéressante non seulement car ayant été exposée au soleil elle perd son pouvoir attractif (donc moins de bestioles) mais aussi car ayant eu à travailler avec les deux états de bouse (sèche et fraîche) lors de mon workshop, on peut dire qu'il n'y a pas réellement d'impact engendrée par la nature de la bouse sur la qualité mécanique des éléménts architecturaux réalisés.

Au cours des tests, grâce à l'expérience de Pa Sidy (doyen de l'entreprise ayant vécu très longtemps au village), on s'est rendu compte que l'ajout d'une certaine quantité de sel dans le mélange permettait d'éloigner considérablement les insectes. Cela doublait des constats soulignés lors des tests nous pouvons considérer le calcaire, le typha, les balles de riz et le soleil comme des armes contre les bestioles et l'odeur (par le biais de l'arrêt de la décomposition dû à l'exposition au soleil).

La disponibilité et l'accessibilité de la matière est aussi un facteur que l'on explorera dans la suite du mémoire dans le chapitre Stratégie d'approvionnement.

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

4. LES PISTES QU'IL AURAIT ETE INTERESSANT D'EXPLORER

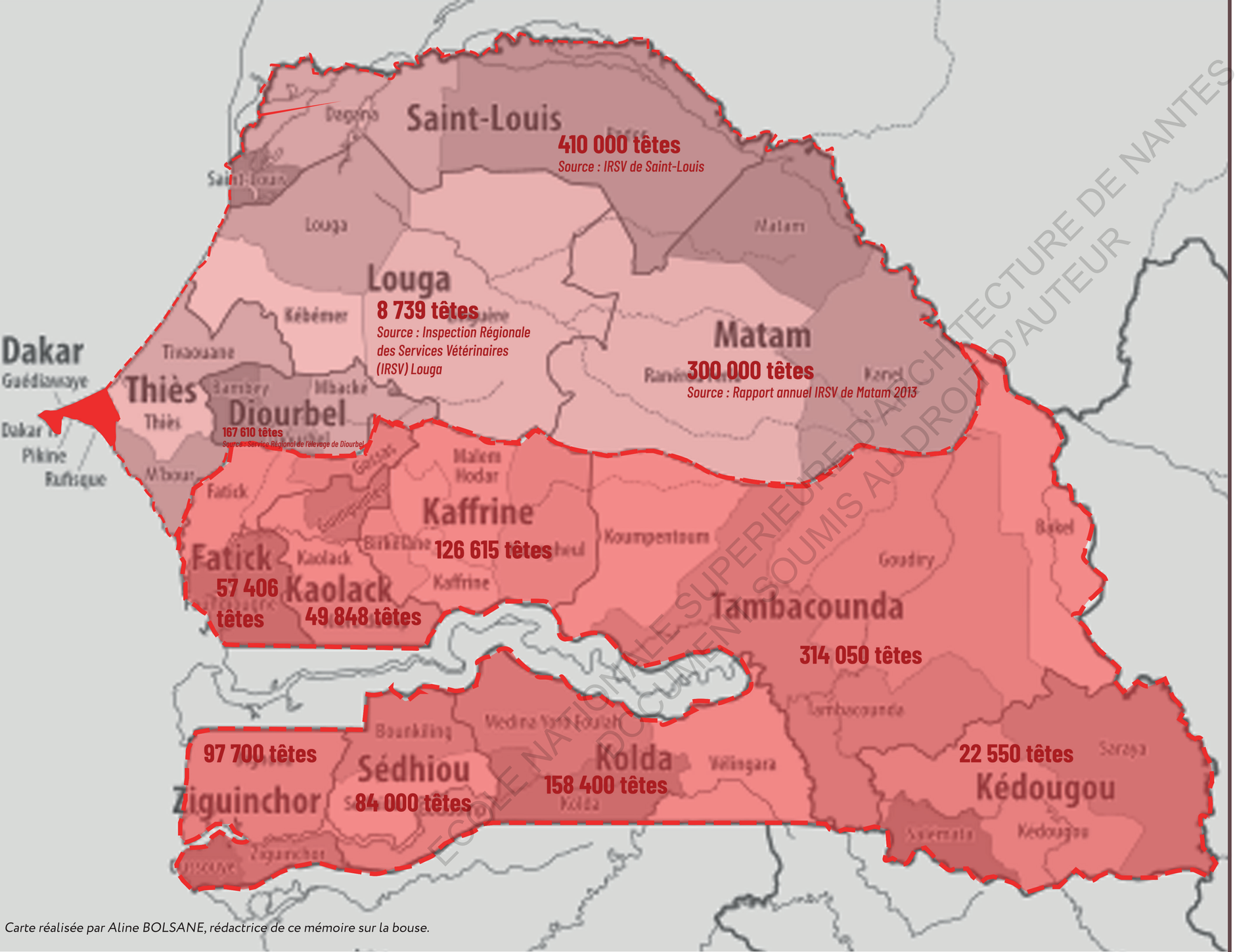
CE QUE J'AURAI AIMÉ FAIRE DE PLUS DURANT WORKSHOP

Réaliser ce workshop était pour moi une très grande chance pour mener à bien mon mémoire. J'étais à la base partie sur un programme bien défini avec une répartition des tâches quotidiennes. Cependant, une fois sur le site d'ELEMENTERRE je me suis rendue compte que je devais forcément retourner aux basiques tels que les tests "caricas" afin de mieux pouvoir appréhender ce matériau. Il me devait de comprendre son comportement avant de pouvoir envisager son utilisation en tant qu'éléments architecturaux.
Il y a aussi un grand facteur qui a influencé la périodicité de mon workshop. En effet, à la base il était prévu que celui-ci se déroule sur une période d'une semaine. Malheureusement en raison du fait que mon stage se déroule à la même période, je n'ai pu demander qu'une permission de 3 jours. De ce fait, je n'ai pas pu réaliser tout ce que j'aurais aimé réaliser.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMS AU DROIT D'AUTEUR

CE QUE J'AURAI AIMÉ FAIRE DE PLUS DURANT WORKSHOP

Après observation de la brique hourdis après séchage et la solidité qu'elle reflète, j'aurais aimé la soumettre à des tests de pression et de compression afin de comparer ces paramètres avec celle d'une brique hourdis en typha. Ces tests peuvent se faire au Centre de Formation en BTC de Diamniadio (CFBTP) qui se situe sur la route de Mbour.
Je trouve qu'il aurait aussi été intéressant d'interroger l'Institut de Recherches sur les techniques de construction situé à Bambey pour pouvoir voir s'il n'existe pas des études ou des recherches qui sont déjà menées sur la réutilisation des sous-produits de la vache afin de voir ce que j'aurais pu en tirer pour faire évoluer ma recherche.



Carte réalisée par Aline BOLSANE, rédactrice de ce mémoire sur la bouse.

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

IV

STRATEGIES D'APPROVISIONNEMENT

1. FONCTIONNEMENT DE L'ELEVAGE AU SENEGAL

L'élevage est un des sections les plus actifs au Sénégal. Un habitant sur trois s'y adonne d'une manière ou d'une autre, dans la quasi-totalité des écosystèmes du pays. L'élevage fournit environ le tiers de la richesse agricole nationale. Selon l'ISRA (Institut Sénégalais des Recherches Agricoles), le zonage des activités d'élevage est fractionné comme suit :

- **le système intensif péri urbain :**

On le retrouve dans la région de Dakar. Il compte pour moins de 1% du cheptel national et repose sur l'exploitation de troupeaux relativement réduits.

- **le pastoralisme :**

On le retrouve dans le Nord et à l'Est du pays et concerne 32% du cheptel bovin national. Les animaux sont conduits sur de grands espaces où ils exploitent des pâturages naturels (parcours naturels, herbacées et ligneux).
Cependant en période de soudure (période transitoire entre la saison sèche et le début de l'hivernage, où les pâturages se raréfient) le cheptel est nourri de granulés, de graines de coton, de résidus de cultures, de fanes d'arachide.
En se basant sur l'atlas de l'élevage au Sénégal rédigé par : Jean Daniel Cesaro, Géraud Magrin et Oliver Ninot, on peut noter que ce mode de fonctionnement occasionne des déplacements pendulaires du Sud du Ferlo vers le Nord du pays le Waalo, vallée du fleuve Sénégal).

Il faut noter aussi que depuis l'implantation des forages dans le Ferlo dans les années cinquante, la transhumance s'organise autour des forages d'eau du Ferlo et vers les autres régions comme le Sénégal oriental ou le bassin arachidier, pour des raisons à la fois écologiques et commerciales.

- **l'agropastoralisme :**

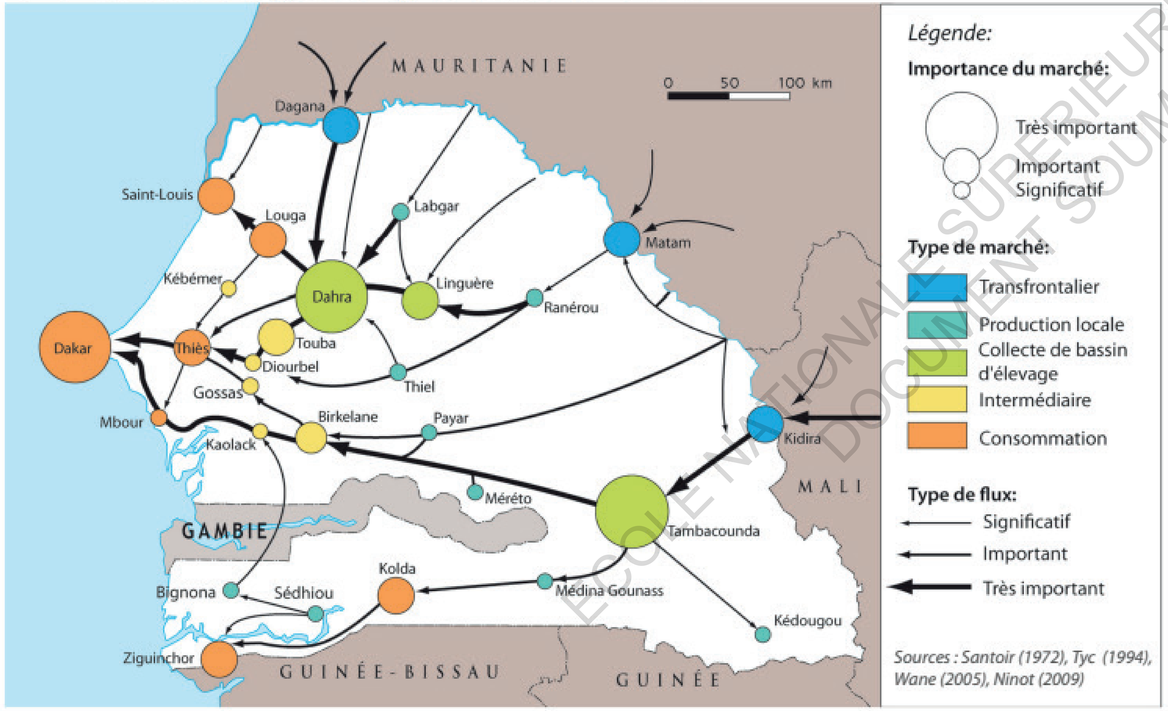
Elle s'adonne sur le reste du territoire sénégalais et concerne 67 % du cheptel bovin. Ce système est dominant dans les terres de la vallée du fleuve Sénégal au Nord, et du bassin arachidier au Sud du pays. Les animaux exploitent à la fois les résidus de cultures (fânes d'arachides, pailles de riz, de mil, graines de cotons...) et les pâturages naturels.

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

2. STRATEGIE D'APPROVISIONNEMENT TERRITORIALE

Afin d'imaginer l'utilisation de la bouse de vache comme matériau sur toute l'étendue du territoire, il est important de mettre en place un système d'approvisionnement territorial. Sachant qu'il existe différents types d'éleveurs (les nomades, les semi-nomades et les sédentaires), il est intéressant de comprendre le système de flux des bêtes mais aussi le système de commercialisation du cheptel. De nombreux points à travers le pays sont répertoriés par l'ISRA comme des points d'afflux du bétail en direction de la capitale sénégalaise. Cette stratégie commerciale se fait donc comme indiqué sur la carte suivante:

Flux et marchés de l'élevage au Sénégal: une structure en entonnoir



Toute cette présence bovine représente un potentiel exploitable. En effet, le Sénégal, pays religieux, s'adonne à beaucoup de pratiques culturo-religieuses telles :
- Le grand Magal de Touba
- Le Gamou de Tivaoune
- La Tamkharit
- La Tabaski ...

Hormis cela certaines zones du Sénégal sont connues pour la forte présence bovine. Il s'agit principalement de :
- La zone sylvo pastorale
- Les grandes bergeries
- Les villages peulhs tels que le Fouta, Linguère, Tambacounda, Kolda, Bambilor, Wayal Mbaam, Ngathieu Naoudé (à 22km de Kaolack en allant vers Tamba) ...

Ce potentiel pousse à imaginer une stratégie d'approvisionnement en prenant en compte les différents aspects de cette pratique. Force est de constater que le besoin d'approvisionnement engendre un flux du cheptel vers certaines zones du pays. En effet comme il est si bien notifié par Olivier Ninot dans l'atlas de l'élevage au Sénégal : *« A l'échelle du Sénégal, les circuits marchands convergent vers l'agglomération dakaroise (plus de 2 millions d'habitants), en s'arrêtant en chemin sur d'autres marchés de consommation importants que sont Saint-Louis, Touba, Kaolack ou Thiès.* ***La petite ville de Dahra est le principal marché de collecte et de redistribution du Sénégal,*** *drainant le vaste bassin de production du Nord. C'est par la route et le rail qui relient Dakar à la frontière malienne que sont acheminés les animaux du Sud, de l'Est, mais aussi du Mali et de Mauritanie...»*

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

Afin donc de récupérer le maximum de bouse sur l'étendue du territoire, l'idée serait non pas de chercher à sédentariser les pasteurs comme il a été proposé dans le projet de la GTZ à Windou Thiengoly, mais plutôt de profiter du flux lié à la commercialisation du bétail de manière à créer des points de récolte ponctuelle de la bouse dans le but de :

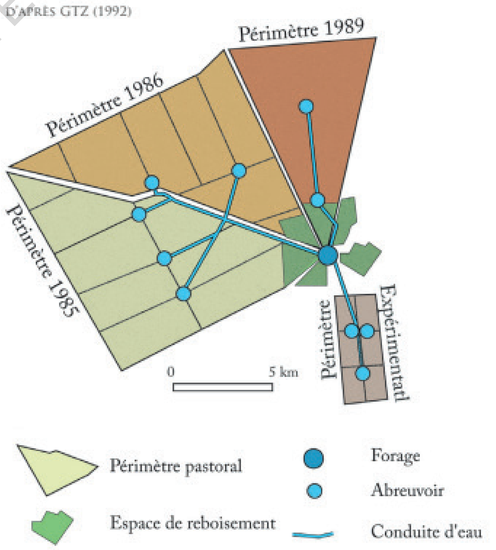
- songer à une fabrication de briques dans les différentes zones où se situent les points de récolte
- les acheminer vers la région de Dakar plus particulièrement dans les zones d'abattage contrôlée où seront installés des lieux de récupération de la bouse.

NB: Dahra qui est le point focal de tout ce flux sera considéré comme le plus grand point de collecte de bouse de vache et tout sera réacheminé si nécessaire depuis cette base.

REMARQUE: Profiter du flux commercial permet aussi de réduire les coûts liés au transport.

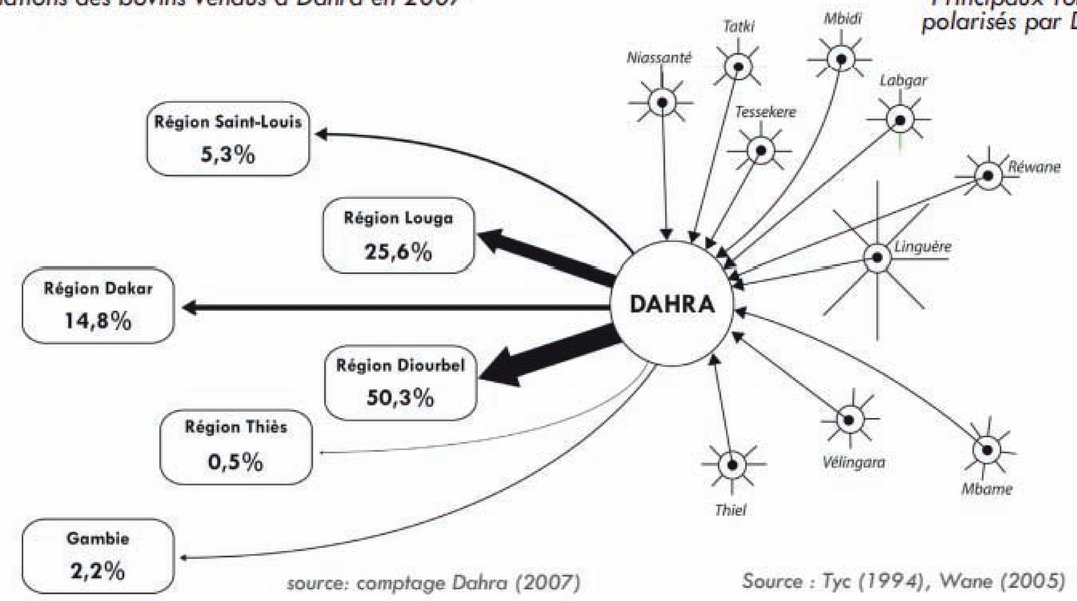
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Plan d'aménagement des périmètres pastoraux du projet sénégalo-allemand à Windou Thiengoly ①



Destinations des bovins vendus à Dahra en 2007

Principaux forages polarisés par Dahra

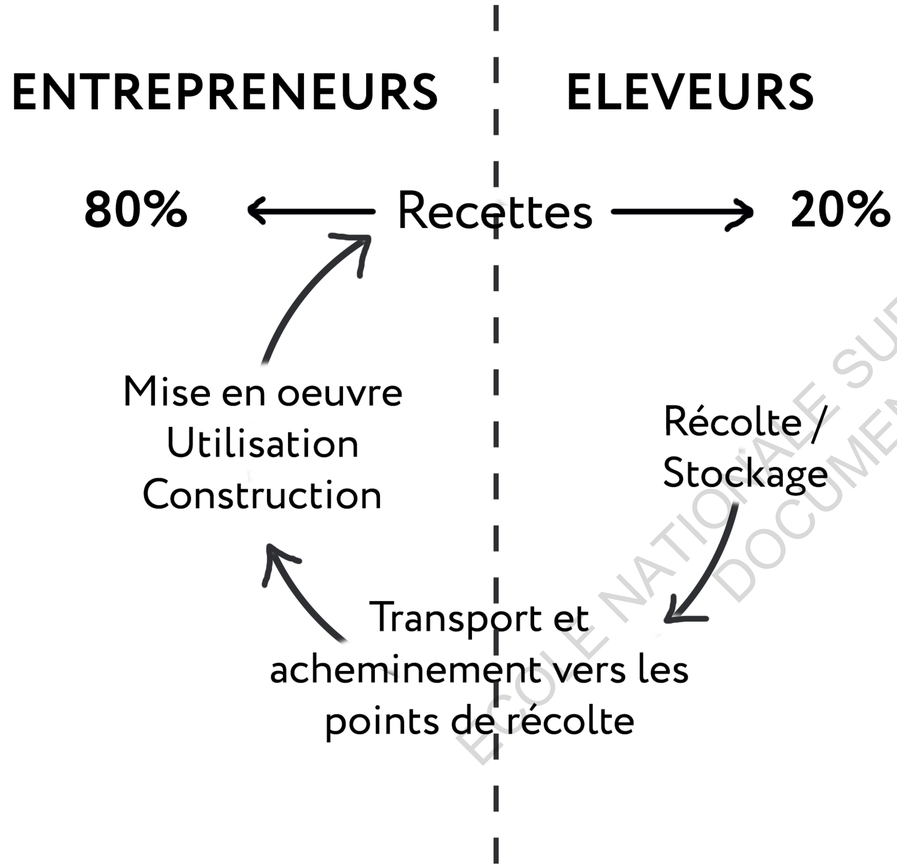


source: comptage Dahra (2007)

Source : Tyc (1994), Wane (2005)

3. REVENU FINANCIER DE CE TROC

Un partenariat financier sera aussi établi entre l'entreprise responsable de la collecte et les éleveurs. 20% des recettes reviendront aux éleveurs et les 80% restants reviendront à l'entreprise sachant que le transport de la bouse sera pris en charge par l'entreprise. Ce système fonctionnera donc suivant le principe suivant :



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

CONCLUSION

Et si notre sensibilité n'existait pas, quel aurait été la limite de notre imagination ?
Il est peut-être encore temps de se dissocier des théories, des concepts et des modèles de développement préétablis afin de s'ouvrir à de nouvelles stratégies basées sur un potentiel local dans le but de fabriquer nos villes de demain. Atteindre cet objectif nécessite, pour moi, une décolonisation de l'esprit qui demande de laisser libre court à son imagination.

Des excréments ? Qu'est ce qui réellement crée un frein ? Car comme le dit si bien Antoine Lavoisier : ***« Rien ne se perd, rien ne se crée, le tout se transforme... »*** Si, nous parvenions à déconstruire nos idées préconçues sur le rapport que l'on entretient avec les excréments de manière, non pas à les considérer comme le dit Locatelli : ***« comme une merde »*** mais comme un potentiel grandement exploitable, cela lancerait une nouvelle dichotomie entre la notion de développement et la question du devenir. Car, le temps est venu d'adopter de nouvelles attitudes constructives afin de fabriquer le futur de nos espaces urbains qui de nos jours se transforment de plus en plus en **'prison thermique'**. J'irai même jusqu'à dire qu'il est temps d'embrasser de nouvelles attitudes pour penser et concevoir autrement le devenir de nos villes africaines.

Dans cette même lancée, le principe d'utilisation de la bouse de vache en alternative constructive est un projet qui mérite d'être davantage explorer car même s'il présente des inconvénients, on recense aussi des avantages considérables tels que le coût de la construction, l'impact sur l'environnement, la disponibilité de la ressource. Malgré qu'on est pu observer lors des expérimentations que la bouse en elle-même ne constitue pas un matériau assez solide pour envisager le remplacement du béton, on peut souligner que son association avec des produits tels que le typha, les balles de riz, le calcaire,... montre des résultats très intéressants qui donnent l'envie de prolonger la recherche. Prolonger la recherche impliquerait aussi un élargissement du champ des investigations .

Cela voudrait dire expérimenter non pas seulement l'utilisation de la bouse de vache mais plus généralement l'utilisation d'excréments de bovins, de caprins et d'ovins qui constituent une ressource d'autant plus intéressante.

Ce que j'aurai aimé faire pour approfondir mes recherches sur ce sujet, aurait été d'avoir la chance de pouvoir tester la résistance à la compression et à la pression de la brique hourdis réalisée afin de pouvoir comparer ses caractéristiques à celle d'une hourdis en terre-typha et à celle d'une hourdis en béton. J'aurais aussi aimé réaliser ces tests sur une durée plus grande afin de pouvoir comparer sur du long terme les réactions des briques réalisées.

J'ai aujourd'hui tout à fait conscience qu'il sera dur de faire accepter l'habitat dans un espace conçu à base d'excréments. Cependant je suis convaincue que cela passe par de l'expérimentation physique, psychologique et sensorielle. Cela peut tout simplement passer par la visite d'une maison témoin construite en bouse de vache. L'aboutissement de cette idée pourrait être marqué par l'élaboration d'un guide du bon constructeur d'éléments en bouse de vache. Celui-ci permettrait d'enseigner ce savoir.

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

Ce mémoire sert de témoin pour montrer qu'il est temps de changer d'axe de réflexion car il est important de noter que le développement d'une ville ne passe pas par des envies de « progrès » mais plutôt par la compréhension des besoins des habitants de la ville. Car finalement, comme le dit Tiguidanké Keita dans son mémoire intitulé LA REINVENTION DE SOI DES VILLES DU SUD : ***« le processus de fabrication d'espaces de vies doit être guidé par deux choses ; l'usage et le besoin réel des habitants. »***

L'élaboration de mon mémoire m'a permis d'élargir mon champ de vision en tant qu'architecte. Car l'architecte est pour moi, le prévoyant qui a la capacité d'anticiper certains aspects de la vie de l'homme. Ainsi ce mémoire, m'a permis d'exprimer le fond de ma pensée en tant qu'architecte mais aussi de découvrir une filiale qui pourrait peut-être me mettre sur le chemin du doctorat.

Changer d'axe de réflexion c'est prouvé au monde qu'il n'existe pas une seule et même manière d'accéder au développement. Un développement qui un tant soit peu est censé refléter les réalités des populations et donc s'adapte aux besoins locaux.

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

MEDIAGRAPHIE

LES MODES ET MOYENS DE REUTILISATION DE LA BOUSE DE VACHE

. A TRAVERS LE MONDE

- Cows and Eco-construction, Anaadi-Foundation, ecology, April 6, 2020
http://www.anaadifoundation.org/blog/ecology/cows-and-eco-construction/

- M. Gast , « Bouse » , Encyclopédie berbère [En ligne], 10 I 1991, document B101, En ligne depuis le 01 juin 2013 , connexion le 04 Novembre 2021.
URL : http://journals.openedition.org/encyclopedieberbere/1802; DOI : https://doi.org/10.4000/encyclopedieberbere.1802

- JEAN-LOUIS CHALEARD, (1998). La société lobi (Nord-Est de la Côte d'Ivoire), mobilités et mutations agricoles. In : GUILLAUD DOMINIQUE (ED.), Seysset M. (ed.), WALTER ANNIE (ED.). Le voyage inachevé... à Joël Bonnemaison. Paris (FRA) ; Paris : ORSTOM ; PRODIG, p. 479-486. ISBN 2-7099-1424-7
https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers4/010017358.pdf

- LA BOUSE, Safari dans la bouse!, Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement du Tarn
http://www.cpie81.fr/la_bouse-179.html

A travers ces différents articles et ouvrages, on retrouve les différents modes de construction mais aussi les différents techniques de réutilisation de la bouse à travers le monde.
Ces documents sont intéressants car ils m'ont permis de mieux comprendre les utilisations de la bouse qui se faisaient dans le temps. Mais ils m'ont aussi permis de connaître les différentes vertus de cette dérivée de la digestion bovine qui justifiait sa réutilisation dans différents domaines.

. EN INDE

- MARIE CLAUDE MAHIAS, DU BON USAGE DE LA BOUSE ET DES FEMMES EN INDE DU NORD, HOMME, 1994, 131, pp. 57-75
https://www.persee.fr/doc/hom_0439-4216_1994_num_34_131_369777

- THE INDIAN EXPRESS-BOMBAY, L'Inde transforme la bouse de vache en peinture, Publié le 17/01/2021 -11:49
http://indianexpress.com/
https://www.courrierinternational.com/article/insolite-linde-transforme-la-bouse-de-vache-en-peinture

- Redazione, EcoFaeBrick : En Indonésie, les briques sont faites de fumier. Une start-up ambitieuse lance un projet révolutionnaire pour créer des briques de fumier 20 % plus légères mais 20 % plus solides, Bioarchitecture, 10 juin 2009
http://www.genitronsviluppo.com/2009/06/10/ecofaebrick-mattoni-letame-bioedilizia/

Ces articles sur la réutilisation de la bouse plus spécifiquement en Inde m'ont permis: de prendre connaissance de beaucoup de techniques de réutilisation similaire au reste du monde mais surtout, de prendre conscience des différentes initiatives qui ont été entreprises en Inde. Car, partant du fait que la vache soit l'un des animaux les plus sacrés de l'Inde, ses dérivées sont réexploitées dans différents domaines.
De nos jours, on observe une industrialisation de la bouse de vache sous différentes formes: peinture, plâtre, briques.

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

LA BOUSE DE VACHE

- Bouse - Définition et Explications. Techno-Science.net https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Bouse.html.

- Dry animal dung fuel - Alchetron, The Free Social Encyclopedia. Alchetron.com https://alchetron.com/Dry-animal-dung-fuel (2017).

- Mahias, M.-C. Du bon usage de la bouse et des femmes en Inde du Nord. Homme 34, 57–75 (1994).

- Bustler. EcoFaeBrick Wins Global Social Venture Competition with Cow Dung Bricks. Bustler https://bustler.net/news/871/ecofaebrick-wins-global-social-venture-competition-with-cow-dung-bricks.

- S. d'ethnozootechnie (France) A. du. Ethnozootechnie. Gallica https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k65608655 (2000).

- Insolite. L'Inde transforme la bouse de vache en peinture. Courrier international https://www.courrierinternational.com/article/insolite-linde-transforme-la-bouse-de-vache-en-peinture (2021).

- La Merdacotta ou l'art à base de bouse. Le Monde.fr [Internet]. 25 oct 2016 [cité 24 avr 2022]; Disponible sur: https://www.lemonde.fr/m-moyen-format/article/2016/10/25/la-merdacotta-ou-l-art-a-base-de-bouse_5020334_4497271.html

- Musée de la Merde: un cercle vertueux à partir des... excréments. LaRepubliqueDesPyrenees https://www.larepubliquedespyrenees.fr/societe/afp/insolite/musee-de-la-merde-un-cercle-vertueux-a-partir-des-excrements-4993366.php.

- Poo To The Rescue Once More: EcoFaeBrick. InventorSpot.com - http://inventorspot.com/articles/poo_rescue_once_more_ecofaebrick_27748.

- Quelle est la composition chimique de la bouse de vache ? https://fr.411answers.com/a/quelle-est-la-composition-chimique-de-la-bouse-de-vache.html.

LES EFFETS ET LES IMPACTS DES MODES DE CONSTRUCTION ACTUELS

- Christian, Le béton : le matériau le plus destructeur sur Terre, Buid Green, 11 Mars 2019
https://www.build-green.fr/le-beton-le-materiau-le-plus-destructeur-sur-terre/

- Dakar 1940-45, un enjeu stratégique mondial. Sénégal Online https://www.senegal-online.com/histoire/dakar-1940-45-un-enjeu-strategique-mondial/.

- 1.Lamotte. Dakar au début du XXème siècle : une ville coloniale marquée par la ségrégation - GeodakarGeodakar.
https://lewebpedagogique.com/geodakar/2019/08/20/dakar-en-1923-analyse-dune-carte-topographique/.

- En fotos: Bargny, el pueblo de Senegal que es tragado por el mar. LA NACION https://www.lanacion.com.ar/el-mundo/en-fotos-bargny-pueblo-senegal-es-tragado-nid2460124/ (2020).

- Rainbow, S. B. L'histoire de Dakar. Sénégal Black Rainbow https://www.senegalblackrainbow.org/2012/09/17/lhistoire-de-dakar/ (2012).

- CARRIERES DE NGOUDIANE DIACK La malédiction du basalte, cahiers_grep_carrières,16 pages,http://awsassets.panda.org/downloads/cahiers_grep_carrieres.pdf

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

Universalis, E. BÉTON. Encyclopædia Universalis https://www.universalis.fr/encyclopedie/beton/.

- Cimenterie au Sénégal : Quels impacts environnementaux et sociétaux ? Dunya-Ethic https://dunya-ethic.com/industrie-du-ciment-au-senegal-impacts-et-preconisations/ (2020).

- « Dans les bidonvilles, le parpaing de béton, lingot du pauvre, matérialise le droit à la ville ». Le Monde.fr (2021).

- Exploitation des carrières de basalte : Cette richesse qui tue Ngoundiane. Seneweb.com https://www.seneweb.com/news/societe/exploitation-des-carrieres-de-basalte-cette-richesse-qui-tue-ngoundiane_n_81249.html (2022).

-Lequotidien. Exploitation des carrières de Ngoundiane : Les fosses de l'enfer. Lequotidien - Journal d'information Générale https://lequotidien.sn/exploitation-des-carrieres-de-ngoundiane-les-fosses-de-lenfer/ (2017).

- FIN DES CARRIÈRES À NGOUNDIANE. SenePlus https://www.seneplus.com/societe/fin-des-carrieres-ngoundiane (2018).

- Pressafrik. https://www.pressafrik.com/Hausse-prix-du-Ciment-au-Senegal-le-Gouvernement-et-les-revendeurs-ralent_a229562.html.
Sénégal : la ruée vers le sable. https://www.francetvinfo.fr/monde/environnement/senegal-la-ruee-vers-le-sable_2473248.html.

- Armelle Choplin, Matière grise de l'urbain: le ciment, révélateur de la fabrique de la ville en Afrique Clara Loïzzo, 254 pages

Cet article montre l'impact négatif qu'exerce le béton sur la Terre sur le long terme. En effet, le béton amplifie les perturbations climatiques, il menace la biodiversité et participe par la même occasion au réchauffement climatique. Cet article surligne la nécessité de trouver de nouvelles manières de construire plus soucieuses de l'environnement.

LA MISE EN AVANT DE L'ARCHITECTURE AFRICAINE

- Andrew Thompson, Pourquoi le génie de l'architecture traditionnelle n'est pas apprécié, CULTURE TRIP, 20 Février 2018
https://theculturetrip.com/africa/south-africa/articles/why-the-genius-of-traditional-south-african-architecture-isnt-appreciated/

- African Vernacular Architecture Data Base, http://www.africavernaculararchitecture.com/

- Guy-Hermann Padenou et Monique Barrué-Pastor, ARCHITECTURE, SOCIETE ET PAYSAGE BETAMARIBE AU TOGO, Université de Toulouse Le Mirail, PRESSES UNIVERSITAIRES DU MIRAIL, 2006

- CISSE Abdoulaye, Quelle perception de l'architecture traditionnelle africaine aux yeux de la nouvelle génération?, Terra LYON, 2016, CRAterre, ISBN
979-10- 96446-12-4
https://craterre.hypotheses.org/files/2018/05/Terra-2016_Th-5_Art-185_Cisse.pdf
- Pays Bassari Paysages Culturels Bassari, Peul et Bédik, Proposition d'inscription sur la Liste du patrimoine mondial, Commission nationale du Sénégal pour l'UNESCO, Janvier 2011
https://whc.unesco.org/uploads/nominations/1407.pdf

- Chaléard, J. L. La société lobi (Nord-Est de la Côte d'Ivoire), mobilités et mutations agricoles. p.7.

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

- Mulumba J.B. Kamuanga, Jacques Somda, Yacouba Sanon, Hamade Kagoné, Élevage et marché régional au Sahel et en Afrique de l'Ouest Potentialités et défis, Etude réalisée dans le cadre du partenariat entre la Commission de la CEDEAO et le Secrétariat du CSAO/OCDE sur l'avenir de l'élevage au Sahel et en Afrique de l'Ouest, 75775 Paris Cedex 16, France, Club du Sahel et de l'Afrique de l'Ouest/OCDE, 2008
https://www.oecd.org/fr/csao/publications/40279092.pdf

Ces articles et ouvrages parlent de la beauté de l'architecture traditionnelle africaine, des différents modes de construction typiques selon les pays et de la diversité de moyens de construire tous respectueux de l'environnement.
Ces documents ont été très intéressants pour moi car ils m'ont offerts un champ d'exemples de modes de construction qui constituer des alternatives constructives au béton.

RECHERCHES DE DONNEES FACTUELLES SUR LES POPULATIONS ANIMALES

- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, POTENTIEL COMPETITIF DE L'ELEVAGE PAR SOUS-REGION ET PAR PAYS
https://www.fao.org/3/y4675f/y4675f0a.htm

- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, ACTUALISATION DES ETUDES NATIONALES/SENEGAL
https://www.fao.org/3/s7980f/S7980F04.htm

- SITUATION ECONOMIQUE ET SOCIALE REGIONALE 2013, AGENCE NATIONALE DE LA STATISTIQUE ET DE LA DEMOGRAPHIE, Avril 2015
https://www.ansd.sn/ressources/ses/chapitres/9-elevage-matam2013.pdf

- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Tableau V: Éléments de la production laitière en Afrique (Données 1991/92),
https://www.fao.org/3/v4870f/v4870f06.htm

Ces données établies par l' Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, m'ont permis de rédiger les prémices de mon mémoire sur la base de données fiables .

ELEVAGE

- Cesaro, J.-D., Magrin, G. & Ninot, O. Atlas de l'élevage au Sénégal. Commerce et territoires. (2010).

- L'ELEVAGE CONTRIBUE POUR 29,1 % A LA FORMATION DU SECTEUR PRIMAIRE. SenePlus https://www.seneplus.com/article/l%E2%80%99elevage-contribue-pour-291-la-formation-du-secteur-primaire (2015).

- Les types d'élevages et leur répartition au Sénégal. https://123dok.net/article/les-types-%C3%A9levages-et-leur-r%C3%A9partition-au-s%C3%A9n%C3%A9gal.y4wr3vvr.

- Sénégal : porté par l'élevage, le secteur primaire enregistre une hausse de 9,3%. La Tribune https://afrique.latribune.fr/entreprises/agriculture/2019-05-13/senegal-porte-par-l-elevage-le-secteur-primaire-enregistre-une-hausse-de-9-3-816885.html.

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

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