



Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering

Fondation ZIE

CARACTERISATION PHYSIQUE ET MECANIQUE DE LA LATERITE DE KOUBRI

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU MASTER EN
INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT
OPTION : GENIE CIVIL**

Présenté et soutenu publiquement le 13 juin 2011 par

BINTOU MOCTAR ALI

Encadré par

M. Raffaele VINAÏ chef de l'UTER Infrastructure et Sciences des Matériaux

M. Abdou LAWANE enseignant en Génie Civil

Promotion [2010/2011]

REMERCIEMENTS

Au terme de ce projet de fin de cycle de Master, j'adresse mes sincères remerciements à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la rédaction de ce mémoire, particulièrement :

- Nos encadreurs, **M. Raffaele VINAÏ** et **M. Abdou LAWANE**
- Monsieur **Ismaïla GUEYE**
- Madame **Mariam Sou**
- Au personnel du laboratoire GENIE CIVIL du ZiE à Kamboinsin, **M. Salif KABORE** et **M. KOKOLE Koffi**
- A tout les étudiants du ZiE pour leur soutien moral

DEDICACES

A

- Mes parents **MAHAMAT MOCTAR ALI** et **ZARA ALIFA ZEZERTI**
- Mes frères et sœurs, particulièrement **ZARA MOCTAR ALI**

Pour leur soutien moral, financier.

Qu'ALLAH les comble de sa bénédiction et les aide à apprécier le résultat de leurs concertations.

RESUME

Cette étude présente les travaux de recherche menés sur les Blocs de Latérite Taillées (BLT) utilisés dans la construction des bâtiments au Burkina Faso. Ces blocs sont extraits dans une des carrières du département de Koubri à une vingtaine de kilomètres à l'Ouest de Ouagadougou.

L'étude a été menée au Laboratoire d'Eco-Matériaux de Construction (LEMC) du ZiE à Kamboinsin et a pour objectif de déterminer les caractéristiques physico-mécaniques des BLT et de valoriser son utilisation dans la construction des bâtiments.

Les essais de caractérisation physiques ont permis d'obtenir un poids spécifique moyen de $31,38 \text{ kN/m}^3$, un poids volumique moyen de $21,63 \text{ kN/m}^3$, une porosité moyenne de 31,08% et un indice des vides moyen de 0,45%.

Les essais mécaniques concernent la résistance à la compression monoaxiale et la flexion trois points. La résistance à la compression varie selon les dimensions des blocs, sa valeur est comprise entre 0,77 et 1,17 MPa et la valeur moyenne de la flexion trois point est de 0,90 MPa.

La presse de compression équipée d'un comparateur a permis de tracer les courbes contraintes-déformations des Blocs et d'estimer le module de Young du matériau entre 39,36 et 63,53 MPa.

Après la réalisation des essais de caractérisations physiques et mécaniques, nous pouvons donc affirmer que les BLT de Koubri sont utilisables dans la construction des bâtiments à faible charges, les murs de clôtures et les latrines.

MOTS-CLES : Latérite, Bloc de latérite taillés (BLT), matériaux locaux, caractérisation physiques, caractérisations mécaniques.

ABSTRACT

This survey presents the works of research led on Blocks of Laterite carved (BLT) used in the construction of buildings in the Burkina Faso. These blocks are extracted in one of quarry of the department of Koubri to about twenty kilometers to the west of Ouagadougou.

The survey has been led to the Laboratory of Construction Eco - materials (LEMC) of the ZiE to Kamboinsin and has for objective to determine the characteristic physico-mechanical of the BLT and to valorize its use in the construction of buildings.

Tests of characterization physical allowed us to obtain a middle specific gravity of $31,38 \text{ kN/ms}^3$, a unit weight middle of $21,63 \text{ kN/m}^3$, a middle porosity of 31,08% and an void ratio middle of 0,45%.

The mechanical tests concern the compressive strength and bending three point. The compressive strength varies according to measurements of blocks, her value is included between 0,77 and 1,17 MPa and the middle value of bending three point is 0,90 MPa.

The press of compressive equipped of a comparator permitted to draw stress-deformation curves of Blocks and to estimate the Young's modulus the material between 39,36 and 63,53 MPa.

After the realization of the physical and mechanical characterization tests, we can affirm therefore that the BLTS of Koubri are usable in the construction of buildings to weak loads, walls of fences.

WORDS - KEY: Laterite, Blocks of Laterite carved (BLT), local materials, characterization physiques, mechanical characterizations.

TABLE DES MATIERES

I.	INTRODUCTION GENERALE	4
II.	RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE	6
II.1.	Présentation de la zone d'étude	6
II.2.	Définition et historique	7
II.3.	Les Blocs de Latérite Taillées (BLT).....	9
II.3.1.	Matériels utilisés	10
II.3.2.	Technique et procédé adopté pour l'extraction des blocs	10
II.3.3.	Les construction en BLT	11
III.	MATERIELS ET METHODES	13
III.1.	Caractérisations physiques du BLT	13
III.1.1.	Poids spécifiques et masses volumiques	13
III.1.2.	Compacité, porosité et indice des vides	16
III.1.3.	Coefficient d'absorption	17
III.1.4.	Teneur en eau	18
III.1.5.	Essai au bleu de méthylène (VBS)	19
III.2.	Caractérisations mécaniques du BLT	22
III.2.1.	Essai de compression.....	22
III.2.2.	Essai de flexion	24
IV.	RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	26
IV.1.	Caractérisations physiques du BLT.....	26
IV.2.	Caractérisations mécaniques du BLT	30
V.	CONCLUSION ET PERSPECTIVES	36
VI.	REFERENCES.....	38
VII.	ANNEXES.....	40

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: construction en BLT dans les régions de Burkina Faso.....	11
Tableau 2 : Détermination du poids spécifique	26
Tableau 3: Compacité, Porosité et Indice des vides	27
Tableau 4: valeur de teneur en eau (naturel et saturé)	29
Tableau 5: Propriétés physiques résultats des essais	29
Tableau 6: Résistance à la compression des blocs de 18,5 x18 x13.....	30
Tableau 7: Résistance à la compression des blocs de 19 x19 x13.....	31
Tableau 8 : Résistance à la compression des blocs de 20 x19 x14.....	32
Tableau 9 : Résistance à la compression des blocs de 20 x20 x14.....	32
Tableau 10 : Moyenne de la résistance à la compression des blocs	33
Tableau 11: Contrainte maximale des blocs due à la flexion	34

LISTE DES FIGURES

Figure 1: localisation de la zone d'étude	7
Figure 2: les Blocs Latéritiques Taillées.....	10
Figure 3 : Une habitation en BLT dans le département de Koubri.....	12
Figure 4 : Pycnomètre à air.....	13
Figure 5 : bêche (échantillon +paraffine)	15
Figure 6 : peson digital (essai d'absorption).....	17
Figure 7 : Agitateur +bêche (essai de bleu de méthylène)	21
Figure 8 : Les Blocs Latéritiques Taillées enduit de mortier.....	22
Figure 9: Test de la résistance à la compression.....	24
Figure 10: Essai de flexion	25
Figure 11 : Courbe de coefficient d'absorption pondérale en fonction de la racine carrée du temps.....	28
Figure 12 : Courbe de coefficient d'absorption volumique en fonction de la racine carrée du temps.....	28
Figure 13 : Une courbe contrainte déformation.....	30
Figure 14 : Graphique des résistances des blocs de 18,5 x18 x13.....	31
Figure 15 : Graphique des résistances des blocs de 19 x19 x13.....	31
Figure 16 : Graphique des résistances des blocs de 20 x19 x14.....	32
Figure 17 : Graphique des résistances des blocs de 20 x20 x14.....	33
Figure 18: Graphique de la moyenne des résistances des BLT de Koubri	33
Figure 19: Courbe des résistances en fonction des volumes des blocs.....	34

I. INTRODUCTION GENERALE

Dans la zone intertropicale et plus spécifiquement dans les pays en voie de développement comme le Burkina Faso, le recours aux matériaux locaux dans la construction des routes et des bâtiments a été toujours envisagé par les populations rurales et même citadines depuis la colonisation. Compte tenu des qualités souvent non maîtrisées, son utilisation a connue une régression considérable laissant place aux matériaux importés de qualités maîtrisées tel que le ciment. Cependant ces matériaux importés pèsent énormément sur la balance économique de ces pays.

Pour pallier les problèmes économiques, il est judicieux de valoriser l'utilisation des matériaux locaux dans la construction des bâtiments individuels ou publics. Ce choix se justifie par sa disponibilité en grande quantité et son faible coût d'exploitation dans le pays d'étude.

Actuellement le projet sur la caractérisation des matériaux latéritiques pour une meilleure utilisation en Afrique s'inscrit dans le cadre du développement de la recherche au sein du Laboratoire d'Eco-Matériaux de Construction (LEMC) du ZiE. Le LEMC a pour mission de contribuer au développement durable en matière de construction civiles, à travers la conception, la caractérisation, au développement des éco-matériaux, à la création des technologies de construction innovantes et respectueuses de l'environnement.

L'objectif est de contribuer au développement de l'utilisation des latérites dans le secteur de la construction de bâtiments, des ouvrages hydrauliques, de l'assainissement et de la voirie.

Les connaissances actuelles sur le matériau latérite en tant que matériau de construction sont encore insuffisantes, il apparaît nécessaire de réaliser divers essais de caractérisation. C'est dans ce cadre que l'étude de « **Caractérisation physique et mécanique de la latérite de Koubri** » a été proposée. Le but est de contribuer à déterminer des relations entre les caractéristiques physiques des BLT et leur comportement mécanique, principalement la valorisation des matériaux locaux et leur utilisation en tant que matériaux de construction.

Les objectifs spécifiques sont la détermination des différents paramètres physiques du matériau, les paramètres mécaniques tels que la résistance à la compression, la résistance à la flexion et le module d'élasticité.

Le présent document est subdivisé en quatre parties :

La première constitue l'introduction générale du projet. Cette partie présente les généralités, les problématiques, les objectifs et le plan du document.

La deuxième partie présente la recherche bibliographique menée au début de ce projet. Elle concerne :

- ✓ La présentation de la zone d'étude,
- ✓ La définition et l'historique de la latérite et de son utilisation
- ✓ les techniques d'extraction des blocs en donnant quelque exemple de constructions en BLT
- ✓ les recherches actuelles sur les latérites

La troisième partie fait une description détaillée de la méthodologie et du matériel utilisés. Cette partie réalisée au laboratoire, qui décrit les essais et matériels utilisés pour déterminer les propriétés physiques (absorption, teneur en eau, poids spécifique et masse volumique, compacité, porosité, indice de vide, bleu de méthylène) et les propriétés mécaniques (compression monoaxiale et flexion 3 points)

La quatrième partie présente les résultats et discussions des différents essais. La question est de savoir si les BLT de Koubri ont une résistance suffisante dans la construction des bâtiments ?

Enfin la conclusion, nous permettra de proposer une solution au problème posé et d'apporter les recommandations.

II. RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

II.1. Présentation de la zone d'étude

Le site du projet est placé dans la localité de Koubri limité au Nord par la Région de Plateau Centrale, au Sud-est par la Région du Centre Sud et à l'Ouest par les départements de Saaba, Ouagadougou, Koumsilga. Du point de vue administratif, Koubri appartient à la province de Kadiogo.

Koubri est l'un de 6 départements de Kadiogo. Selon le DECRET N°2005-/PRES/PM/MATD, portant répertoire des villages administratifs et des secteurs de communes du Burkina Faso. Le département de Koubri a été subdivisé en 24 villages ou Secteurs selon l'arrêté daté du 1er décembre 2005.

Située dans la zone dite soudano-sahélienne, le département de Koubri se caractérise par un climat tropical possédant deux (2) saisons principales :

- la saison pluvieuse s'étend de mai à octobre, est marquée par des vents humides de la mousson
- la saison sèche assez longue qui va d'octobre à mai, est dominée par les vents d'harmattan.

Les hauteurs d'eau les plus importantes sont s'enregistrées en juillet et août de chaque année. Durant la grande saison sèche, la région enregistre d'importantes suspensions de poussière dues à l'harmattan durant la période de décembre à février (ARISTE, Décembre 2009).

La carte ci-dessous nous montre la province de Kadiogo, précisément le département de Koubri.

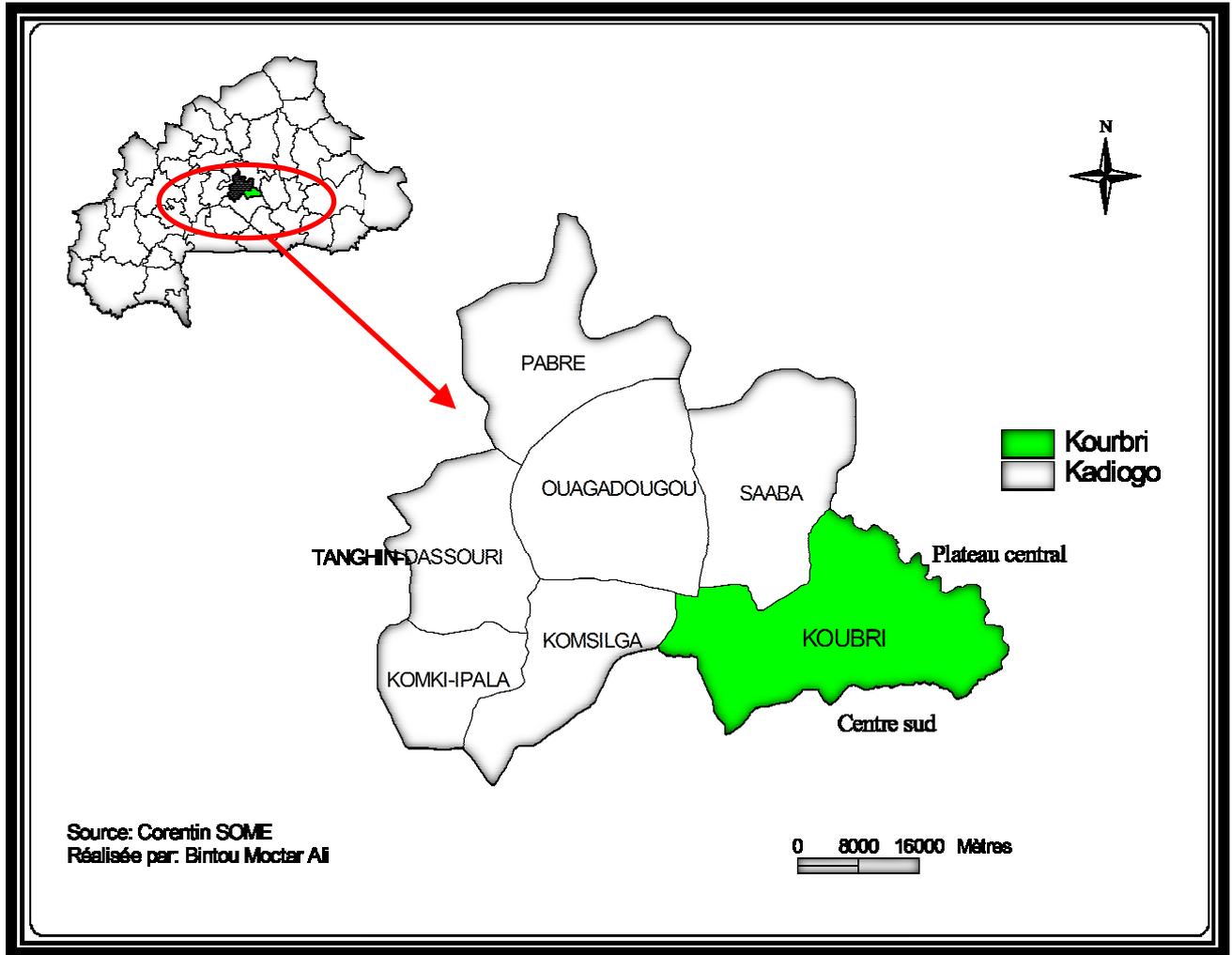


Figure 1: localisation de la zone d'étude

II.2. Définition et historique

Les latérites sont les sols rouges qui résultent de la décomposition des roches. Elles sont répandues excessivement dans les zones tropicales et subtropicales et couvrent 33% du continents (Idrissa, 1993). Ces sols durement dégradés qu'on décèle en faible profondeur sont riche en oxydes de fer et d'aluminium. Leur fermeté va du gravier jusqu'au roche. Les sols latéritiques sont maigres, lessive et appauvris en éléments nutritifs fertilisant. La présence d'argile est marquée par l'augmentation du taux d'altération chimique (YAYA, 2010).

En se basant sur le compte rendu des recherches sur les latérites de R. MAIGNIEN. Le mot "latérite" a été proposé par BUCHANAN (1807) pour dénommer un matériau, servant à la construction et exploité à l'intérieur des zones montagneuses de Malabar (Indes). Ce matériau montre la perspective d'un sédiment ferruginisé, à morphologie vésiculaire. Lorsqu'il est frais, la latérite peut être decoupée régulièrement sans difficulté grâce aux outils tranchants. Exposé à

l'air, il durcit rapidement. Dans les dialectes locaux ces formations sont dénomées "terre à brique". Le nom "latérite" n'est donc que la traduction latine d'une terminologie vernaculaire. Latérite a pour racine "later" qui signifie brique en latin, ceci exclusivement par référence à l'usage de ces blocs (PRESCOTT et PENDLETON 1952).

Après plusieurs recherches la définition a été contre versée selon les physiciens, géologues, chimistes, agronomes, etc... En 1936, PENDLETON réagit fortement contre les définitions chimiques pour revenir au concept original de BUCHANAN "Une latérite est un sol qui possède dans son profil un horizon de latérite ; c'est-à-dire un horizon induré ou en voie d'induration". Un sol latéritique est un sol qui possède un horizon de latérite peu exprimé mais capable de se transformer en véritable latérite si les conditions de formation persistent suffisamment longtemps. (PENDLETON et SHARASUVANA 1946) (MAIGNIEN, 8 juin 1964)

En résumé, seule l'induration est une caractéristique spécifique de la latérite puisque les autres données peuvent être retrouvées dans d'autres sols ou matériaux argileux

Les recherches actuelles sur les latérites nous ont permis d'améliorer ce projet. «L'étude géologique et géomécanique des latérites de Dano (Burkina Faso) pour une utilisation dans l'habitat», cette étude est soutenue par l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et d'Environnement (ZiE) et son laboratoire de recherche LEMC. Elle présente les résultats d'études géologiques et géomécaniques sur les latérites du Burkina Faso précisément à Dano. Les propriétés physico-mécaniques ont été étudiées pour démontrer ainsi la potentialité de ce matériau pour des constructions légères.

Le stage sur l'analyse des propriétés et des caractéristiques des latérites dans la construction a été effectué par les étudiants de l'Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Poitiers (ENSI Poitiers) à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et d'Environnement (ZiE). Ce stage concerne l'élaboration et la mise en place de plusieurs types de tests en laboratoire. Ce qui permet de faire un discernement sur les caractéristiques physiques et mécaniques des latérites afin de les classer en différentes catégories. Cela permet de décider de la viabilité de leur utilisation pour la construction de bâtiments de tout type. Ces tests relèvent principalement des essais physiques et des essais mécaniques des BLT sur des carrières à Ouagadougou et à Koubri. On s'intéresse beaucoup plus sur les résultats de la carrière de Koubri.

Dans les régions côtières de l'ouest de l'Inde, l'abondance de latérite a été utilisée pour la construction de structures permanentes, qui comprend des monuments comme des temples, des églises et des bâtiments résidentiels. L'étude menée dans la région de Malabar du Kerala sur les pierres de construction en latérite extrait de quatre (4) grandes carrières de la région a été effectuée sur une base scientifique. La résistance à la compression des blocs de latérite a été évaluée selon la spécification standard indienne pour la maçonnerie en pierre de latérite.

La résistance à la compression est l'une des propriétés les plus importantes, ce qui est souvent utilisées pour évaluer la qualité des matériaux de maçonnerie. L'étude sur les latérites indien examine la contribution apportée à l'évaluation de la résistance sur les matériaux de construction. Les valeurs de la résistance de bloc de latérite varient selon la taille des échantillons et de la géométrie. l'étude suggère de déterminer la résistance du latérite sur des blocs de taille standard comme dans le cas de briques et de parpaings.

Les résultats des propriétés physiques et mécaniques des BLT de la carrière de Dano, de Koubri et des bloc de latérite indien ont été comparés avec nos valeurs dans la partie résultat et discussion.

II.3. Les Blocs de Latérite Taillées (BLT)

Les BLT sont des latérites compacté et durci à une faible profondeur pendant plusieurs années. C'est une roche poreuse taillée en bloc rectangulaire ou carré dont les performances varient selon sa carrière et sa position d'extraction.

Elles présentent une coloration rouge, parfois marron à cause de la présence des oxydes des fers. Les BLT sont considérés comme des roches tendres et se cassent facilement à cause de leurs taux élevés d'argile.



Figure 2: les Blocs Latéritiques Taillées

II.3.1. Matériels utilisés

- Pelles
- Pioches pointue
- Pioches aplatie
- Bâtons en bois
- Coupe-coupe

II.3.2. Technique et procédé adopté pour l'extraction des blocs

La technique adoptée pour l'extraction des BLT à Koubri est la technique traditionnelle, cette technique a pour procédure de :

- Décaper la couche végétale à une profondeur d'environ 30 cm selon les carrières pour rechercher les couches exploitables (Hassanati, 2010)
- Tracer les mailles au sol selon les dimensions de blocs
- A l'aide de pioche, on creuse suivant les traces des mailles
- Extraire les blocs, Les dimensions et la forme dépend des ouvriers

La technique traditionnelle a des inconvénients sur la santé des ouvriers causés par la poussière du matériau, les dimensions des blocs sont irrégulières et la perte des matériaux est élevée.

Grâce à leur résistance à la compression et à l'humidité, les BLT sont parfaits comme matériel pour les fondations et soubassements (Dah, 02.2003). Les matériels cités ci-dessus suffisent pour produire les blocs, c'est un matériau de construction à faible résistance qui permet la réalisation des édifices aux murs apparents et aussi une épargne du matériel pour le revêtement des murs.

L'utilisation de la latérite dans la construction présente des avantages tant au niveau économique que social. Ce matériau est reconnu pour sa durabilité, son confort thermique et son harmonie avec le paysage sahélien.

De nos jours, les BLT sont utilisés dans les Travaux Publics pour la consolidation des rebords des routes, des barrages et surtout dans la construction de bâtiments, de routes, etc (NARE, Octobre 2005).

II.3.3. Les constructions en BLT

Il est question de ressortir ici quelques constructions en BLT dans certaines régions du Burkina Faso. Les ouvrages conçus en BLT font l'objet d'esthétique dans la construction. Le tableau ci-dessous regroupe certaines constructions en BLT (voir annexe 1).

Lieu	Construction
Nonoro, province du Boulkiemdé	Complexe scolaire
Fada N'Gourma, province du Gourma	Maison d'habitation
Sapala, Province du Nayala	Bâtiment Construit pour les enseignants de l'école primaire
Ouagadougou -kamboinsin	Talus stabilisé en bloc latéritique
Koubri	Latrine
Dano	Maisons d'habitation
Koubri	Maison d'habitation
Ouaga 2000	Villa en BLT

Tableau 1: construction en BLT dans les régions de Burkina Faso

Dans le département de Koubri, les BLT servent dans la construction de plusieurs ouvrages, tels que les bâtiments, les murs de soutènement. La structure porteuse telle que poutres et poteaux de certains bâtiments sont en béton armé et Le mur de remplissage en BLT. Les dimensions des blocs varient selon la construction et la position d'extraction. Par contre à Ouaga 2000, les BLT de différentes carrières ont servi dans la construction des structures porteuses d'une villa. A Ouagadougou, les BLT sont utilisés plus dans la construction des murs de clôture, aussi dans la réalisation des ouvrages hydrauliques et la stabilisation des talus des routes (Voir annexes1 page V à VII).



Figure 3 : Une habitation en BLT dans le département de Koubri

III. MATERIELS ET METHODES

III.1. Caractérisations physiques du BLT

III.1.1. Poids spécifiques et masses volumiques

➤ Poids spécifiques

Le poids spécifique est le poids par unité de volume, noté γ_s , exprimé en kN/m^3 . Le poids spécifique est réalisé selon la norme EN 1097-7 à l'aide de pycnomètre à air.

Matériel

- Balance
- Pycnomètre à air
- consommable utilisés :
 - Eau distillée
 - Echantillon

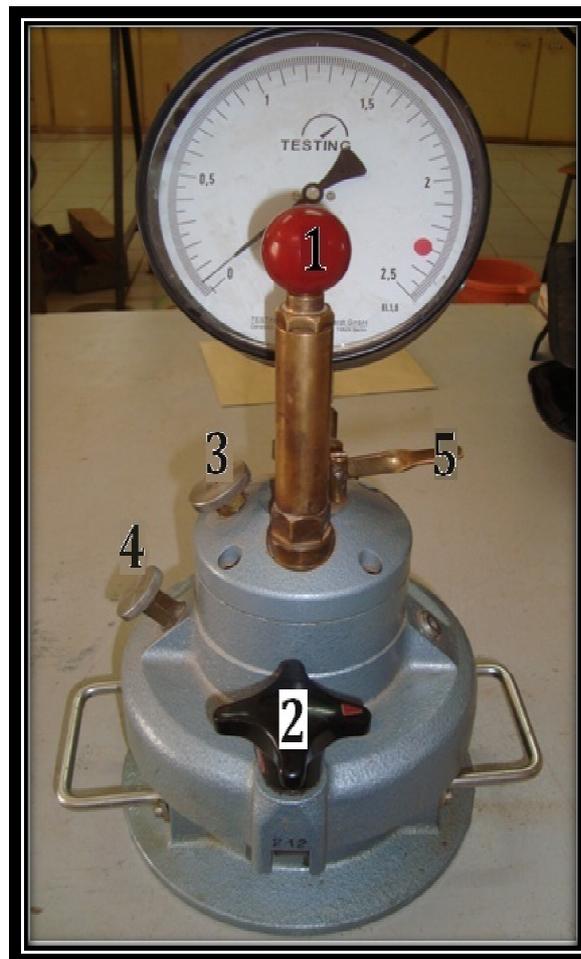


Figure 4 : Pycnomètre à air

Conduite de l'essai

- Ecraser les échantillons et peser
- Mettre dans la cuve ensuite ajouter l'eau distillée
- Fermer le pycnomètre à air
- Faire une rotation de 90° et visser le N°2 indiqué sur la figure ci-dessus
- Bloquer les vis N°3 et N°4
- Dévisser le N°1, exercer une force jusqu'à dépasser le point rouge
- Ouvrir légèrement le N°3 pour ramener l'aiguille sur le point rouge et fermer une fois sur le point
- Appuyer le N°5 plusieurs fois pour que l'aiguille s'arrête sur une seule valeur
- Une fois noter la valeur lue sur le manomètre, on ouvre les vis N°3 et N°4 pour dégager l'air qui est dans le pycnomètre
- On reprend l'opération 3fois avec la même procédure

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_{lu} - V_{eau}}$$

$$V_{lu} = \left(\frac{\bar{P}' - 4,4174}{\bar{P}' - 1} \right) \cdot 1214,7465$$

γ_s : Poids spécifique (kN/m³)

W_s : Masse d'échantillon (g)

V_{lu} : Volume du matériau dans la cuve (cm³)

\bar{P}' : Moyenne des pressions relevées sur le manomètre (mWs)

V_{eau} : Volume d'eau distillé ajouté sur l'échantillon (cm³)

➤ **Masses volumiques**

La masse volumique est le rapport de la masse de l'échantillon par unité de volume notée par la lettre grecque rho ρ exprimée en kg/m³

Matériel

- Plaque chauffante
- Balance
- Bêcher

- consommable utilisés :
 - Bougie
 - 12 échantillons
 - Eau distillée

Conduite de l'essai

L'essai a été effectué sur 12 échantillons de masse différente

- Peser l'échantillon
- Fondre la paraffine
- Plonger l'échantillon dans la paraffine
- Peser l'échantillon enrobé de paraffine
- Mettre de l'eau distillée dans le bêcher et plonger l'échantillon enrobé de paraffine

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Après avoir obtenu la masse volumique on multiplie par $9,81 \text{ m/s}^2$ pour avoir le poids volumique qui s'exprime en kN/m^3 .

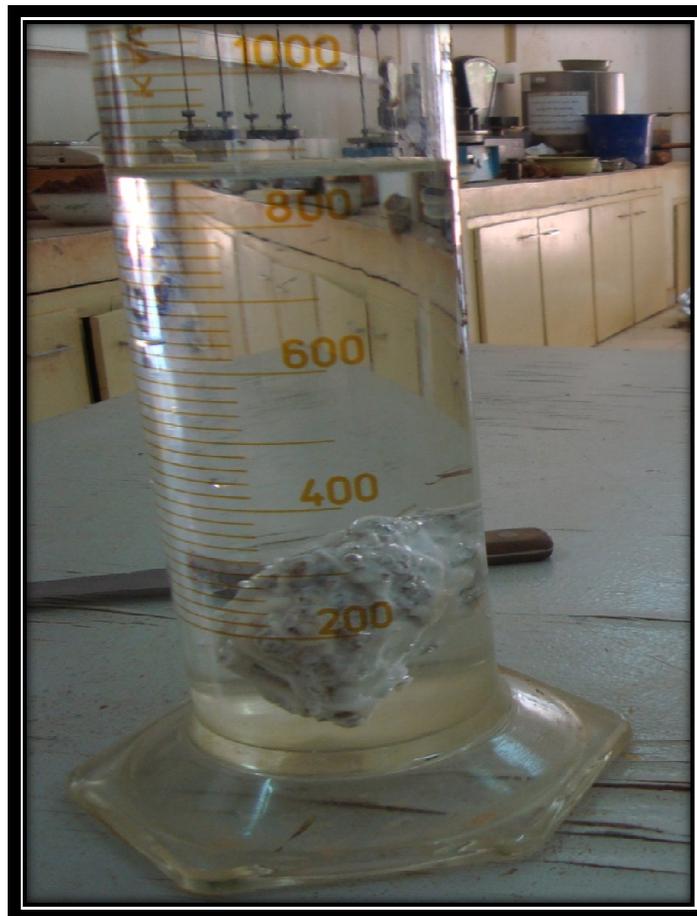


Figure 5 : bêcher (échantillon +paraffine)

III.1.2. Compacité, porosité et indice des vides

➤ porosité

La porosité est le rapport du volume des vides au volume total.

$$p = \frac{\text{volume des vides}}{\text{volume total}}$$

On peut aussi définir la porosité comme le volume de vide par unité de volume apparent.

➤ Compacité

La compacité est le rapport du volume des pleins au volume total. Ou volume des pleins par unité de volume apparent.

$$c = \frac{\text{volume des pleins}}{\text{volume total}}$$

La porosité et la compacité sont souvent exprimées en %. La somme des deux est alors égale à 100%.

La porosité et la compacité sont liées par la relation : $p + c = 1$

$$\text{En effet : } p + c = \frac{\text{volume vide}}{\text{volume total}} + \frac{\text{volume plein}}{\text{volume total}} = \frac{\text{volume plein}}{\text{volume plein}} = 1$$

Connaissant les poids volumiques γ et les poids spécifiques γ_s des échantillons, il est aisé de calculer leurs compacités et leurs porosités.

$$\text{D'où } c\% = 100 \cdot \frac{\gamma}{\gamma_s}; \quad p\% = 100 \cdot \left(1 - \frac{\gamma}{\gamma_s}\right)$$

➤ Indice de vide

L'indice de vide sera déterminé sur la base de la connaissance de la porosité et de la compacité grâce à la relation suivante : $e = \frac{p}{1-p} = \frac{p}{c}$

III.1.3. Coefficient d'absorption

Le coefficient d'absorption est défini comme le rapport de l'augmentation de la masse de l'échantillon après imbibition par l'eau, à la masse sèche de l'échantillon. L'eau peut pénétrer dans la plupart des vides interstitiels du matériau. Si la porosité du matériau est importante, le coefficient d'absorption est plus grand, mais il est toujours inférieur à la porosité du matériau.

Le coefficient d'absorption est déterminé selon la norme NF EN 14617-1 sur 4 blocs de dimensions variantes.



Figure 6 : peson digital (essai d'absorption)

Matériels

- Sauts
- Balance peson digital
- Barre à mine
- Étuve
- Chronomètre

- consommables utilisés :
 - 4 blocs
 - Eau

Conduite de l'essai

- Mettre à l'étuve de 105° pendant 24h
- Peser la masse (M_s) du bloc après passage à l'étuve grâce au peson digital
- Mesurer les dimensions (longueur, largeur, hauteur) du bloc à l'aide de la règle graduée en mm
- immerger les blocs dans l'eau
- Amener les blocs sur la balance gravitaire et relever la masse (M_a) du bloc humide à 30s ensuite 1, 2, 4, 6, 8, 10, 20, 40, 60, 180, 240 min après toute les 1440 min jusqu'à 5760min soit 96heurs
- Continuer l'opération jusqu'à la saturation
- Une fois la saturation atteint on détermine la masse d'eau absorbée par les blocs à chaque temps (t)

Le coefficient d'absorption est déterminé de deux manières :

- le coefficient d'absorption pondérale noté H_p calculé suivant la masse du bloc
- le coefficient d'absorption volumique noté H_v calculé suivant le volume apparent du bloc.

$$H_p (\%) = \frac{M_a - M_s}{M_s} \cdot 100$$

$$H_v (\%) = \frac{M_a - M_s}{V} \cdot 100$$

M_s : masse de l'échantillon sec après passage à l'étuve

M_a : masse de l'échantillon imbibé

V : volume apparent du bloc

H_v : coefficient d'absorption volumique

H_p : coefficient d'absorption pondérale

III.1.4. Teneur en eau

La teneur en eau d'un matériau est le rapport du poids d'eau contenu dans ce matériau au poids du même matériau sec. On peut aussi définir la teneur en eau comme le poids d'eau W contenu par unité de poids de matériau sec. La teneur en eau est déterminée suivant la norme NF P 94-050 par la relation suivante.

$$W = \frac{P_h - P_s}{P_s}$$

W : Teneur en eau (%)

P_s : Masse d'échantillon sec

P_h : Masse d'échantillon humide

L'essai a été effectué sur 4 échantillons de bloc de latérite taillée à teneur en eau naturel et 4 échantillons saturés.

W est exprimé en % : $W\% = 100 \frac{P_h - P_s}{P_s}$

Matériels

- Balance
- Etuve
- consommable utilisés :
 - 8 échantillons
 - Eau

Conduite de l'essai

- Peser la masse (P_h) des 4 échantillons à teneur en eau naturel puis passage à l'étuve de 105° pendant 24,
- Immerger les 4 échantillons dans l'eau pendant 24h. A cet instant précis tout le vide est rempli d'eau c'est-à-dire les échantillons sont saturés.
- Peser la masse (P_h) des 4 échantillons saturés et les passés à l'étuve de 105° pendant 24,
- Peser la masse (P_s) des 8 échantillons après passage à l'étuve pendant 24h.

La teneur en eau est déterminée après l'obtention de la masse des échantillons par la relation donnée ci-haut.

III.1.5. Essai au bleu de méthylène (VBS)

La valeur de bleu VBS d'un sol est la quantité en gramme de bleu de méthylène adsorbée pour 100 g de la fraction 0/D mm du sol étudié.

Le bleu de méthylène étant absorbé préférentiellement par les argiles, les matières organiques et les hydroxydes de fer, cette capacité rend compte globalement de l'activité de surface de ces éléments. La valeur de bleu de méthylène d'un sol constitue un paramètre d'identification qui mesure donc globalement la qualité et l'activité de la fraction argileuse contenue dans un sol ou un matériau rocheux. C'est l'un des paramètres d'identification sur

lequel s'appuie la classification des sols d'écrite dans la norme NF P 11-300 (et GTR) (KOKOLE, 2008-2009).

L'essai consiste à mesurer par dosage la quantité de bleu de méthylène pouvant s'absorber sur la prise d'essai. La valeur de bleu du sol est directement liée à la surface spécifique des particules constituant le sol. Cette valeur est avant tout régie par l'importance et l'activité des minéraux argileux présents dans la fraction fine du sol.

Le dosage s'effectue en ajoutant successivement différentes quantités de bleu de méthylène et en contrôlant l'adsorption après chaque ajout. Pour cela, on prélève une goutte de la suspension que l'en dépose sur un papier filtre, ce qui provoque la création d'une tache. L'adsorption maximale est atteinte lorsqu'une auréole bleu clair persistante se produit à la périphérie de la tache.

Matériel

- Une burette,
- une tige de verre,
- un agitateur à ailettes à vitesses variables pouvant atteindre 700tr/min,
- Une balance,
- un chronomètre,
- un tamis avec des ouvertures de 5 mm,
- un bécher d'une capacité d'environ 1l à 2l,
- une fiole d'une capacité de 1l,
- consommable utilisés :
 - bleu de méthylène de qualité médicale
 - 500ml d'eau distillé
 - Un papier-filtre
 - 60g d'échantillon

Conduite de l'essai

- Concasser et tamiser
- Peser l'échantillon
- Mettre l'eau dans le bécher et placer sous l'agitateur
- Verser l'échantillon dans le bécher et mettre l'agitateur à 700tours/min pendant 5min

- Ajouter 5ml de la solution de bleu en mettant l'agitateur à 400tours/min
- Au bout de 1min procéder à l'essai de la tache sur le papier filtre de la manière suivante :



Figure 7 : Agitateur +bêcher (essai de bleu de méthylène)

- Prélever à l'aide de la tige en verre une goutte de suspension et la déposer sur le papier filtre. La tache ainsi formée se compose d'un dépôt central de matériau coloré bleu sombre entouré d'une zone humide incolore
- Procéder à des injections successive par pas de 5ml de solution de bleu jusqu'à ce qu'apparaisse une auréole bleu clair dans la zone humide périphérique de la tache, l'essai est dit alors positif. A partir de ce moment, laisser se poursuivre l'absorption du bleu et effectuer des essais, de minute en minute sans ajout de solution.

- Si l'auréole bleu clair disparaît avant la cinquième minute, procéder à de nouvelles injections de bleu avec des pas de 2,5ml, car à ce stade de l'essai la suspension est en voie de saturation.
- Chaque addition est suivie d'essais effectués de minute en minute. Ces opérations sont renouvelées jusqu'à ce que l'essai devienne positif pendant cinq minutes consécutives. Le dosage est alors terminé et l'on détermine le volume total de la solution de bleu utilisé pour atteindre l'absorption total.

III.2. Caractérisations mécaniques du BLT

III.2.1. Essai de compression

L'essai consiste à déterminer la résistance du bloc latéritique en exerçant une charge sur la surface du bloc. Etant donné que la surface de contact n'est pas lisse, on a revêtu de mortier la surface du bloc. Pour que l'essai soit représentatif, nous avons fait l'essai sur 20 blocs de dimensions différentes.



Figure 8 : Les Blocs Latéritiques Taillées enduit de mortier

Matériels

- Balance de 30kg max et 2,5kg min
- Comparateur de 0,01 mm
- Règle gradué en mm
- Le portique universel ou presse traction-compression d'une capacité de 160kN
- consommable utilisés :
 - 20 blocs
 - Eau
 - Sable
 - Ciment

Conduite de l'essai

- Peser les blocs
- Mesurer la longueur, largeur et la hauteur avec la règle graduée en mm
- Enrober les surfaces de contact des blocs avec des mortiers
- Centrer les blocs sur le portique
- Exercer une force des pas de 5kN avec le levier
- Lire la charge sur l'écran du portique et la déformation vertical sur le comparateur
- Continuer l'opération jusqu'à la rupture du bloc

L'essai de compression monoaxiale a été réalisé selon la norme NF EN 14617 -15 sur les 20blocs grâce à la presse 4jours après enrobage des surfaces de contact.

Une fois que les blocs atteignent la rupture, on passe à la détermination de la contrainte de chaque bloc. La contrainte est égale à la charge appliquée sur le bloc divisée par la section de ce dernier.

$$\sigma = \frac{10 \times F}{S} \quad \sigma : \text{Contrainte (MPa)}; F : \text{force (kN)}; S : \text{section du bloc (cm}^2\text{)}.$$



Figure 9: Test de la résistance à la compression

Le déplacement vertical lu sur le comparateur et la contrainte calculé grâce à la formule ci-dessus nous permet de tracer la courbe contrainte – déformation. La partie linéaire qui traduit le domaine élastique est représentée par la pente de la partie droite de la courbe.

Le module de Young est déterminé par la relation suivant:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \Rightarrow E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

E : module de Young (MPa); σ : contrainte (MPa); ε : déformation

III.2.2. Essai de flexion

L'essai de flexion 3 points est réalisé selon la norme NF EN 12372, à l'aide de la même presse que le test de la résistance à la compression monoaxiale. La rupture est effectuée sous charge concentrée de la presse munie d'un dispositif à trois rouleaux. Le dispositif de flexion comporte deux appuis à rouleau de 10 mm de diamètre, sur lesquels repose le bloc.

Après avoir pesé et mesurer la longueur, largeur et hauteur des blocs, l'essai de flexion 3 points a été fait sur 3 blocs de même dimension (20 x19 x7) cm. Le bloc est placé sur les deux appuis à rouleau de la presse (voir figure 9) pour que la force puisse s'appliquer au milieu du

bloc. A l'aide du comparateur placé verticalement sur le bloc, le déplacement est relevé au fur et à mesure qu'on exerce la force sur le bloc jusqu'à la rupture.

La contrainte maximale de traction due à la flexion est déterminée selon la norme d'essai mécanique NF P15-451 (MILLOGO, 2008) grâce à l'équation suivante.

$$\sigma_f = \frac{3Fl}{2bh^2} \quad \sigma_f : \text{Contrainte maximale de traction (MPa)}$$

F : force axiale de rupture (kN)

l : longueur entre les deux appuis (cm)

b et h : dimension des blocs (cm)

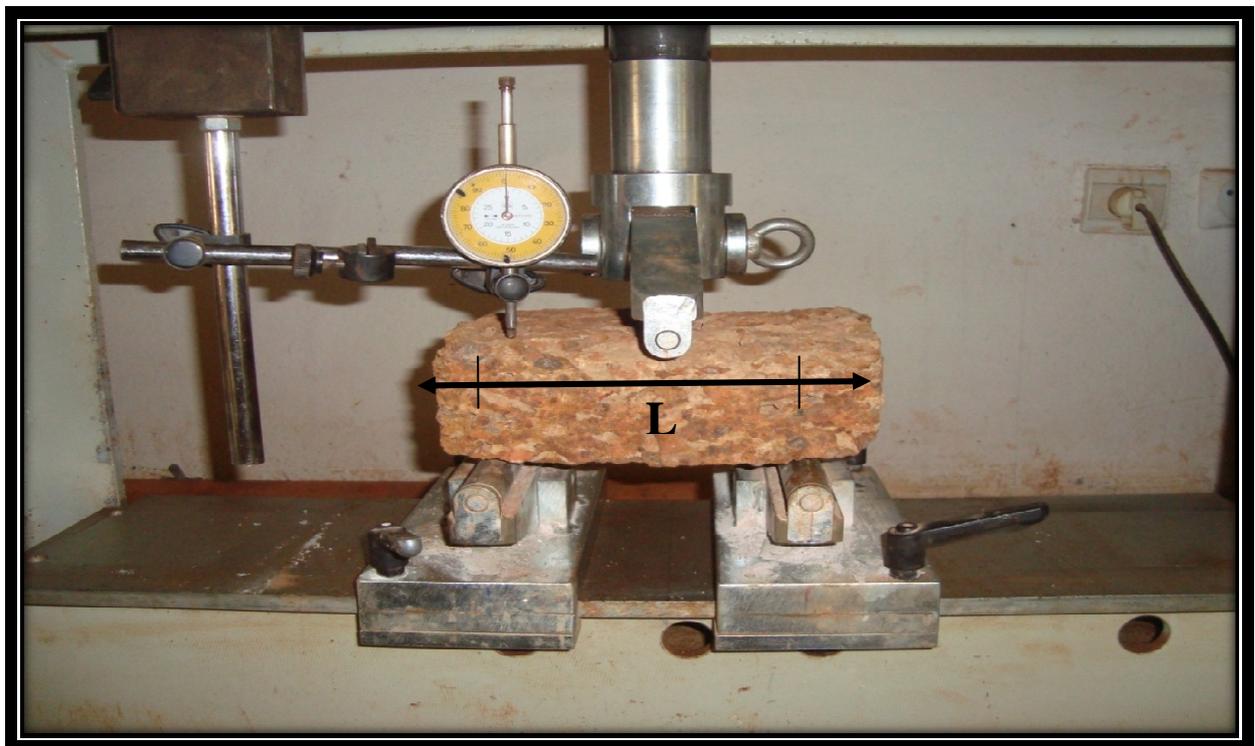


Figure 10: Essai de flexion

IV. RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV.1. Caractérisations physiques du BLT

Les valeurs moyennes des propriétés physiques des BLT de Koubri sont récapitulées dans le tableau 5.

Poids Spécifique γ_s au pycnomètre à air

Echantillon	masse matériaux sec mis dans la cuve (g)	Volume d'eau distillé ajouté (cm ³)	Pression finale (P') cuve échantillon + chambres (mWs)				Valeur Vlu (cm ³)	γ_s (kN/m ³)
			1er essai	2ième essai	3ième essai	\bar{P}' moyenne (mWs)		
1	1017,80	373,50	9,55	8,20	9,15	8,97	693,67	31,79
2	915,30	323,40	7,90	8,00	8,20	8,03	624,52	30,40
3	823,00	321,90	7,60	7,50	7,50	7,53	579,35	31,97
MOYENNE						8,18	632,51	31,38

Tableau 2 : Détermination du poids spécifique

Après les calculs, on aboutit à une valeur de poids spécifique moyen de 31,38kN/m³ qui est supérieur à 26,5kN/m³ valeur moyenne des minéraux constituants des latérites. Cette supériorité s'explique par la proportion élevée des oxydes de fer observée dans la composition minéralogique (Millogo & al, 2008) des latérites de Koubri. Le poids spécifique moyen (31,9 kN/m³) des BLT de Dano est très élevé à la valeur moyenne des minéraux, par contre celles obtenu par les stagiaires de Poitiers est inférieure au résultat obtenu sur les latérites au Burkina Faso. Le poids spécifique moyen de Koubri Saint Paul est 24,85 kN/m³ et de Koubri barrage est de 24,59 kN/m³.

POROSITE, COMPACITE, INDICE DES VIDES

échantillons	γ (poids volumique) (KN/m ³)	γ_s (poids spécifique) (KN/m ³)	porosité (en %)	compacité (en %)	indice des vides
1	22,59	31,38	28,02	71,98	0,39
2	22,43	31,38	28,53	71,47	0,40
3	20,10	31,38	35,96	64,04	0,56
4	20,56	31,38	34,49	65,51	0,53
5	21,56	31,38	31,30	68,70	0,46
6	22,07	31,38	29,68	70,32	0,42
7	23,41	31,38	25,41	74,59	0,34
8	20,16	31,38	35,76	64,24	0,56
9	20,28	31,38	35,38	64,62	0,55
10	21,64	31,38	31,05	68,95	0,45
11	21,78	31,38	30,60	69,40	0,44
12	22,98	31,38	26,78	73,22	0,37
moyenne	21,63	31,38	31,08	68,92	0,45

Tableau 3: Compacité, Porosité et Indice des vides

Le poids volumique des échantillons est obtenu grâce à la masse volumique de 12 échantillons exercés par la méthode de la paraffine. Les valeur du poids volumique des 12 échantillons et la moyenne du poids spécifique ont permis de déterminer la porosité moyenne de 31,08% et l'indice des vides moyen de 0,45 %. Les valeurs de Koubri sont dans le même ordre de grandeur que les BLT de Dano avec une porosité moyenne de 29,9% et l'indice de vide moyen de 0,43%. Les études précédentes sur les BLT de Koubri barrage ont donnés des résultats incohérents ; Les résultats de Koubri Saint Paul ont donnés un poids volumique moyen de 23,21 kN/m³, une porosité moyenne de 7,15% et un indice de vide moyen de 0,065%.

La courbe ci-dessous montre l'évolution de l'absorption de l'eau par les blocs. Le test est effectué sur 4 blocs de dimensions différentes.

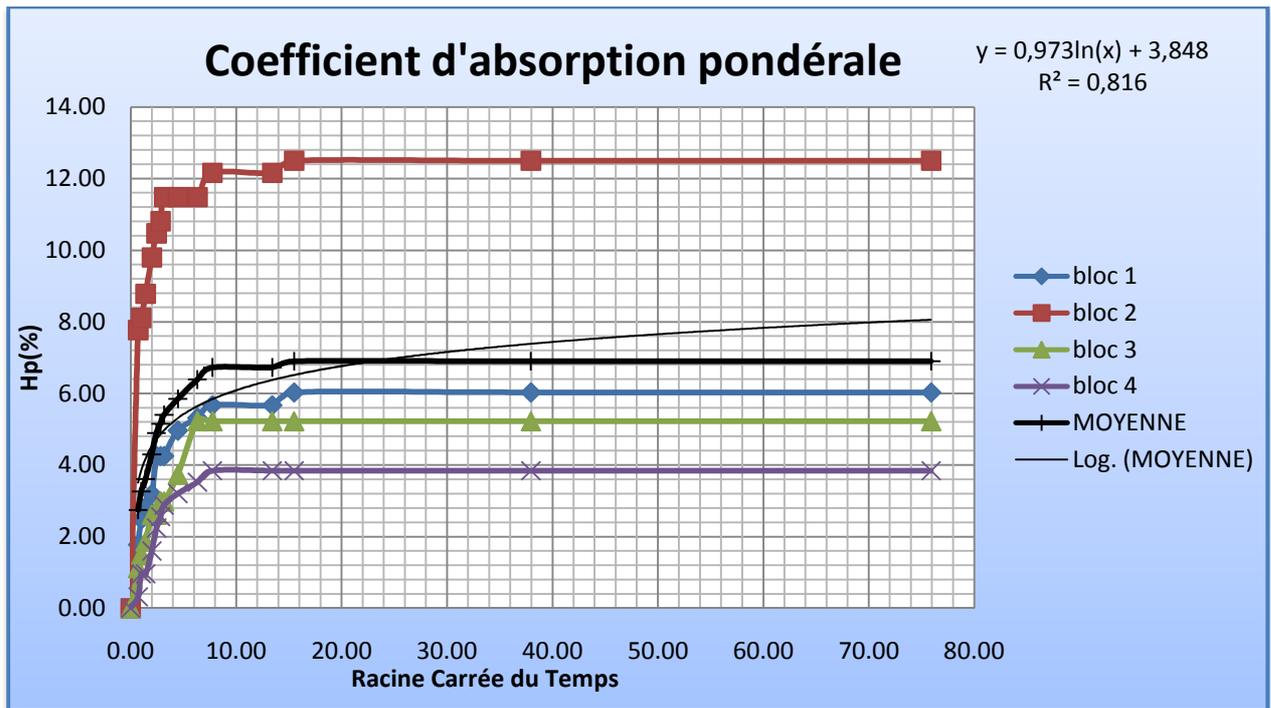


Figure 11 : Courbe de coefficient d'absorption pondérale en fonction de la racine carrée du temps

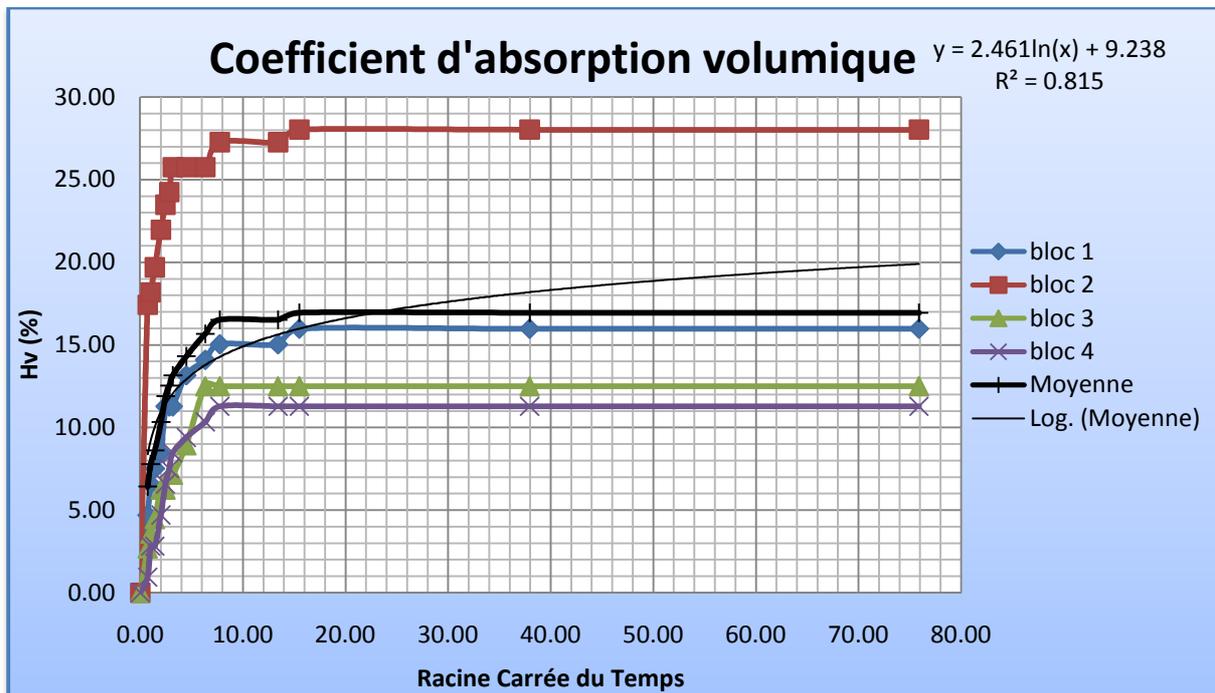


Figure 12 : Courbe de coefficient d'absorption volumique en fonction de la racine carrée du temps

L'allure des courbes est presque la même et l'absorption est importante dans les dix (10) premières minutes. Après dix minutes, l'absorption augmente successivement par pas de 5g jusqu'à la saturation. Après 60 minutes d'immersion les blocs sont saturés de 80 à 90%. On voit

clairement sur le graphique que le bloc 2 a un coefficient d'absorption plus élevé que les autres Blocs. Le tableau de calcul et les courbes sur les différents temps d'immersion sont en annexe2.

TENEUR EN EAU

	échantillons	masse de l'échantillon humide (en g)	masse après séchage (g)	teneur en eau (en %)	
Naturelle	1	1167,60	1152,29	1,33	
	2	1389,50	1372,5	1,24	
	3	723,00	714,42	1,20	
	4	447,30	441,66	1,28	
					1,26
Saturé	1	257,87	237,34	8,65	
	2	295,68	268,37	10,18	
	3	173,79	160,98	7,96	
	4	233,12	214,19	8,84	
					8,91

Tableau 4: valeur de teneur en eau (naturel et saturé)

La moyenne de la teneur en eau naturelle est de 1,26% et celle en eau saturée est de 8,91%. Ces valeurs ne sont pas dans le même ordre de grandeur que la valeur obtenu par les stagiaires de Poitiers qui ont travaillé sur les BLT de Koubri. Leurs valeurs sont 6,33% et 11,21% pour Koubri Saint Paul, 8,05% et 10,36% pour Koubri barrage. L'étude fait antérieurement sur les blocs de latérite taillée de Dano a une moyenne de teneur en eau naturelle de 2,3%

RECAPITULATIF DES PROPRIETES PHYSIQUES

Essai	Symbole	Unité	Valeur
Teneur en eau naturelle	W	%	1,26
Teneur en eau saturé	W	%	8,91
Poids spécifique	γ_s	kN/ m ³	31,38
Masse volumique	ρ	kg/m ³	2372,42
Poids volumique	γ	kN/m ³	21,68
Porosité	p	%	30,91
Compacité	c	%	74,16
Indice de vide	e	-	0,45
Bleu de méthylène	VBS	-	0,79

Tableau 5: Propriétés physiques résultats des essais

Le bleu de méthylène est réalisé sur 60g d'échantillon et 47,5ml de solution de bleu. La valeur du VBS donnant 0,79 correspond à la famille des sols limoneux sensible à l'eau. Ce résultat s'accorde à l'étude faite précédemment sur les BLT de Koubri par les stagiaires de Poitiers.

IV.2. Caractérisations mécaniques du BLT

Les résultats de résistance à la compression des 20 blocs de dimensions différents à teneur en eau naturel et la résistance à la flexion 3 points exercée sur 3 blocs de même taille sont récapitulés dans des tableau ci-dessous. La figure 13 nous montre l'allure d'une courbe contrainte-déformation.

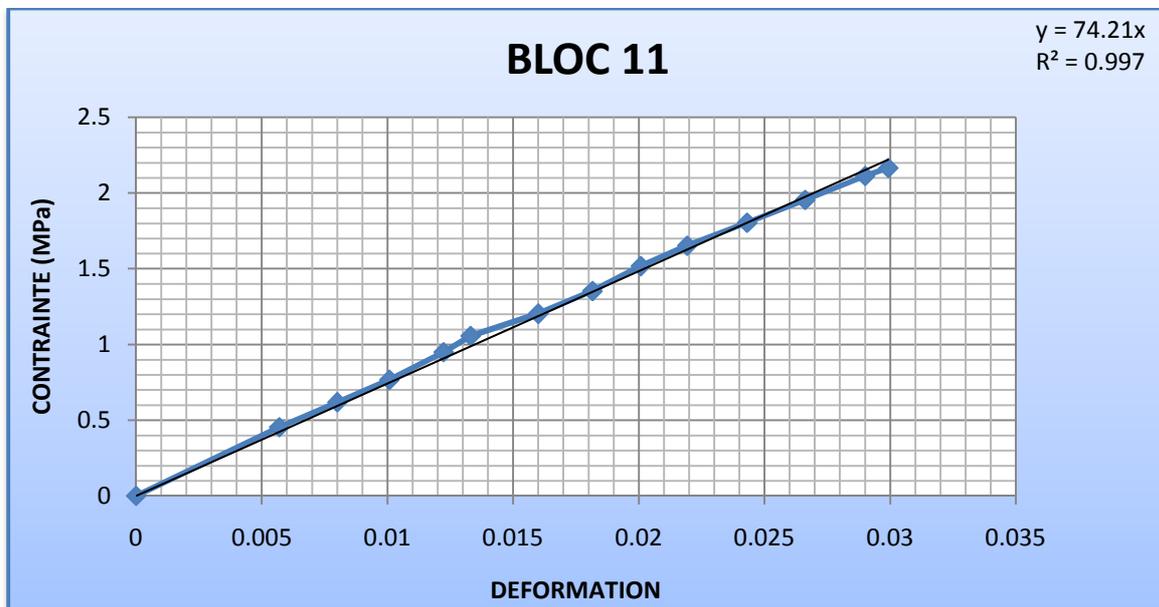


Figure 13 : Une courbe contrainte déformation

DIMENSION (cm)	N° des blocs	Date d'écras.	Masse (kg)	charge (kN)	Resistance (MPa)	Déplac. (mm)	Module de Young (MPa)
18,5X18X13	BLOC 3	19-04-11	12,1	30,05	0,90	0,05	20,11
	BLOC 5		14,5	52	1,56	0,02	93,64
	BLOC 6		11,25	35,09	1,05	0,05	21,99
	BLOC 11		10,8	45,09	1,35	0,02	75,64
	BLOC 14		13	30,38	0,99	0,01	69,02
moyenne					1,17		56,08

Tableau 6: Résistance à la compression des blocs de 18,5 x18 x13

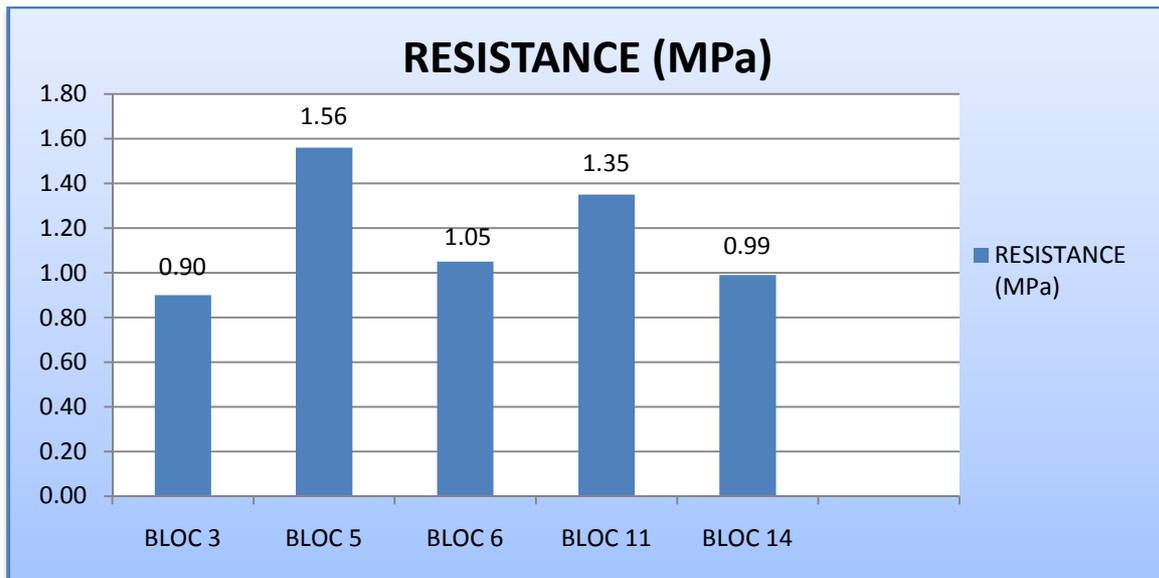


Figure 14 : Graphique des résistances des blocs de 18,5 x 18 x 13

DIMENSION (cm)	N°	Date d'écras.	Masse (kg)	charge (kN)	Resistance (MPa)	Déplac. (mm)	Module de Young (MPa)
19 x 19 x 13	BLOC 1	19-04-11	13,5	41,64	1,15	0,02	55,31
	BLOC 2		12,85	45,23	1,11	0,02	79,63
	BLOC 10		12,4	40,34	1,12	0,03	42,83
	BLOC 18		12,65	34,33	0,98	0,02	42,83
	BLOC 20		13,2	46,95	1,30	0,02	78,33
moyenne					1,13		63,53

Tableau 7: Résistance à la compression des blocs de 19 x 19 x 13

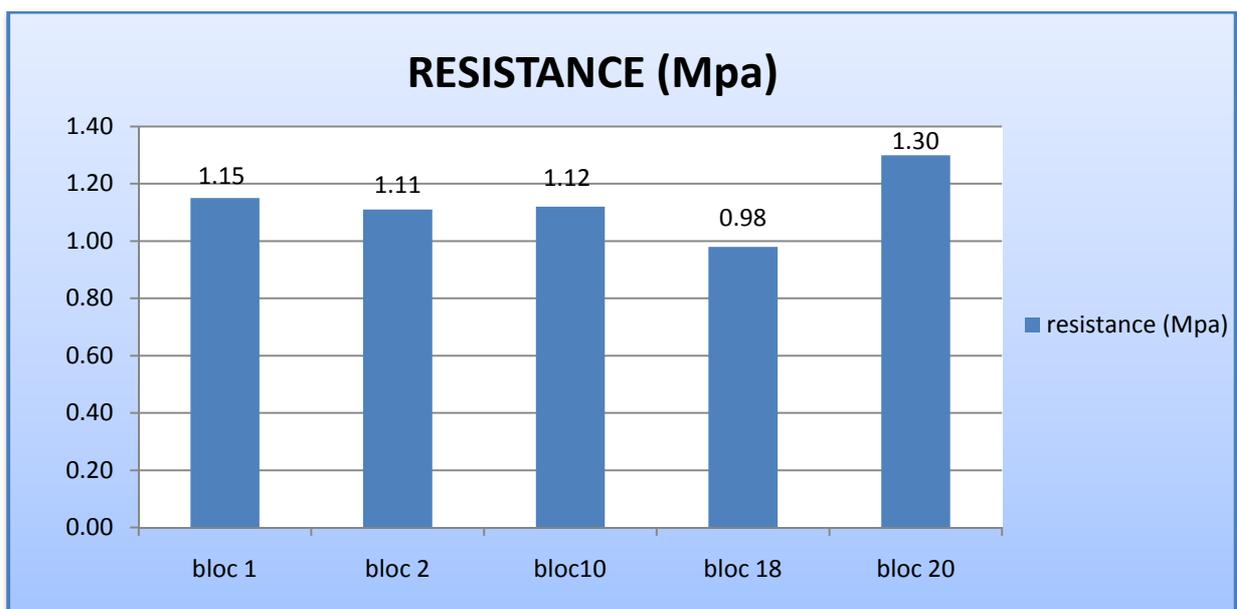


Figure 15 : Graphique des résistances des blocs de 19 x 19 x 13

DIMENSION (cm)	N°	Date d'écras.	Masse (kg)	charge (kN)	Resistance (MPa)	Déplac. (mm)	Module de Young (MPa)
20 x19 x14	BLOC 4	19-04-11	12,6	26,96	0,71	0,02	34,80
	BLOC 7		13,9	37,68	0,99	0,03	28,86
	BLOC 9		13,1	34,99	0,92	0,02	53,35
	BLOC 12		12,65	39,53	1,04	0,01	72,10
	BLOC 15		12,3	27,73	0,73	0,02	32,21
	BLOC 17		11,9	27,47	0,72	0,01	50,27
moyenne					0,85		45,27

Tableau 8 : Résistance à la compression des blocs de 20 x19 x14

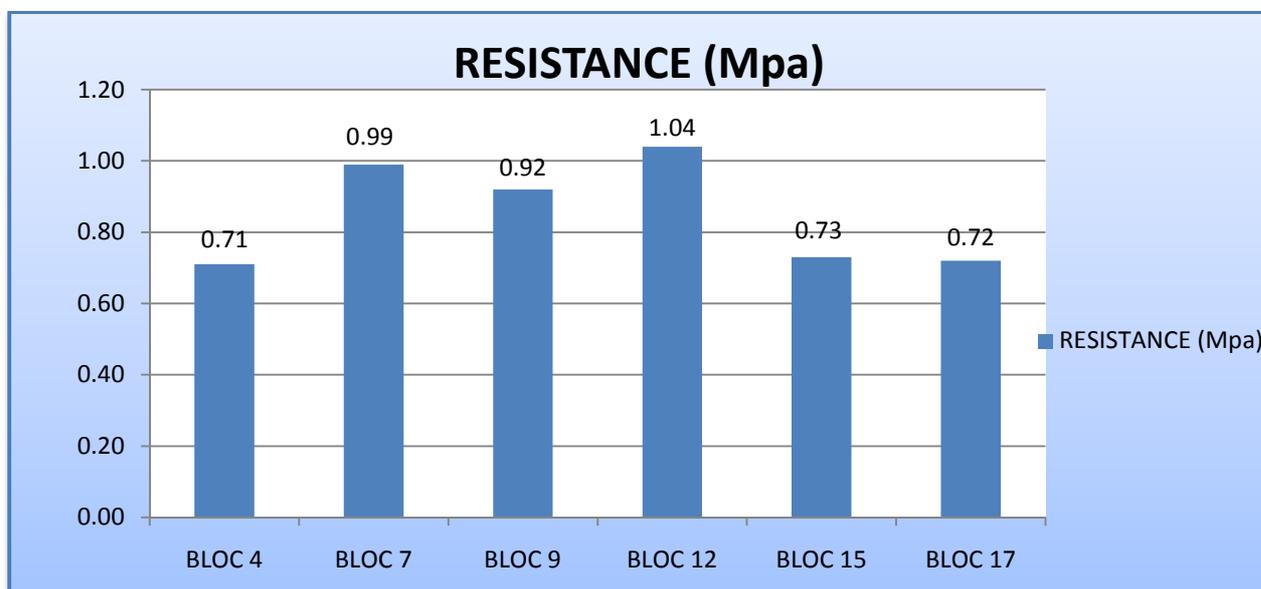


Figure 16 : Graphique des résistances des blocs de 20 x19 x14

DIMENSION (cm)	N°	Date d'écras.	Masse (kg)	charge (kN)	Resistance (MPa)	Déplac. (mm)	Module de Young (MPa)
20 x20 x14	BLOC 8	19-04-11	11,7	27,43	0,69	0,02	41,64
	BLOC 13		12,85	34,99	0,87	0,03	30,81
	BLOC 16		12,4	33,57	0,84	0,02	38,28
	BLOC 19		11,60	26,68	0,67	0,02	46,72
moyenne					0,77		39,36

Tableau 9 : Résistance à la compression des blocs de 20 x20 x14

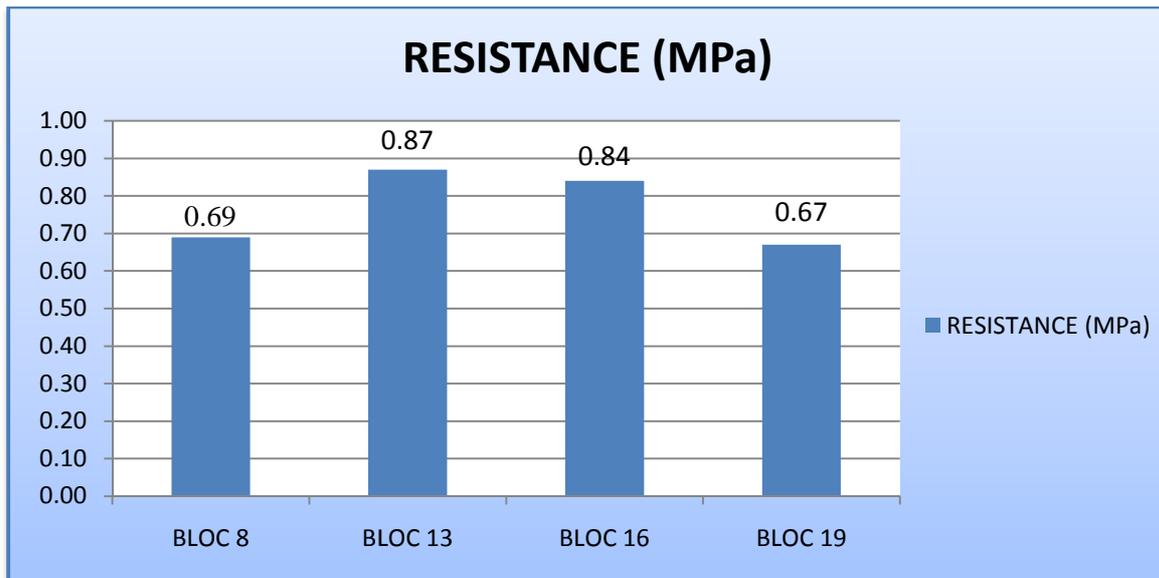


Figure 17 : Graphique des résistances des blocs de 20 x20 x14

Dimension des blocs	Volume (mm)	Nombre des blocs	Moy.	Ecart type	Max.	Min.	Module de Young (MPa)
18,5 x18 x13	4329000	5	1,17	0,28	1,56	0,90	56,08
19 x19 x13	4693000	5	1,13	0,11	1,30	0,98	63,53
20 x19 x14	5320000	6	0,85	0,15	1,04	0,71	45,27
20 x20 x14	5600000	4	0,77	0,10	0,84	0,67	39,36

Tableau 10 : Moyenne de la résistance à la compression des blocs

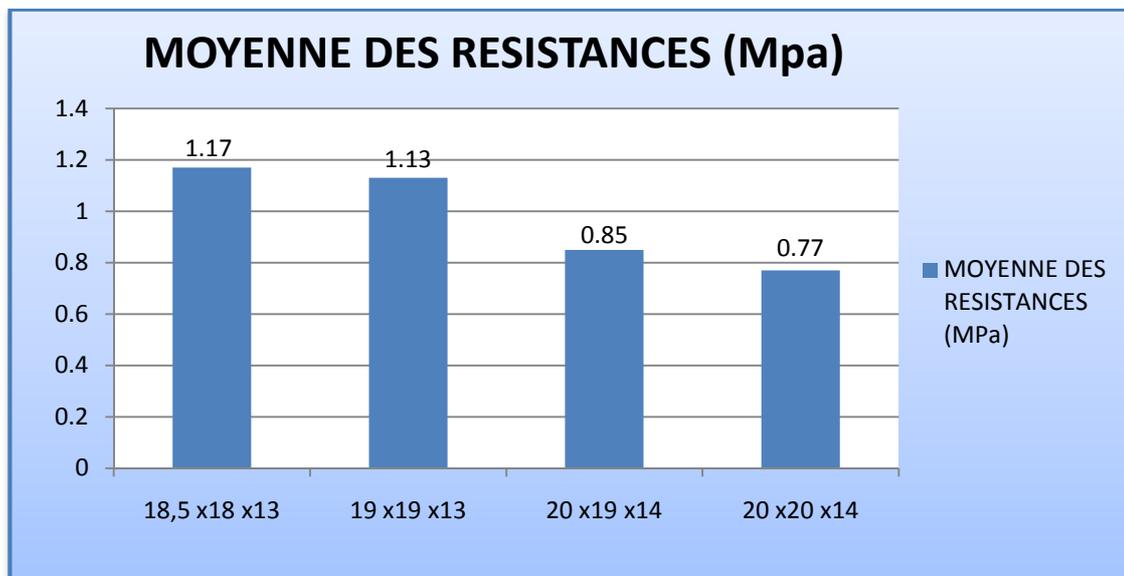


Figure 18: Graphique de la moyenne des résistances des BLT de Kouabri

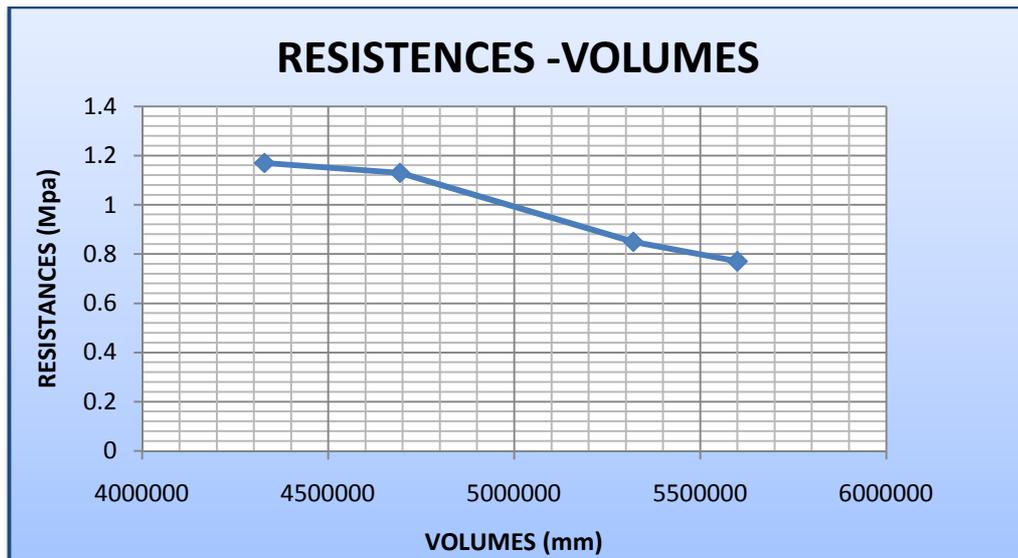


Figure 19: Courbe des résistances en fonction des volumes des blocs

N°	Dimension (cm)	Masse (kg)	Volume (m ³)	Contrainte de rupture (MPa)
BLOC 1	20 x19 x7	5,65	2,66E-03	0,31
BLOC 2		6,3		0,96
BLOC 3		6,7		1,44
Moyenne				0,90

Tableau 11: Contrainte maximale des blocs due à la flexion

Les essais des propriétés mécaniques réalisées permettent de déterminer la résistance à la compression monoaxiale et de flexion 3 points sur les blocs latéritique de Kouabri.

Les valeurs de la résistance à la compression monoaxiale varient selon les blocs. La moyenne comprise entre 0,77 et 1,17 MPa (Tableau 10) est en concordance avec la valeur acquise sur les blocs latéritiques de Kouabri barrage (1,25 MPa) et les résultats obtenus sur les BLT de Dano (1,5 à 5 MPa) (LAWANE & al, 2011). Les résultats sont dans les mêmes intervalles que les latérites Indiennes (0,5 à 3 MPa) (Kasthurba & Santhanam, 2005) et les pierres naturelles utilisées dans la construction d'habitats dans le sud de la Turquie telles que les ignimbrites (1,6 à 2,8) (Öner, Türkmen, Özbek, & Karakaya, 2006).

Les blocs séchés à l'étuve à 105° pendant 24 heures ont une résistance deux fois supérieures à celle des échantillons humides. Les blocs latéritiques de Kouabri ont été écrasés 2 mois après l'extraction, le transport des blocs crée des fissures internes et diminue sa résistance. D'après les résultats obtenus on constate que la résistance des blocs varie en fonction de leurs

dimensions. L'allure de la courbe (figure 19) montrant la résistance en fonction de volume des blocs vérifie cette confirmation. Plus la dimension est petite plus la résistance est importante.

Les valeurs moyennes de module de Young comprises entre 39,36 et 63,53 MPa sont dans la même disposition que les BLT de Koubri barrage (77,1MPa) et Koubri Saint-Paul (12,88 MPa) (BUFFO & al, 2010).

La contrainte maximale due à la flexion est exercés sur 3blocs de même dimension. Les résultats récapitulés dans le tableau 11 varient entre 0,31 à 1,44 MPa avec une moyenne de 0,90 MPa. Les résultats de Koubri Saint-Paul varient de 0,45 à 0,67 MPa. Le manque d'échantillon ne nous a pas permis de faire d'éventuels essais pour obtenir plus de résultat sur la flexion 3points.

V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'émergence d'un pays, et plus particulièrement celui des pays en voie de développement est lié au développement d'infrastructure. Ce pendant, dans ces pays les ouvrages sont insuffisantes du fait des coûts élevés des matériaux de construction importées. Pourtant dans ces pays, il existe des matériaux locaux en grandes quantités qui peuvent les substituer si leurs qualités sont bien maîtrisées. Il est donc impérieux de mieux connaître ces matériaux afin d'apporter une solution à ces problèmes.

Les travaux présentés dans ce mémoire avaient pour objectifs de déterminer les caractérisations physico-mécaniques des Blocs de Latérites Taillées et de valoriser l'utilisation de ce matériau dans la construction des bâtiments.

Les résultats des propriétés mécaniques sur les Blocs de Latérites Taillées du département de Koubri nous ont permis d'obtenir une résistance à la compression monoaxiale qui est dans l'ordre de 0,77 à 1,17 MPa et celle de la flexion est 0,90 MPa. La résistance des blocs varie en fonction des dimensions, les blocs de grands dimensions ne résistent pas comme ceux de faibles dimensions.

Les valeurs de la résistance à la compression monoaxiale nous ont permis de tracer les courbes contrainte-déformations des Blocs et d'estimer le module de Young du matériau entre 39,36 et 63,53 MPa.

Les essais de caractérisation physiques sur les Blocs de Latérites Taillées nous ont permis d'obtenir un poids spécifique moyen de 31,38 kN/m³, le poids volumique moyen de 21,63 kN/m³, une porosité moyenne de 31,08 % et un indice de vide moyen de 0,45%. Les valeurs moyennes de chaque propriété ont été comparées avec d'autres recherches.

Grâce à sa disponibilité sur une grande partie du territoire et son coût d'exploitation relativement faible, les Blocs de Latérites Taillées contribuent à l'économie du pays. En définitive, les Blocs de Latérites Taillées de Koubri sont utilisables dans la construction des latrines, des murs de clôture et des bâtiments à faible charges.

Pour rendre meilleurs les résultats obtenus, il est préférable de réaliser les essais sur des blocs des différents points d'extraction avec des dimensions normalisés comme les parpaings. La

détermination de la résistance à la compression monoaxiale des blocs de Koubri amélioré à des substances naturelles telles que le néré et les feuilles de crapaud fera l'objet d'une autre étude.

La poursuite de cette étude sur une base élargie nous paraît pour cette raison recommandable. Il est souhaitable de combiner les points de vue de la géotechnique, de la géologie des minéraux et de la pédologie pour que l'analyse embrasse un plus grand ensemble de propriétés des sols latéritiques. Cela permettra peut-être de mieux comprendre le fonctionnement du matériau dans la construction des bâtiments et dans les secteurs d'activité où ces blocs sont utilisés.

VI. REFERENCES

ARISTE, L. L. (Décembre 2009). MONOGRAPHIE DE LA COMMUNE URBAINE DE OUAGADOUGOU. Ouagadougou (Burkina Faso): Bureau Central du Recensement.

BUFFO, A., & al, e. (2010). ANALYSE DES PROPRIETES ET DES CARACTERISTIQUES DES LATERITES DANS LA CONSTRUCTION. Ouagadougou (Burkina Faso): 2iE.

Dah, I. (02.2003). Technologie adaptées "construction sans bois en matériaux locaux". Ouagadougou (Burkina Faso): Programme de Promotion de l'Artisanat au Burkina, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH Eschborn.

Hassanati, M. (2010). CARACTERISATION DES CARRIERES LATERITIQUE DE DANO POUR DES APLICATIONS DANS L'HABITAT. Ouagadougou (Burkina Faso): 2iE.

Idrissa, T. (1993). CONTRIBUTION A L'ETUDE DES GRAVELEUX LATERITIQUES DANS LES PAYS DU SAHEL: Cas des routes non revêtues. Nouveau- Brunswick, Canada 1993: Université de Moncton.

Kasthurba, A. K., & Santhanam, M. (2005). A Re-look into the Code Specifications for the Strength Evaluation of Latrite Stone Blinks for Masonry Purpose. Journal of the Institution of Engineers (India), Vol 86, April 2005, pp 1-6, Kolkata.

KOKOLE, k. (2008-2009). COURS DE MECANIQUE DES SOLS: Sélection de fiches Aide Mémoire et de Modèles de laboratoire. Ouagadougou (Burkina Faso): Laboratoire Génie Civil, 2iE.

LAWANE, A., & al, e. (2011). ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOMECHANIQUE DES LATERITES DE DANO (BURKINA FASO) POUR UNE UTILISATION DANS L'HABITAT. Ouagadougou: 2iE et l'université du Havre.

MAIGNIEN, R. (8 juin 1964). PROGRAMME DE RECHERCHE SUR LA ZONE TROPICALE HUMIDE. France: UNESCO.

MILLOGO, Y. (2008). ETUDE GEOTECHNIQUE, CHIMIQUE ET MINERALOGIQUE DE MATIERES PREMIERES ARGILEUSE ET LATERITIQUE DU BURKINA FASO AMELIOREES AUX LIANTS HYDRAULIQUES: application au génie civil (bâtiment et

route). Ouagadougou: UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU (Laboratoire de Physico-Chimie et de Technologie des Matériaux).

Millogo, Y., & al, e. (2008). {Geotechnical, mecncal, chemical and mineralogical characterization of a lateritic gravels of Sapouy (Burkina Faso) used in road construction, Construction and Building Materials 22 (2008) 70- 76. ELsevier 2008.

NARE, B. (Octobre 2005). PROJET DE MISE EN VALEUR DE SUBSTANCE UTILES ET DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION DU BURKINA: Etudes Pilotes de Production Semi Mécansée de Briques en Latérite et de Granulats de Granite. Ouagadougou (Burkina Faso): Direction de la Recherche Géologique et Minière.

Öner, F., Türkmen, S., Özbek, A., & Karakaya, T. (2006). Engineering propesties of Hlnls ignimbrites and their usability as a building strone (Erzurum,Turkey). Environ Geol (2006) , 50: 275-284, Springer -Verlag 2006.

YAYA, S. B. (2010). ANALYSE DES COMPORTEMENTS HYDRIQUES ET THERMIQUES DES BLT DE LA CARRIERE DE DANO. Ougadougou (Burkina Faso): 2iE.

Page web

<http://www.coursenligne.refer.org>

VII. ANNEXES

Annexe 1 : LES CONSTRUCTIONS EN BLT	V
Annexe 2 : PROPRIETES PHYSIQUES	VIII
Annexe 3 : PROPRIETES MECANIQUES	XVI

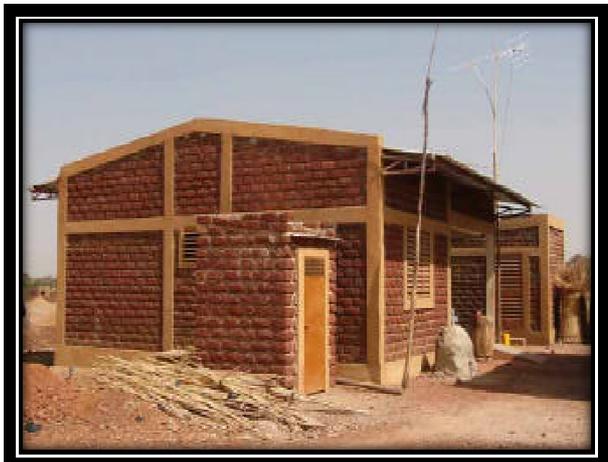
Annexe 1 : LES CONSTRUCTIONS EN BLT



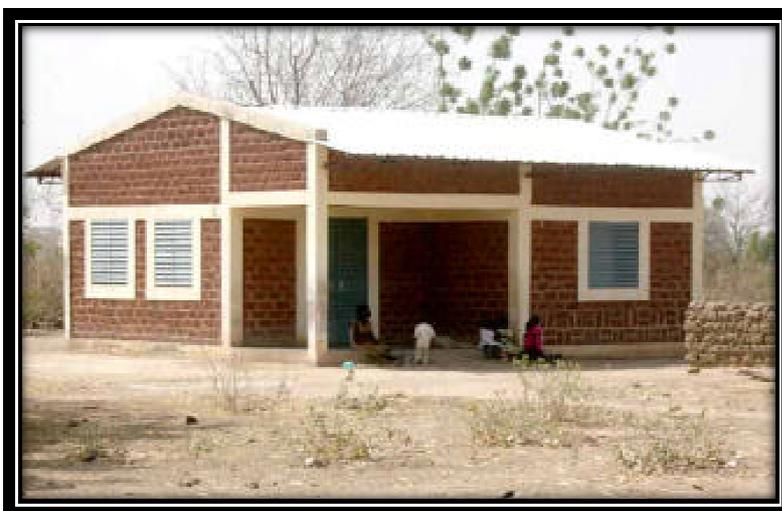
Une vue sur les maisons d'habitations en BLT dans la ville de Dano.



Une maison d'habitation construit en 2004 dans la province de Gourma



Un complexe scolaire construit entre 2003 et 2005 dans la province du Boulkiemdé



Un bâtiment construit en 1998 pour les enseignants de l'école primaire de Sapala.



La stabilisation des talus des routes entre Ouagadougou- Kamboinsin



Latine à ciel ouvert à Koubri



Une maison d'habitation à Koubri, les poteaux et poutres sont en béton armé et le remplissage en BLT



Les curasses utilisés dans le mur de soutènement à Koubri barrage



Construction en BLT à Koubri



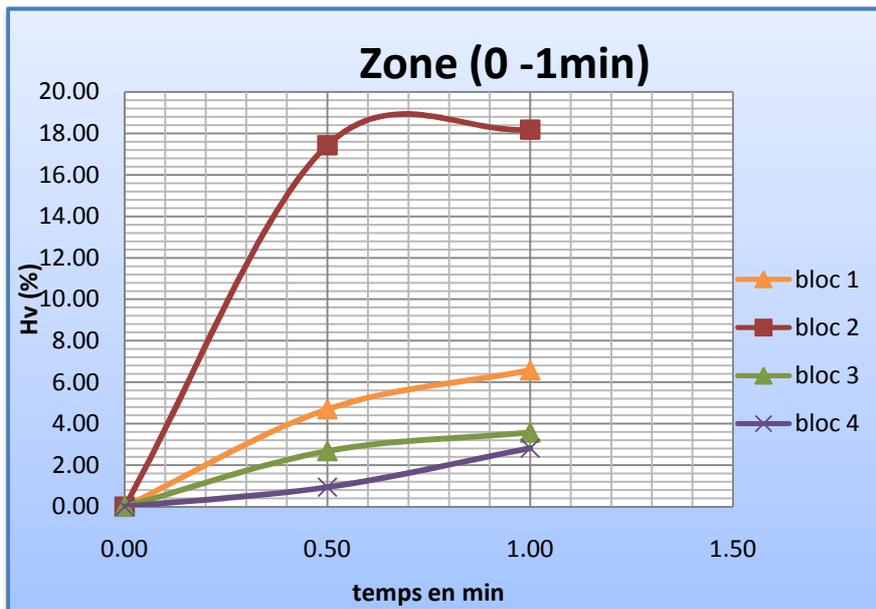
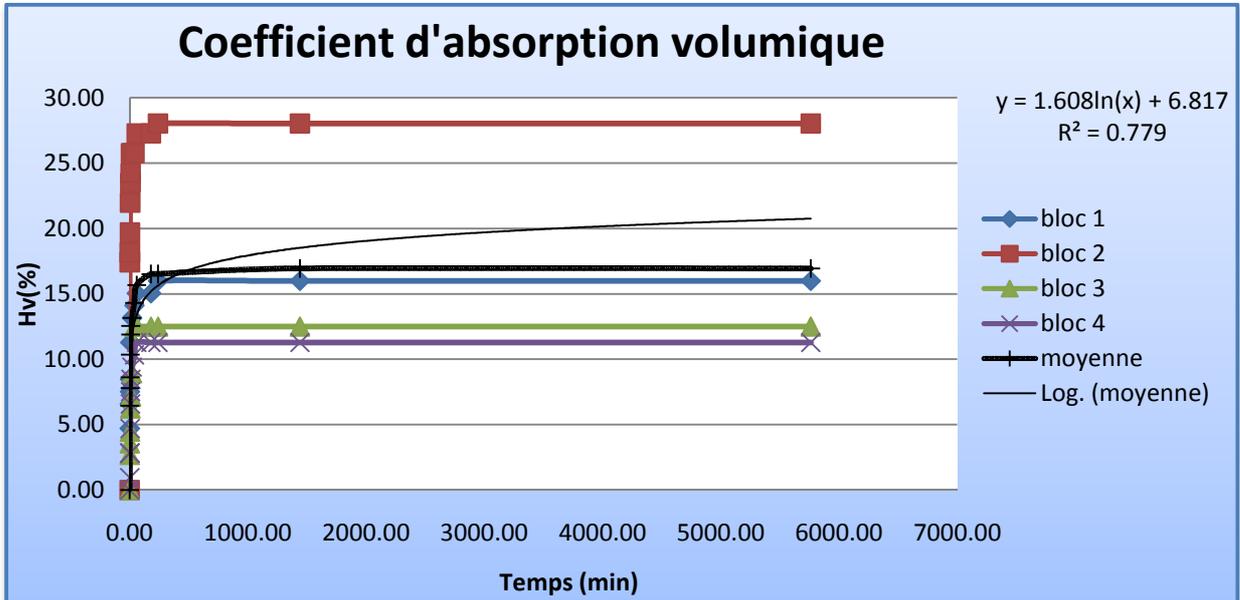
Villa construit à Ouaga 2000, la structure porteuse, le remplissage et le mur de clôture sont en BLT

Annexe 2 : PROPRIETES PHYSIQUES

SATURATION

racine carrée du tps	tps	BLOC 1		V1app	0,01	BLOC 2		V2app	0,01	BLOC 3		V3app	0,01	BLOC 4		V4app	0,01	MOYENNE	
	min	Ms	m1eau (kg)	Hv1 (%)	Hp1 (%)	Ms	m2eau (en L)	Hv2 (%)	Hp2 (%)	Ms	m3eau (en L)	Hv3 (%)	Hp3 (%)	Ms	m4eau (en L)	Hv4 (%)	Hp4 (%)	Hv	Hp
0,00	0,00	14,10	0,00	0,00	0,00	14,80	0,00	0,00	0,00	13,40	0,00	0,00	0,00	15,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,71	0,50	14,35	0,25	4,70	1,77	15,95	1,15	17,42	7,77	13,55	0,15	2,68	1,12	15,65	0,05	0,94	0,32	6,44	2,75
1,00	1	14,45	0,35	6,58	2,48	16,00	1,20	18,18	8,11	13,60	0,20	3,57	1,49	15,75	0,15	2,82	0,96	7,79	3,26
1,41	2	14,50	0,40	7,52	2,84	16,10	1,30	19,70	8,78	13,65	0,25	4,46	1,87	15,75	0,15	2,82	0,96	8,62	3,61
2,00	4	14,55	0,45	8,46	3,19	16,25	1,45	21,97	9,80	13,75	0,35	6,25	2,61	15,85	0,25	4,70	1,60	10,34	4,30
2,45	6	14,55	0,60	11,28	4,26	16,35	1,55	23,48	10,47	13,75	0,35	6,25	2,61	15,95	0,35	6,58	2,24	11,90	4,90
2,83	8	14,70	0,60	11,28	4,26	16,40	1,60	24,24	10,81	13,80	0,40	7,14	2,99	16,00	0,40	7,52	2,56	12,55	5,15
3,16	10	14,70	0,60	11,28	4,26	16,50	1,70	25,76	11,49	13,80	0,40	7,14	2,99	16,05	0,45	8,46	2,88	13,16	5,40
4,47	20	14,80	0,70	13,16	4,96	16,50	1,70	25,76	11,49	13,90	0,50	8,93	3,73	16,10	0,50	9,40	3,21	14,31	5,85
6,32	40	14,85	0,75	14,10	5,32	16,50	1,70	25,76	11,49	14,10	0,70	12,50	5,22	16,15	0,55	10,34	3,53	15,67	6,39
7,75	60	14,90	0,80	15,04	5,67	16,60	1,80	27,27	12,16	14,10	0,70	12,50	5,22	16,20	0,60	11,28	3,85	16,52	6,73
13,42	180	14,90	0,80	15,04	5,67	16,60	1,80	27,27	12,16	14,10	0,70	12,50	5,22	16,20	0,60	11,28	3,85	16,52	6,73
15,49	240	14,95	0,85	15,98	6,03	16,65	1,85	28,03	12,50	14,10	0,70	12,50	5,22	16,20	0,60	11,28	3,85	16,95	6,90
37,95	1440	14,95	0,85	15,98	6,03	16,65	1,85	28,03	12,50	14,10	0,70	12,50	5,22	16,20	0,60	11,28	3,85	16,95	6,90
75,89	5760	14,95	0,85	15,98	6,03	16,65	1,85	28,03	12,50	14,10	0,70	12,50	5,22	16,20	0,60	11,28	3,85	16,95	6,90

COEFFICIENT D'ABSORPTION VOLUMIQUE

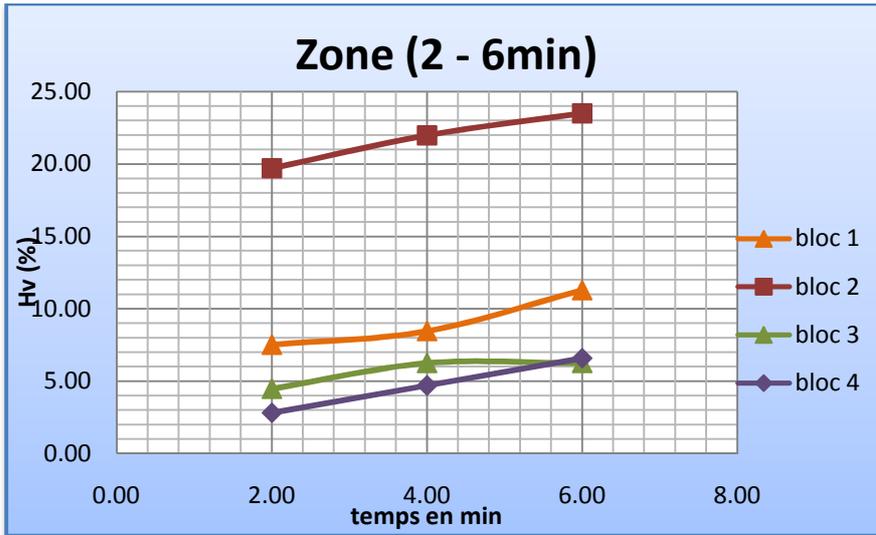


Coefficient directeur zone (0 à 1 min)

Bloc	Coef
bloc 1	6,58
bloc 2	18,18
bloc 3	3,57
bloc 4	2,82

moyenne	7,7879
----------------	---------------

écart type	7,1171
+ ou - %	91,3859

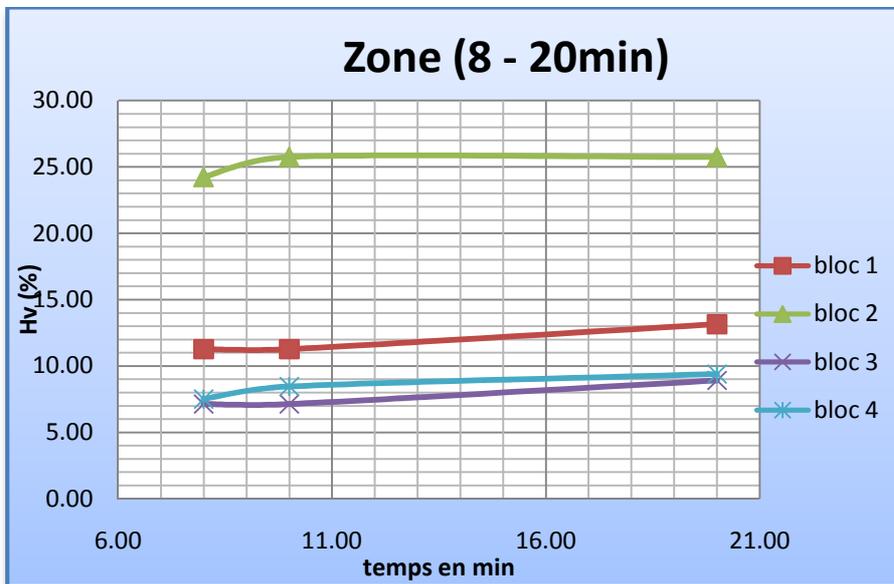


Coefficient directeur zone (2 à 6min)

Bloc	Coef
bloc 1	0,94
bloc 2	0,95
bloc 3	0,45
bloc 4	0,94

moyenne	0,8183
----------------	--------

écart type	0,2479
+ ou - %	30,2979

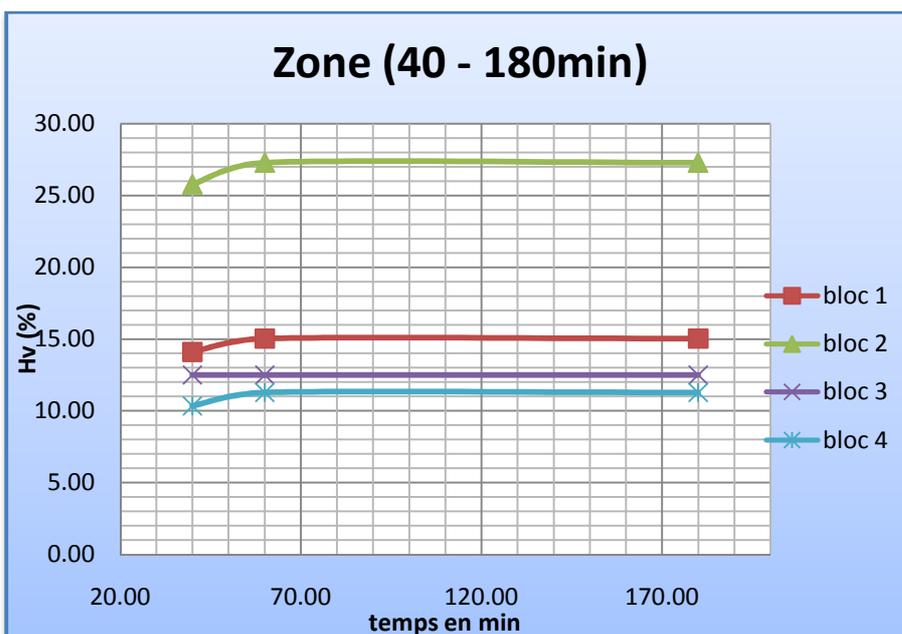


Coefficient directeur zone (8 à 20min)

Bloc	Coef
bloc 1	0,09
bloc 2	0,38
bloc 3	0,09
bloc 4	0,28

moyenne	0,2110
----------------	--------

écart type	0,1434
+ ou - %	67,9630

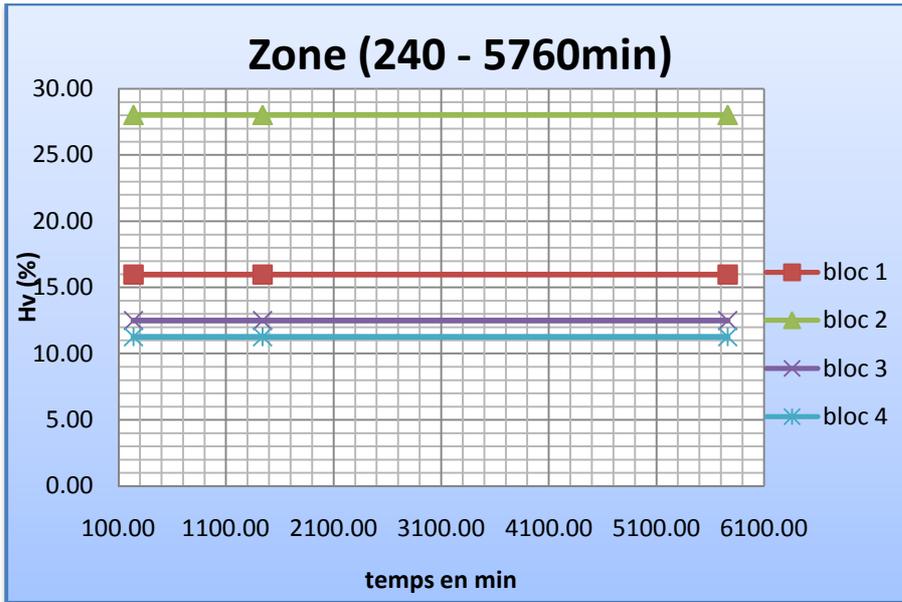


Coefficient directeur zone (40 à 180min)

Bloc	Coef
bloc 1	0,02
bloc 2	0,04
bloc 3	0,00
bloc 4	0,00

moyenne	0,0153
----------------	--------

écart type	0,0187
+ ou - %	121,6459



Coefficient directeur zone (240 à 5760min)

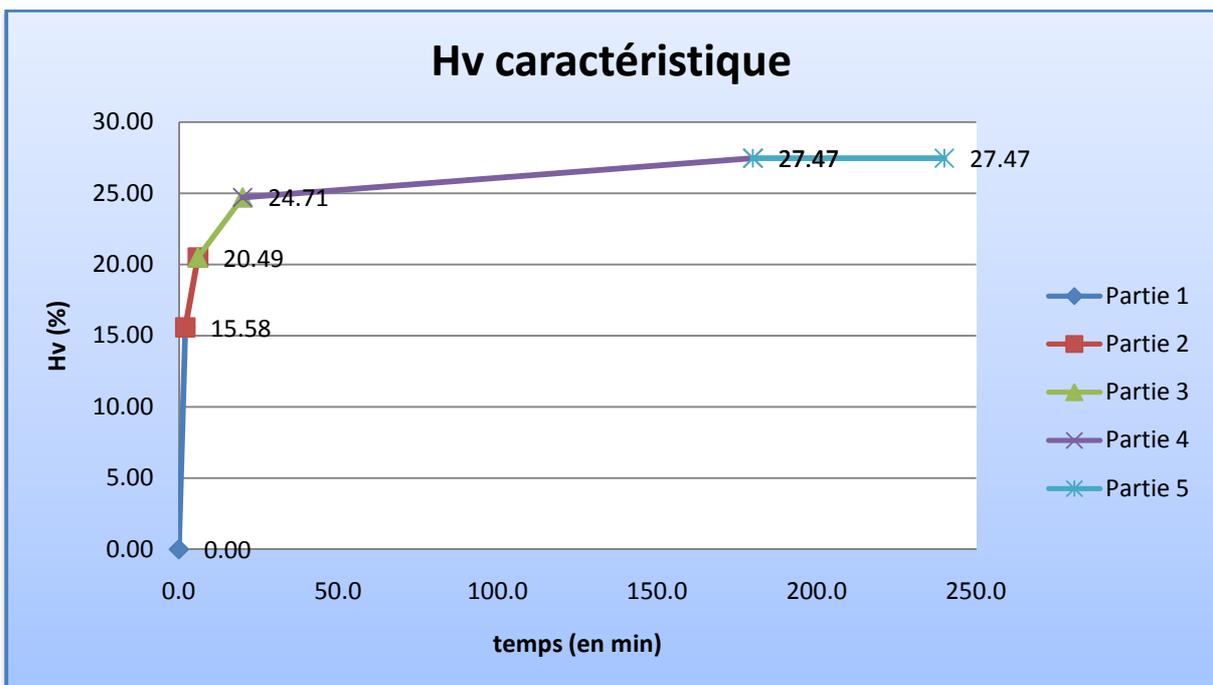
Bloc	Coef
bloc 1	0,00
bloc 2	0,00
bloc 3	0,00
bloc 4	0,00

moyenne	0,0000
----------------	--------

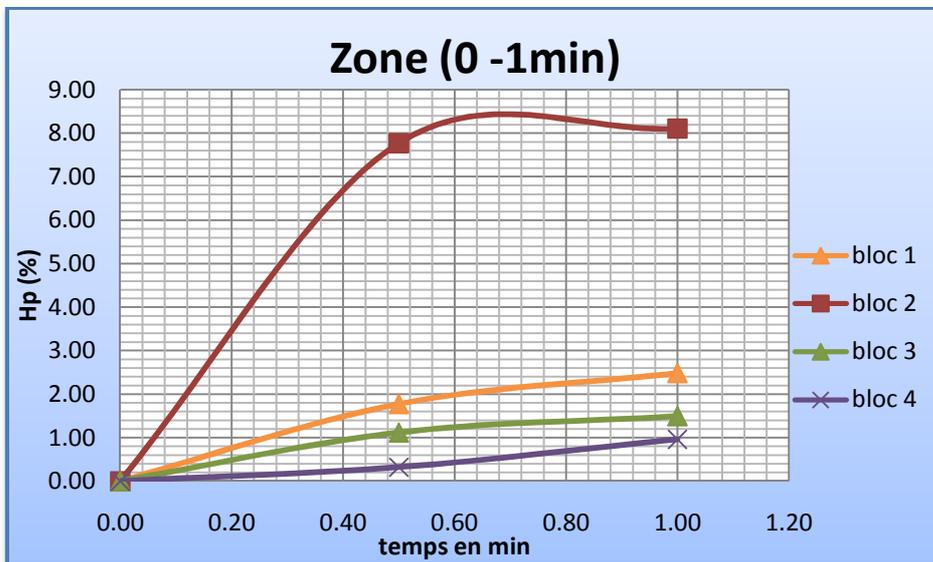
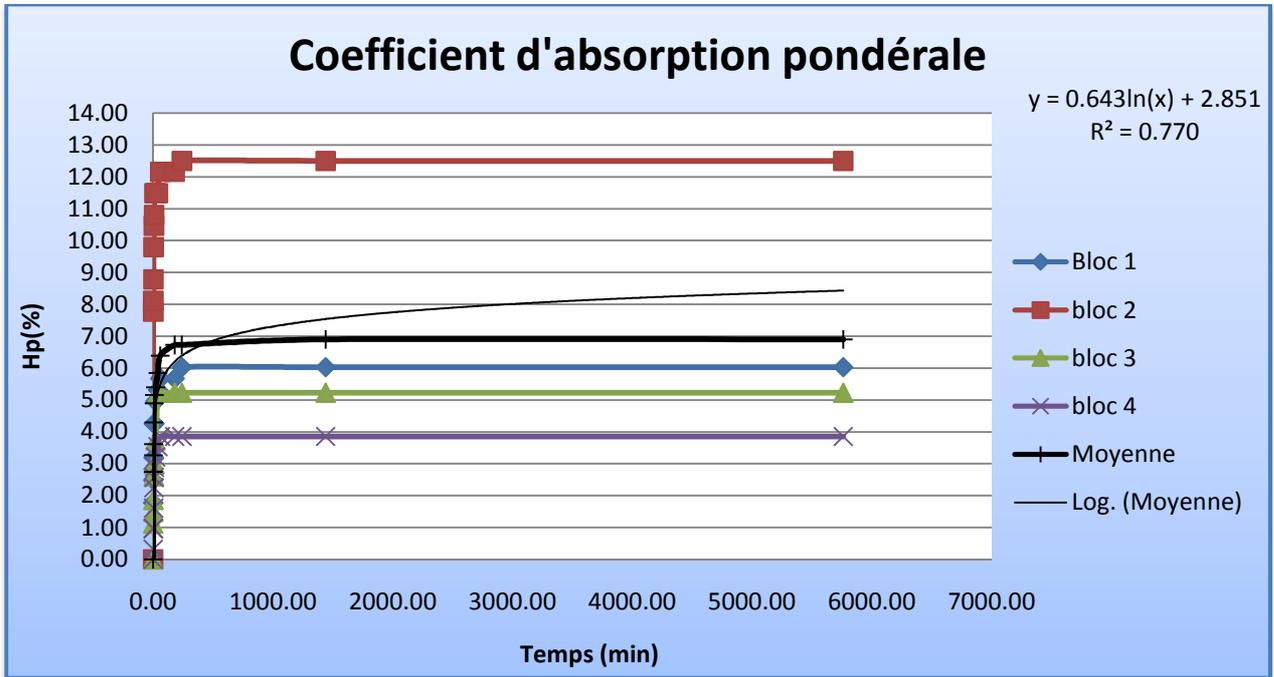
écart type	0,0000
+ ou - %	0,0000

Coefficient directeur			Ecart moyen (%)
Zone d'influence	valeur	Ecart type	
0 min	7,788	7,117	91,386
0 - 2 min			
2 - 6 min	0,818	0,248	30,298
6 - 20 min	0,211	0,143	67,963
20 - 180 min	0,015	0,019	121,646
180 - 5760 min	0,000	0,000	0,000

Points de la Courbe caractéristique	
y	x
0,00	0,0
15,58	2,0
20,49	6,0
24,71	20,0
27,47	180,0
27,47	240,0



COEFFICIENT D'ABSORPTION PONDERALE

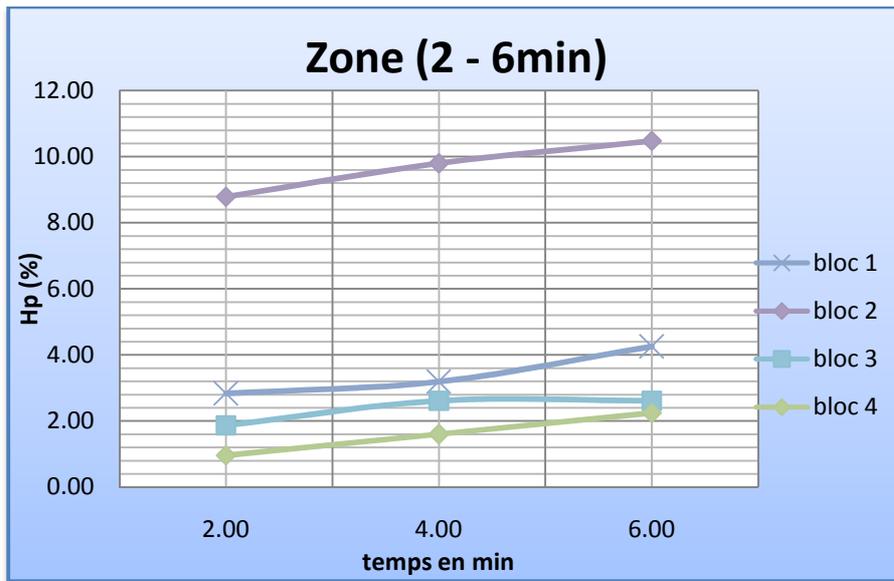


Coefficient directeur zone (0 à 1min)

Bloc	Coef
bloc 2	8,11
bloc 3	1,49
bloc 4	0,96

moyenne	3,2611
----------------	--------

écart type	3,2922
+ ou - %	100,9534

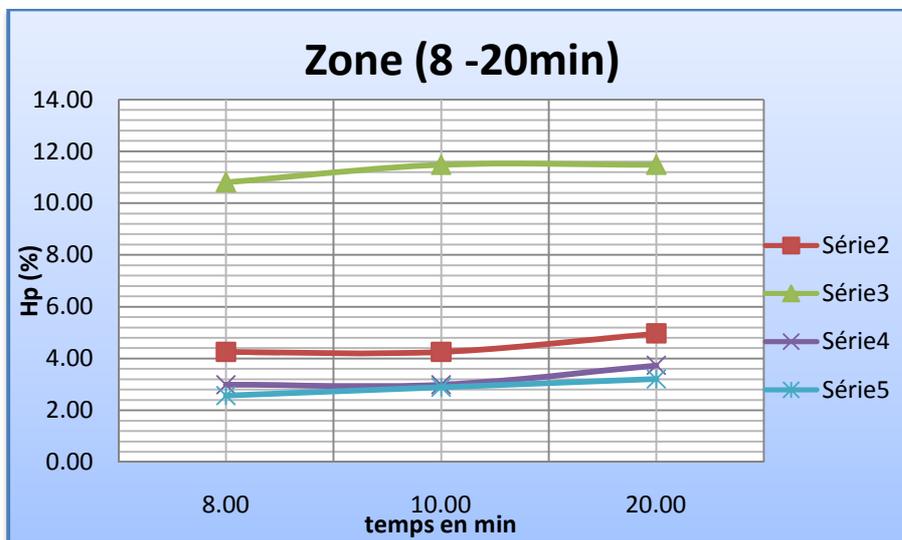


Coefficient directeur zone (2 à 6min)

Bloc	Coef
bloc 1	0,35
bloc 2	0,42
bloc 3	0,19
bloc 4	0,32

moyenne 0,3210

écart type	0,0991
+ ou - %	30,8730

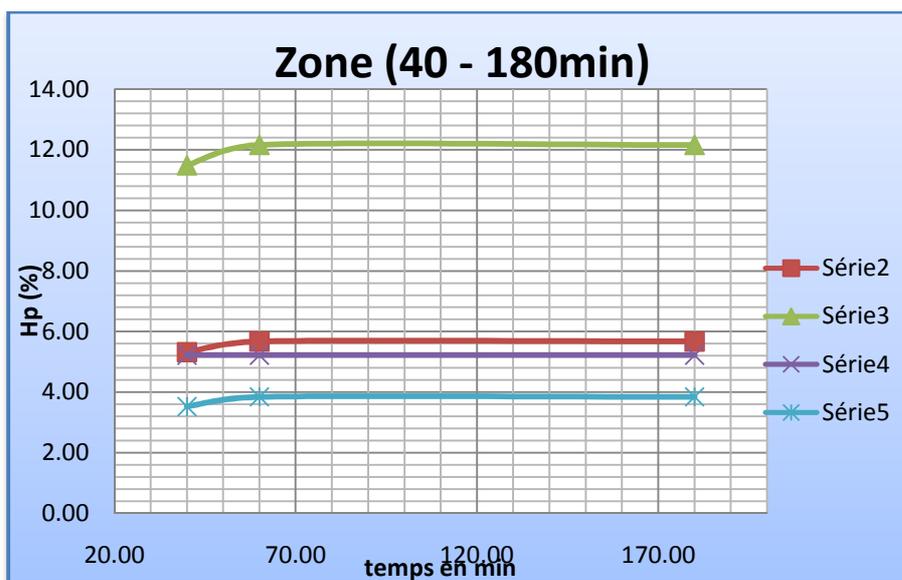


Coefficient directeur zone (8 à 20min)

Bloc	Coef
bloc 1	0,04
bloc 2	0,17
bloc 3	0,04
bloc 4	0,10

moyenne 0,0845

écart type	0,0630
+ ou - %	74,5484

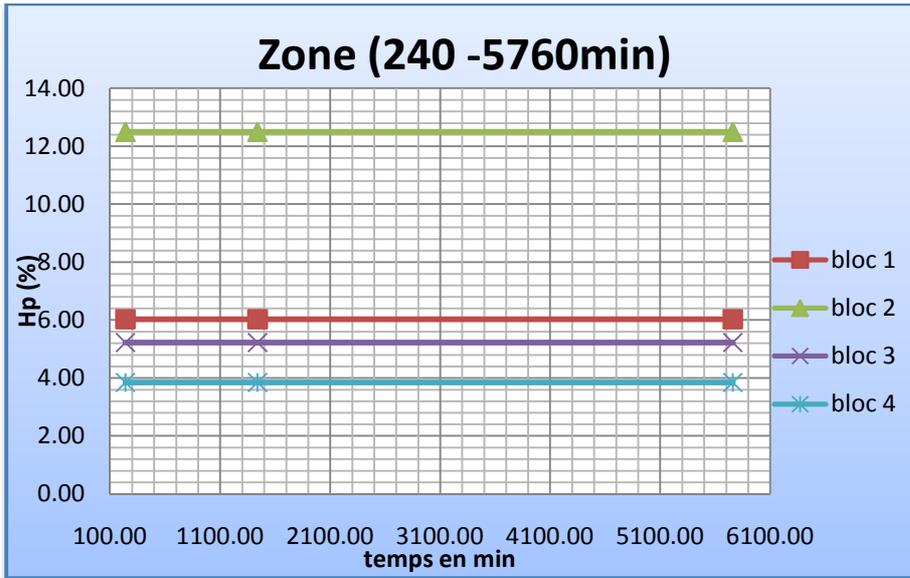


Coefficient directeur zone (40 à 180min)

Bloc	Coef
bloc 1	0,01
bloc 2	0,02
bloc 3	0,00
bloc 4	0,00

moyenne 0,0064

écart type	0,0081
+ ou - %	126,1863



Coefficient directeur zone (240 à 5760min)

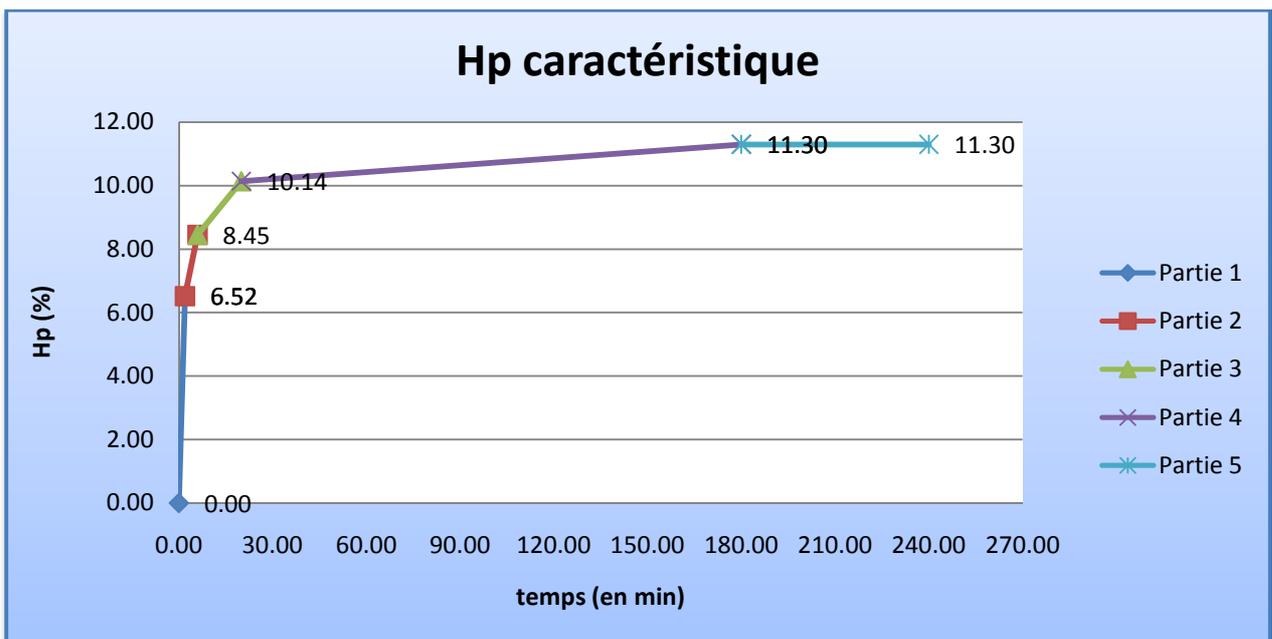
Bloc	Coef
bloc 1	0,00000
bloc 2	0,00000
bloc 3	0,00000
bloc 4	0,00000

moyenne	0,0000
----------------	--------

écart type	0,0000
+ ou - %	0,0000

Coefficient directeur		Ecart type	Ecart moyen
Zone d'influence	valeur		
0 min	3,26	3,292	100,953
0 - 2 min			
2 - 6 min	0,32	0,099	30,873
6 - 20 min	0,08	0,063	74,548
20 - 180 min	0,01	0,008	126,186
180 - 5760 min	0,00	0,000	0,000

Points de la Courbe caractéristique	
y	x
0,00	0,00
6,52	2,00
8,45	6,00
10,14	20,00
11,30	180,00
11,30	240,00



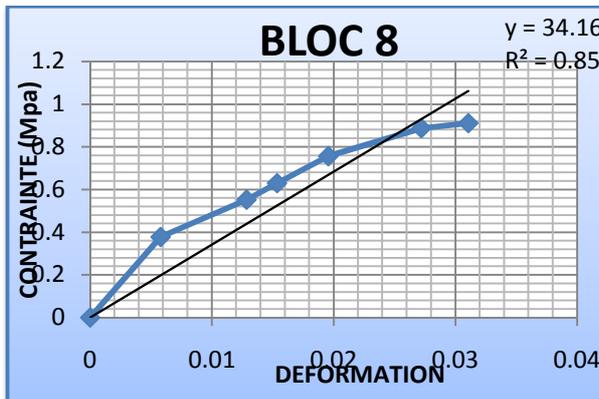
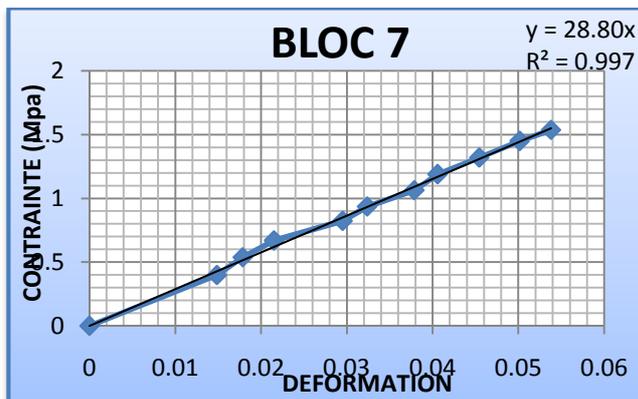
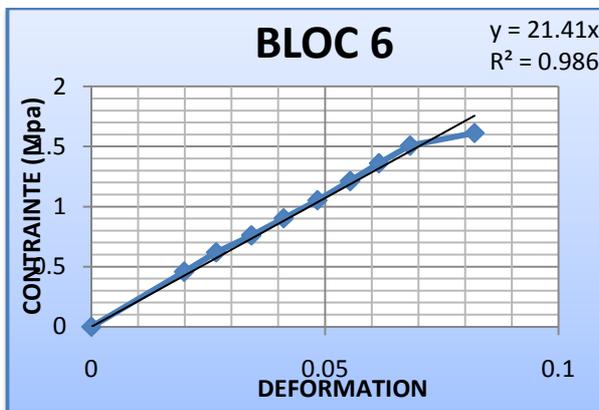
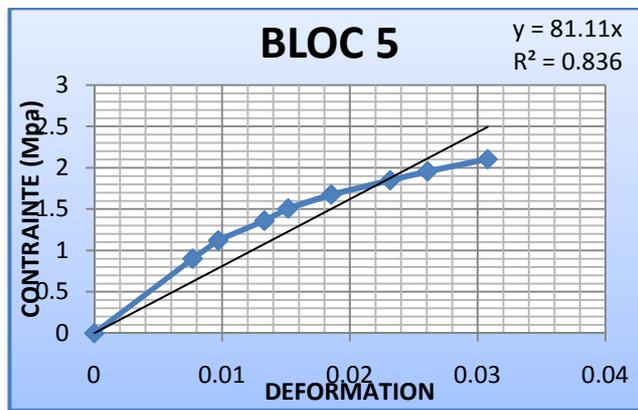
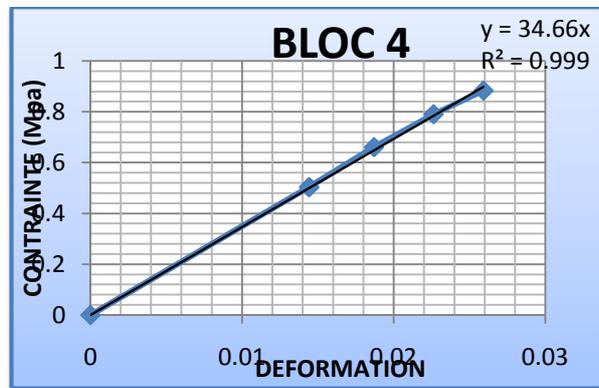
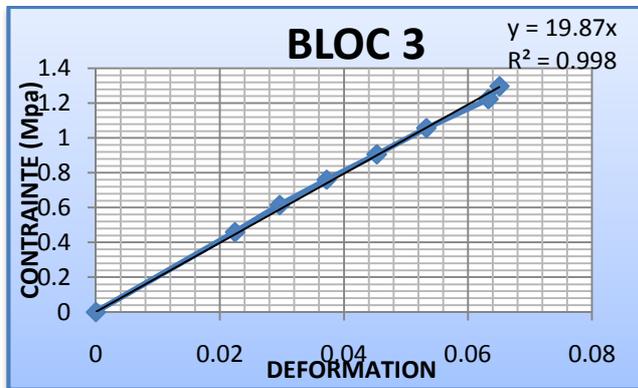
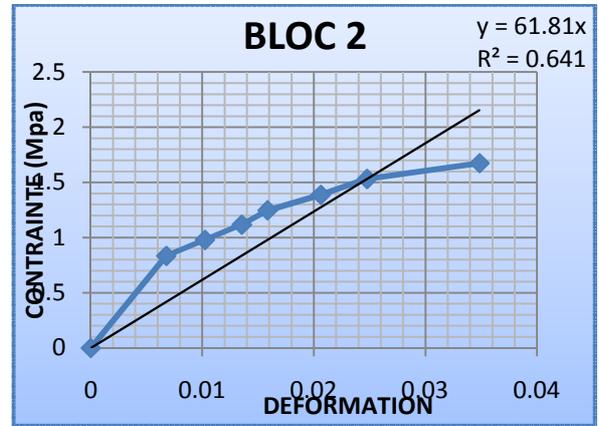
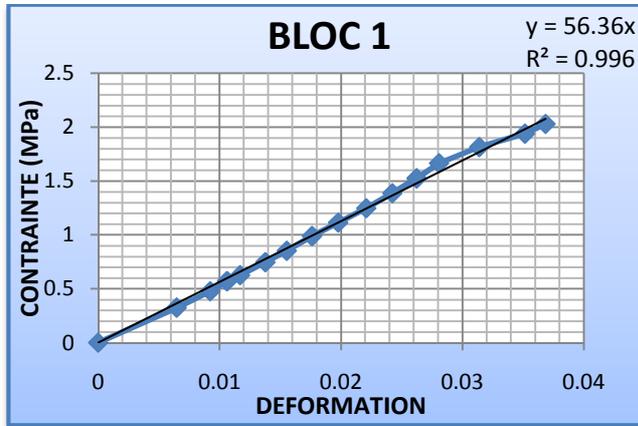
Masse Volumique et Poids Volumique

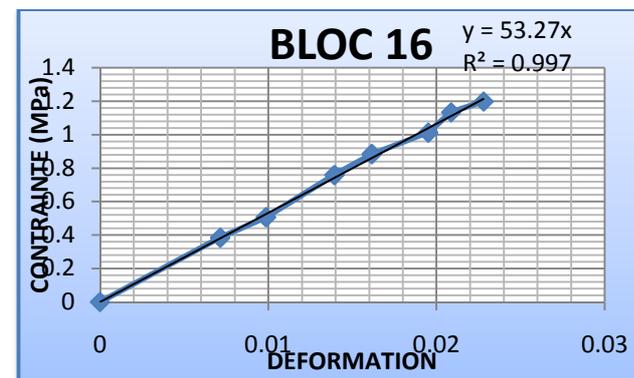
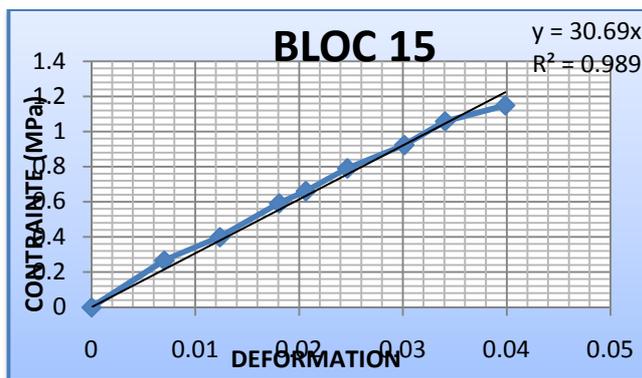
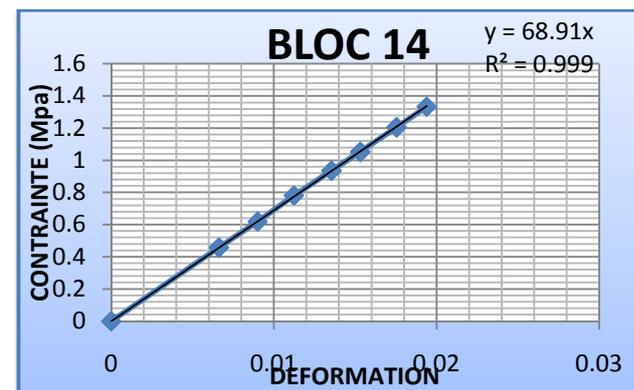
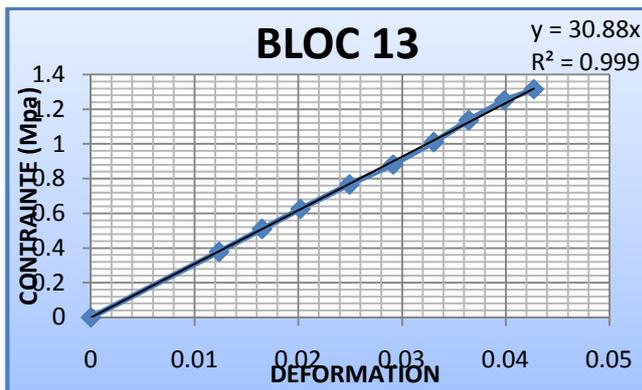
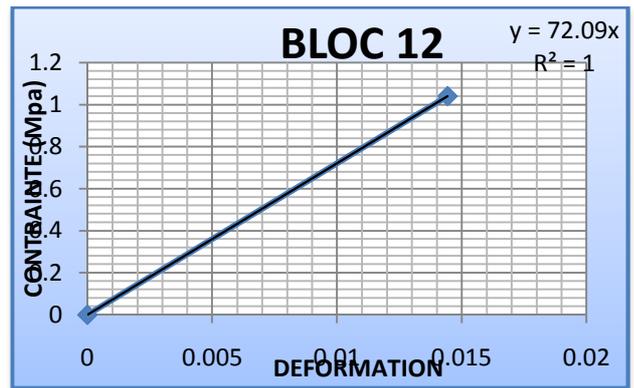
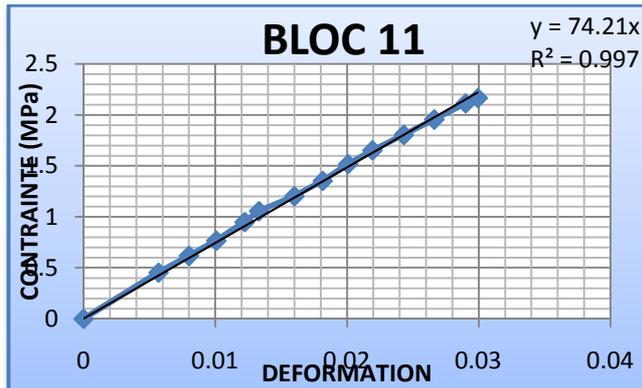
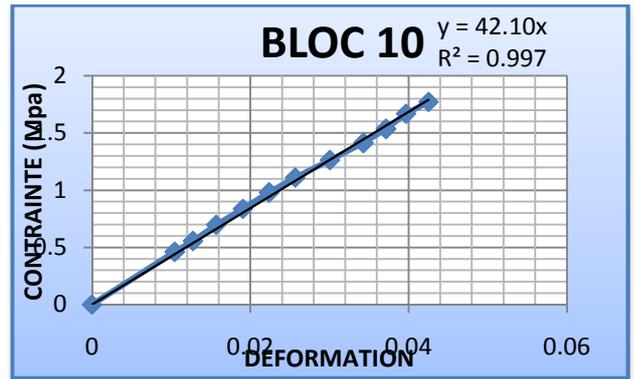
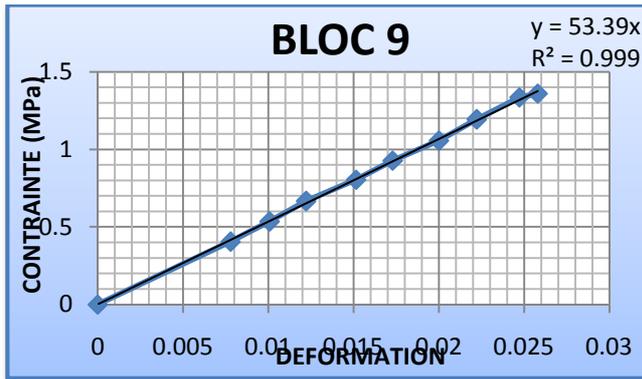
Echantillons	Masse échantillon (g)	Masse échantillon + paraffine (g)	Volume initial d'eau dans le bécher (en mL)	Volume de l'eau dans le bécher (en mL)	Volume de l'échantillon + paraffine (en mL)	Volume de paraffine	Volume de l'échantillon (en mL)	Masse volumique (kg/m ³)	Poids volumique (kN/m ³)
1	57,95	80,19	900,00	948,00	48,00	22,84	25,16	2302,83	22,59
2	62,39	70,88	900,00	936,00	36,00	8,72	27,28	2286,79	22,43
3	56,58	61,83	900,00	933,00	33,00	5,39	27,61	2049,30	20,10
4	35,10	45,57	900,00	927,50	27,50	10,75	16,75	2095,56	20,56
5	72,57	89,10	900,00	950,00	50,00	16,97	33,03	2197,26	21,56
6	40,90	48,52	900,00	926,00	26,00	7,82	18,18	2250,22	22,07
7	44,84	60,14	900,00	934,50	34,50	15,71	18,79	2386,32	23,41
8	30,19	40,72	900,00	925,50	25,50	10,81	14,69	2055,40	20,16
9	48,27	56,70	900,00	932,00	32,00	8,66	23,34	2067,74	20,28
10	45,1	73,88	900,00	950,00	50,00	29,55	20,45	2205,42	21,64
11	55,2	74,32	900,00	944,50	44,50	19,63	24,87	2219,70	21,78
12	33,59	41,05	900,00	922,00	22,00	7,66	14,34	2342,35	22,98
MOYENNE								2204,91	21,63

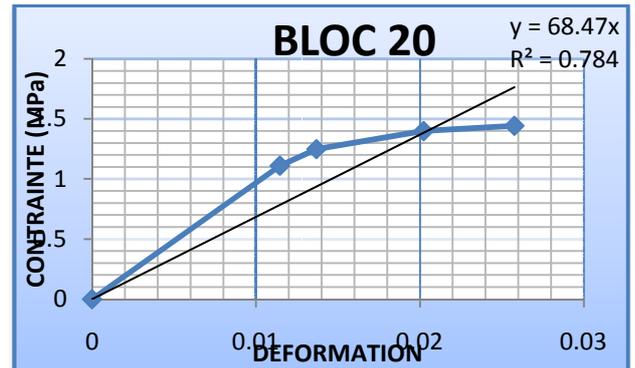
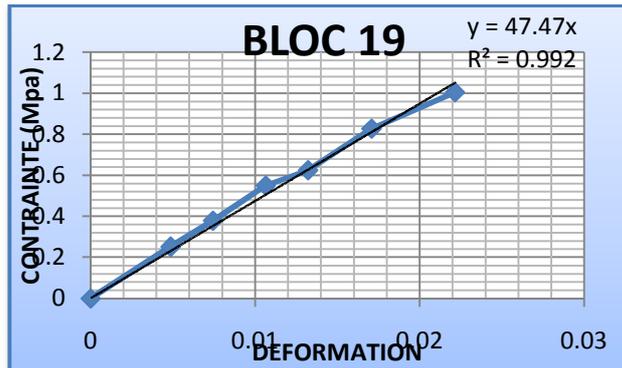
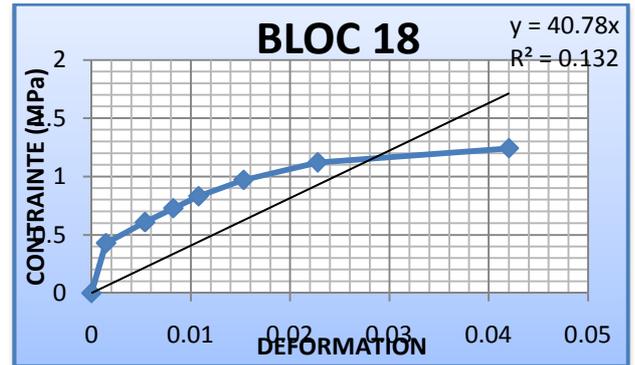
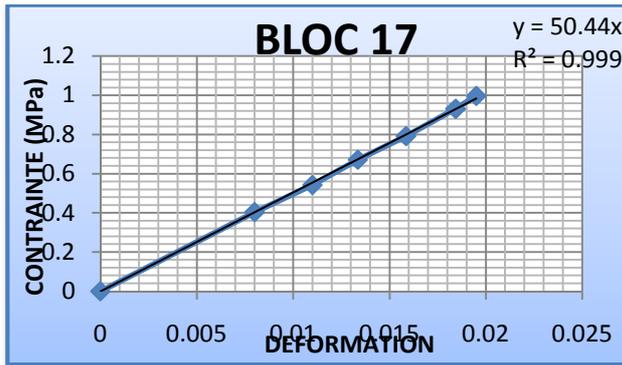
masse volumique paraffine (kg/m ³)	973,93
--	--------

Annexe 3 : PROPRIETES MECANQUES

RESISTANCE A LA COMPRESSION







	POIDS (kg)	FORCE (kN)	CONTRAINTE (MPa)	DEFORMATION	E (MPa)
BLOC 1	13,5	41,64	1,15	0,02	55,31
BLOC 2	12,85	45,23	1,11	0,02	79,63
BLOC 3	12,1	30,05	0,90	0,05	20,11
BLOC 4	12,6	26,96	0,71	0,02	34,80
BLOC 5	14,5	52	1,56	0,02	93,64
BLOC 6	12,25	35,09	1,05	0,05	21,99
BLOC 7	13,9	37,68	0,99	0,03	28,86
BLOC 8	11,7	27,43	0,69	0,02	41,64
BLOC 9	13,1	34,99	0,92	0,02	53,35
BLOC 10	12,4	40,34	1,12	0,03	42,83
BLOC 11	10,8	45,09	1,35	0,02	75,64
BLOC 12	12,65	39,53	1,04	0,01	72,10
BLOC 13	12,85	34,99	0,87	0,03	30,81
BLOC 14	13	30,38	0,91	0,01	69,02
BLOC 15	12,3	27,73	0,73	0,02	32,21
BLOC 16	12,4	33,57	0,84	0,02	38,28
BLOC 17	11,9	27,47	0,72	0,01	50,27
BLOC 18	12,65	34,33	0,98	0,02	61,56
BLOC 19	11,6	26,68	0,67	0,02	46,72
BLOC 20	13,2	46,95	1,30	0,02	78,33

18,5 x18 x13
 19 x19 x13
 20 x19 x14 cm
 20 x20 x14 cm

FLEXION TROIS POINTS

Distance entre les points de flexion

150 mm

N°	longueur (mm)	largeur (mm)	hauteur (mm)	Ix (m ⁴)	Volume (m ³)	Charge de rupture (kN)	σ t (MPa)	Masse [Kg]
bloc 1	200	190	70	5,43E-06	2,66E-03	1,3	0,31	5,65
bloc 2	200	190	70	5,43E-06	2,66E-03	3,98	0,96	6,3
bloc 3	200	190	70	5,43E-06	2,66E-03	5,94	1,44	6,7
Moyenne							0,90	