



REPUBLIQUE DU BENIN

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI (UAC)

ECOLE POLYTECHNIQUE D'ABOMEY-CALAVI (EPAC)

CENTRE AUTONOME DE PERFECTIONNEMENT (CAP)

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

Option : BATIMENTS ET TRAVAUX PUBLICS

MEMOIRE DE FIN DE FORMATION EN VUE DE L'OBTENTION DU
DIPLOME D'INGENIEUR DE CONCEPTION
EN GENIE CIVIL

THEME

UTILISATION DE LA LATÉRITE POUR LA FORMULATION DU BÉTON DE STRUCTURE.

Rédigé par :

Enagnon Olivier Jocelyn HOUÉDANOU

Sous la direction

Dr. Ing. Yémalin Daniel AGOSSOU

Les membres du jury

Président : Pr GIBIGAYE Mohamed

Membres

- Dr AGOSSOU Daniel
- Dr BACHAROU Taofic
- Dr YABI Crespin

Année Académique : 2021-2022

REMERCIEMENTS

Nous exprimons notre profonde gratitude à DIEU pour son amour infini. Merci Seigneur pour nous avoir gardé toute notre vie durant et particulièrement ces trois dernières années. GLOIRE A TOI SEIGNEUR AU PLUS HAUT DES CIEUX.

Nous ne saurons commencer la rédaction de ce mémoire sans remercier certaines personnes. Ainsi, nous adressons nos sincères remerciements à :

- ✓ Notre maître de mémoire, Docteur Ingénieur Yémalin Daniel AGOSSOU, pour avoir accepté de conduire ce travail jusqu'au bout nonobstant ses multiples occupations professionnelles et académiques. Ce document n'aurait pu être réalisé sans ses conseils, sa disponibilité, son esprit d'écoute, son soutien sans pareils et surtout cette confiance qu'il a placé en nous. Merci à vous et que Dieu bénisse vous et votre famille.
- ✓ Dr Guy Alain ALITONOU, Professeur Titulaire des Universités CAMES, Directeur de l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi ;
- ✓ Dr Vincent PRODJINONTO, Professeur titulaire des Universités CAMES, Directeur adjoint de l'Ecole Polytechnique d'Abomey – Calavi ;
- ✓ Dr Fidèle TCHOBO, Professeur titulaire des universités CAMES, Directeur du Centre Autonome de Perfectionnement, et son administration ;
- ✓ Dr Valéry DOKO, Maître de conférences des Universités CAMES, Chef du Département de Génie Civil de l'Ecole Polytechnique d'Abomey – Calavi ;
- ✓ Tous les professeurs qui nous ont enseigné du début jusqu'à la fin de notre formation.
- ✓ Tout le personnel du laboratoire de l'entreprise GIE sans qui les différents essais et analyses réalisés pour ce travail ne seraient possibles.
- ✓ A mon père HOUEDANOU Francis et à ma mère ALAPINI Eulalie pour tout leur sacrifice ;
- ✓ A ma sœur HOUEDANOU Estelle et à mon épouse GBEDO Sandrine pour tout leur soutien sans oublier mes enfants Onel et Jécolia

HOMMAGES

A notre maître de mémoire, Docteur Ingénieur Yémalin Daniel AGOSSOU.

Recevez l'expression de notre humble et profonde reconnaissance pour avoir guidé nos premiers pas dans la recherche scientifique, pour votre disponibilité et votre rigueur au travail. Sachez que notre séjour avec vous a été une indéniable source d'enrichissement scientifique. Devant les difficultés de la recherche vous nous avez toujours rassurés malgré tout. Effectivement nous y sommes arrivés, merci infiniment.

Hommages respectueux !!!

A nos membres du jury,

Nous sommes très honorés que notre travail soit soumis à votre appréciation. Soyez persuadés que vos critiques serviront à le parfaire. Trouvez dans cet hommage le témoignage de notre reconnaissance.

Hommages respectueux !!!

RESUME

L'urbanisation poussée de nos villes a engendré une forte demande des matériaux de construction habituellement utilisés pour la réalisation de différentes infrastructures à savoir : routes, bâtiments, ouvrages d'assainissement...etc. Il urge donc de trouver au plus vite des matériaux de substitution pour anticiper sur cette situation de rareté cruciale qui pointe déjà à l'horizon surtout pour le gravier et le sable fortement utilisés pour la réalisation des bétons de structure. Localement disponible et composée à la fois de granulats fins pouvant servir de sable et de granulats grossiers pouvant être utilisée comme gravier dans la formulation du béton, la latérite apparaît donc comme une planche de salut. Mais jusque-là, les modalités de son utilisation à l'état brute pour un béton de structure de qualité restent toujours indésirables. C'est ce qui a poussé plusieurs chercheurs à effectuer des études et des recherches sur les modalités d'utilisation de la latérite comme matériau de substitution aux sables et graviers. Dans cette liste de travaux de recherches et d'études sur les bétons de latérite, un a retenu notre attention, celui réalisé par un chercheur béninois sur la latérite de la carrière d'Attotinga située dans la commune d Allada, république du Bénin, où il a fini par obtenir un béton de qualité et de résistance à la compression appréciable. Dans notre mémoire, nous avons repris les études effectuées par ce chercheur, mais cette fois ci sur la latérite d'une autre carrière, d'une autre commune, d'une autre région du Bénin: la carrière d'Atchia située dans la commune de Zogbodomey. Les résultats obtenus sont comparés aux résultats de bétons de latérite de la carrière d'Allada et les conclusions sont tirees quant à l'utilisation de la latérite pour la formulation du béton de structure.

ABSTRACT

The extensive urbanization of our cities has generated a strong demand for construction materials usually used for the construction of different infrastructures, namely: roads, buildings, sanitation works, etc. It is therefore urgent to find substitute materials as quickly as possible to anticipate this situation of scarcity which is already on the horizon, especially for gravel and sand, which are widely used for the production of structural concrete. Locally available and composed of both fine aggregates that can be used as sand and coarse aggregates that can be used as gravel in the formulation of concrete, laterite therefore appears to be a lifeline. But until then, the modalities of its use for quality structural concrete still remain desirable. This is what pushed several researchers to carry out studies and research on the methods of using laterite as a substitute material for sand and gravel. In this list of research works and studies on laterite concretes, one caught our attention that carried out by a Beninese researcher on laterite from the Attotinga quarry located in the commune of Allada, Republic of Benin. Where firstly he separated the raw laterite into two classes of aggregates, 0/4 and 4/25; then, each of the classes of aggregates was washed in order to eliminate aggregates smaller than $63\mu\text{m}$. The concrete obtained is of appreciable strength and of much higher quality than that of raw laterite. Secondly, it removes washed class 4/25 aggregates and fragile aggregates through a sorting process. The concrete obtained has a more improved quality than the first and a higher strength. In our memory, we will resume the studies but this time on the laterite of another quarry, from another commune in Benin, the Atchia quarry located in the commune of Zogbodomey. The results obtained will be compared to the results of laterite concrete from the Allada quarry.

Table des matières

REMERCIEMENTS	ii
HOMMAGES	iii
RESUME	iv
ABSTRACT	v
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES FIGURES	ix
Introduction générale	1
PREMIERE PARTIE : ETAT DE L'ART	2
Chapitre I : Les latérites : définition, formation et localisation au Bénin	3
I- Introduction	3
II- Définition	3
III- Formation	4
IV- Localisation des sols latéritiques au Benin	5
V- Conclusion	7
Chapitre II : Généralité sur les bétons de latérite	8
I. Introduction	8
II. Les bétons de latérite réalisés par différents chercheurs	8
III. Conclusion	11
DEUXIEME PARTIE : UTILISATION DE LA LATERITE POUR LA FORMULATION DU BETON DE STRUCTURE	12
Chapitre I : Les travaux antérieurs	13
Introduction	13
I-	13
A) Origine et aspect	13
Fig. 1: Aspect de la latérite brute collectée	13
B) Caractérisation physico-chimique	13
III- Bétons	13
A) Constituants	13
B) Conception du mélange	13
C) Essais mécaniques	13
IV- Résultats	13
V- Conclusion	13
CHAPITRE II : Conception et essais sur le béton de latérite de la carrière d'ATCHIA	13
I- Introduction	13
II- Les latérites	13

A. Origine et Aspect.....	13
B. Caractéristiques physiques	15
III- Les bétons de latérite.....	25
A. Les constituants	25
a) Reconstitution théorique des granulats.....	35
b) Composition du béton	36
IV- Essais mécaniques sur béton durci	45
Troisième partie : Résultats et Discussions	48
Chapitre I : Résultats	49
I- Introduction	49
II- Résultats	49
A. Agrégats.....	49
B. Bétons de latérite	50
III- Conclusion.....	53
Chapitre II : Discussions	54
I- Introduction	54
II- Analyses.....	54
A. Agrégats.....	54
B. Bétons de latérite	56
III- Conclusion.....	57
IV- Conclusion générale	57
ANNEXE	60

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Analyse granulométrique de la latérite brute.....	15
Tableau 2 : Analyse granulométrique du 0/4 brute	16
Tableau 3 : Analyse granulométrique du 0/4 lavée	17
Tableau 4 : Analyse granulométrique du 4/25 brute	18
Tableau 5 : Analyse granulométrique du 4/25 lavée	19
Tableau 7 : Poids Spécifique du 0/4 brute.....	22
Tableau 8 : Poids Spécifique du 0/4 Lavée	23
Tableau 9 : Poids Spécifique du 4/25	23
Tableau10: Moyenne des valeurs obtenues lors des essais sur le 0/4 brute	26
Tableau 11: Moyenne des valeurs obtenues lors des essais sur le 0/4 lavée	26
Tableau 12: Moyenne des valeurs obtenues lors des essais sur le 4/25 brute	26
Tableau 13: Moyenne des valeurs obtenues lors des essais sur le 4/25 lavée	26
Tableau 14 : Reconstitution théorique des granulats du béton de latérite brute dosé à 400kg/m ³	32
Tableau 15 : hypothèses de calcul du béton de latérite brute dosé à 400kg/m ³	33
Tableau 16: Composition au m ³ de béton de latérite brute dosé à 400kg/m ³	34
Tableau 17 : Reconstitution théorique des granulats du béton de latérite brute dosé à 450kg/m ³	36
Tableau 18: Hypothèses de calcul du béton de latérite brute dosé à 450kg/m ³	37
Tableau 19: Composition au m ³ du béton de latérite brute dosé à 450kg/m ³	38
Tableau 20 : Reconstitution théorique des granulats du béton de latérite lavée dosé à 350kg/m ³	39
Tableau 21 : Hypothèses de calcul du béton de latérite lavée dosé à 350kg/ m ³	40
Tableau 22: Composition au m ³ du béton de latérite lavée dosé à 350kg/ m ³	41
Tableau 23 : Reconstitution théorique des granulats du béton de latérite lavée et triée dosé à 350kg/m ³	42
Tableau 24 : Résultats à 7 jours des essais de compression sur béton de latérite brute dosé à 400kg/m ³	50
Tableau 25 : Résultats à 28 jours des essais de compression sur béton de latérite brute dosé à 400kg/m ³	50
Tableau 26 : Résultats à 7 jours des essais de compression sur béton de latérite brute dosé à 450kg/m ³	51
Tableau 27 : Résultats à 28 jours des essais de compression sur béton de latérite brute dosé à 450kg/m ³	51
Tableau 28 : Résultats à 7 jours des essais de compression sur béton de latérite lavée dosé à 350kg/m ³	51
Tableau 29 : Résultats à 28 jours des essais de compression sur béton de latérite lavée dosé à 350kg/m ³	52
Tableau 30 : Résultats à 7 jours des essais de compression sur béton de latérite lavée et triée dosé à 350kg/m ³	52
Tableau 31 : Résultats à 28 jours des essais de compression sur béton de latérite lavée et triée dosé à 350kg/m ³	52

LISTE DES FIGURES

Fig. 1: Aspect de la latérite brute collectée	13
Fig.2 : Situation géographique de la carrière d'ATCHIA	14
Fig.3 : Carte de la commune de Zogbodomey	14
Fig 4. : Aspect de la latérite brute collectée dans carrière d'Atchia	14
Fig.5 : Aspect d'un échantillon de la latérite après lavage	14
Fig.6 : Courbe granulométrique de la latérite brute.....	15
Fig 7 : Courbe granulométrique du 0/4 brute	17
Fig.8 : Courbe granulométrique du 0/4 lavée.....	18
Fig.9 : Courbe granulométrique du 4/25 brute	19
Fig 10 : Courbe granulométrique du 4/25 lavée	20
Fig.11 : Courbe granulométrique du 4/25 lavée et triée	22
Fig. 12 Courbe granulométrique des granulats, de référence et du mélange théorique du béton de latérite brute dosé à 400kg/m ³	33
Fig.13 Courbe granulométrique des granulats, de référence et du mélange théorique du béton de latérite lavée dosé à 350kg/ m ³	40
Fig.14 Courbe granulométrique des granulats de référence et du mélange théorique du béton de	43

Introduction générale

La forte croissance de la population a engendré une urbanisation très poussée de nos villes ce qui a entraîné une forte demande d'utilisation des matériaux conventionnels, notamment le sable et gravier utilisés dans les travaux de constructions de routes et bâtiments, entraînant ainsi des situations de pénuries. C'est le moment pour nous ingénieurs en du génie civil d'anticiper sur la rareté de ces matériaux qui pointe déjà à l'horizon. Il est donc urgent de mener des recherches, des études appropriées et approfondies afin de trouver des matériaux de substitution. C'est donc ce qui a poussé plusieurs ingénieurs et chercheurs à faire des études sur les modalités d'utilisation de la latérite dans la formulation du béton. Mais ces études jusque-là sur le béton de latérite brute ont montré des limites, la résistance à la compression obtenu jusque-là restent faibles. Le présent mémoire se basant sur l'utilisation de la latérite pour formulation du béton de structure a pour objectif principal d'utiliser la latérite comme matériau de substitution à la fois au sable et au gravier pour la formulation du béton et pour objectif secondaire de trouver les éléments qui affaiblissent la résistance à la compression du béton de latérite. Il est divisé en trois parties :

La première partie comprenant deux chapitres nous renseigne sur l'état de l'art.

La deuxième partie composée de deux chapitres nous renseigne sur la méthodologie utilisée.

La troisième partie nous présente les différents résultats et les discussions y afférent.

PREMIERE PARTIE : ETAT DE L'ART

Chapitre I : Les latérites: définition, formation et localisation au Bénin

I- Introduction

Les latérites sont des ressources minérales granulaires facilement disponibles pour la construction dans de nombreuses régions tropicales d’Afrique, d’Australie, d’Inde, du Sud Est d’Asie et d’Amérique du Sud. Ces matériaux résultent de l’altération de diverses roches mères qui affleurent sous l’effet du climat et de la végétation. Notre pays le Bénin dispose abondamment de ce type de ressource.

Actuellement, les latérites sont principalement utilisées pour constituer les couches de fondation et de base des chaussées sous forme de graviers naturels ou de graviers améliorés au ciment. Dans le secteur du bâtiment, en plus des constructions traditionnelles en terre (latérites), depuis peu, les latérites sont utilisées localement pour la fabrication des briques ou blocs stabilisées au ciment pour la construction de murs de remplissage ou de murs porteurs de maisons individuelles. Dans le contexte actuel où la raréfaction des ressources granulaires traditionnelles a commencé par se faire sentir, ce matériau pourrait servir de matériau de substitution intéressant d’abord à l’échelle locale pour la fabrication du béton (armé) destiné à être utilisé dans les structures et ossatures de bâtiments actuels (dalles, linteaux, poteaux, poutre, etc...).

Mais les quelques tentatives de conception de béton de latérite ont donné des résultats peu concluants. Ces bétons présentent très souvent de difficultés de mise en œuvre à l’état frais (ouvrabilité, etc...) et de faibles performances mécaniques (résistance) à l’état durci. Il est donc important d’essayer d’identifier les causes de ces difficultés et de proposer d’éventuelles solutions technologiques simples visant à surmonter ces différents obstacles. Que devons-nous savoir de façon générale sur la latérite ?

II- Définition

La latérite (du latin later (brique), est une roche rouge ou brune, qui se forme par altération des roches sous les climats tropicaux. En 1799, suite à la défaite du sultan de Mysore Tippoo-Saïb face aux britanniques, un médecin de la Compagnie des Indes orientales, Francis Buchanan, chargé en 1800 de faire l’inventaire des territoires nouvellement conquis, créait le mot Latérite (Bourgeon & Gunnel, 2005). Dans sa publication “A JOURNEY THROUGH THE

COUNTRIES OF MYSORE, CANARA AND MALABAR'' DE 1807, Il décrit la latérite en ces termes : « C'est un des meilleurs matériaux de Construction, rempli de cavités et de pores, possédant de grandes quantités de fer et de coloration rouge et jaune. L'intérieur du matériau, s'il est à l'abri de l'air, est si tendre que tout instrument métallique le coupe. Aussitôt taillé la forme voulue, la masse devient aussi dure qu'une brique et résiste à l'eau et à l'air, bien mieux que toute brique que j'ai vue aux indes ». Le terme latérite donné par Buchanan trouve sa racine du latin, « later », qui signifie brique.

Quels sont les éléments qui influent sur la formation de la latérite ?

III- Formation

Le phénomène de latéritisation est un processus de formation des sols spécifiques dans les régions tropicales chaudes et humides. Il s'agit d'une altération de la roche mère. La

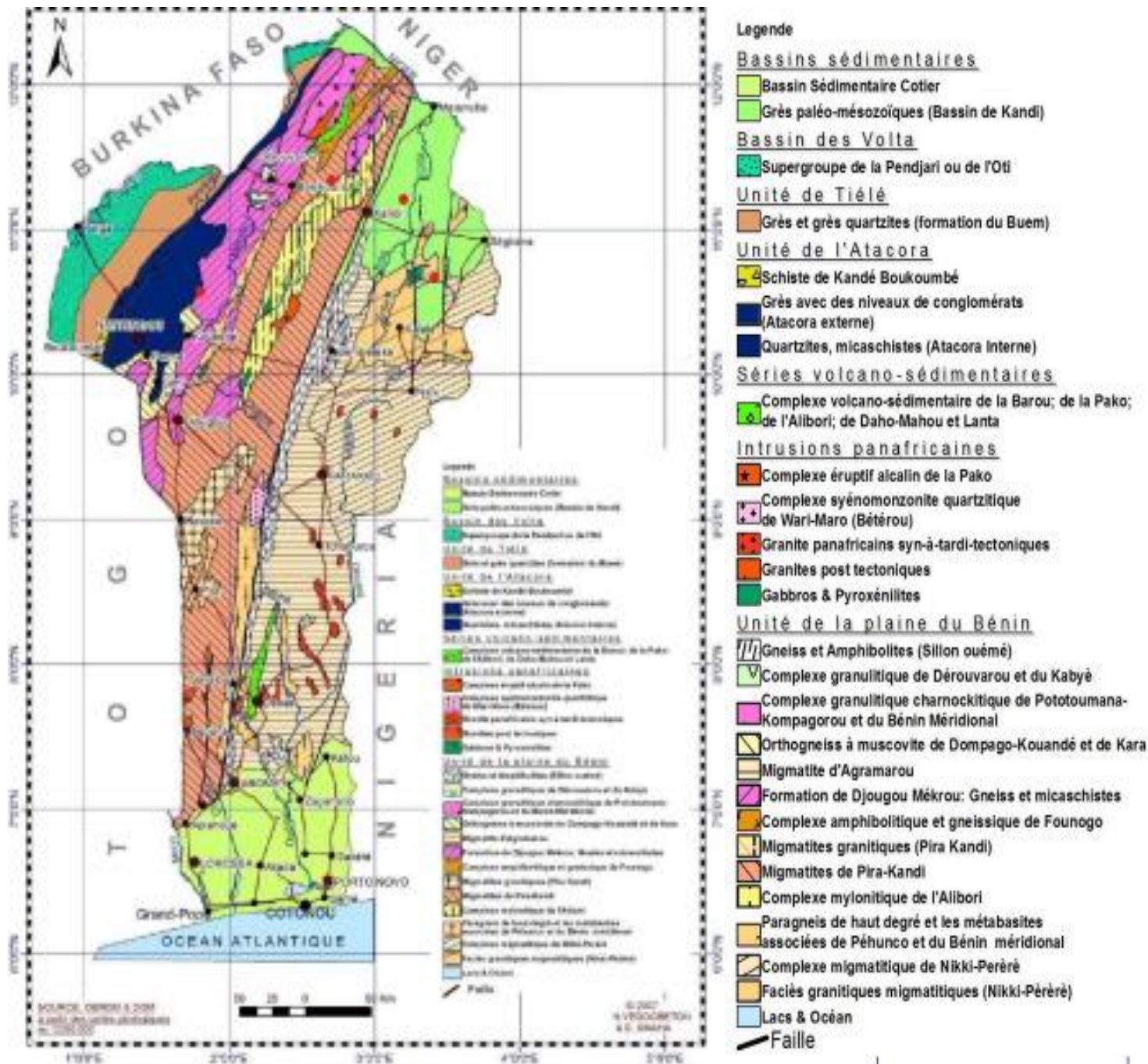
Caractéristique essentielle de cette altération réside dans une mise en solution puis un départ de la silice ; On parle du phénomène de lessivage. Ce phénomène doit être accompagné d'un enrichissement en fer et en alumine sous forme de sesquioxydes Fe_2O_3 et Al_2O_3 . (AUTRET, Etudes latérites et graveleux latéritiques, 1983). Plusieurs facteurs sont à la cause de cette altération de la roche. Parmi celles-ci, nous pouvons citer le climat, la topographie, la végétation, la roche mère, le temps etc.... Pour ce qui est du climat, il agit sur le processus de latérisation essentiellement via la température et le bilan hydrique. En effet la température a une action qui est prépondérante car participe à la formation d'oxyde de fer (Fe_2O_3) et d'alumine (Al_2O_3). La pluviométrie n'est pas non plus le moindre des facteurs dans le phénomène aboutissant à formation latéritique. En effet, pour qu'il y ait de la latérite issue d'une oxydation, il faut d'abord une grande quantité d'eau assurant le lessivage de la roche mère. La pluviométrie dans la totalité des pays tropicaux est suffisamment capable d'assurer ce phénomène de lessivage ascendant ou descendant de la roche. Le phénomène d'alternation de la saison pluvieuse et de la saison sèche est reconnu comme un phénomène caractéristique du bilan hydrique. Selon que le bilan hydrique est excédentaire ou déficitaire, nous avons un lessivage continu ou avec pauses. En plus du climat, nous reconnaissons l'influence de la topographie dans le phénomène de latérisation. En effet comme indiqué précédemment, le phénomène nécessite de l'eau pour le lessivage et de l'oxydation. C'est ainsi que la topographie du terrain (pente du terrain naturel) va permettre le transport de l'eau jusqu'à la roche qui subira le lessivage. Une zone plate permettra un meilleur stockage de l'eau qu'un terrain sur une forte pente. Il est donc logique qu'on remarque les carapaces latéritiques sur des terrains plats et

rarement sur les pentes (Alexandre, 2002). Le temps est également l'un des facteurs prépondérants qui influent sur le phénomène de lessivage. « Nombreux sont les observateurs qui ont remarqué, quelques années après l'ouverture d'une tranchée dans un massif argileux latéritique, un durcissement de surface du matériau, d'où l'idée que le phénomène de latérisation est un processus court portant sur quelques décennies » (AUTRET, Etudes latérites et graveleux latéritiques, 1983). En effet la présence d'eau dans les pores des roches sur une longue durée contribue à la latérisation. Pour ne détailler que les aspects survolés ci-dessus, il est à retenir que la végétation influe sur le type de dépôt latéritique pendant qu'on est en forêt ou en savane. Egaleme nt en fonction du type de roche mère qui a été lessivé, nous obtiendrons divers types de productions latéritiques.

Où peut-on rencontrer les sols latéritiques au Benin ?

IV- Localisation des sols latéritiques au Benin

Jusqu'à ce jour, une carte nationale de localisation de nos gisements de latérite n'est pas encore disponible. Mais force est de constater que les sols latéritiques se rencontrent un peu partout au Benin : du Nord au Sud en passant par le Centre, et de l'Est à l'Ouest. La latérite apparaît donc comme le probable matériau de substitution localement disponible pour la réalisation de nos différentes constructions si les différentes conditions sont réunies pour son utilisation comme matériau de substitution aux matériaux sable et gravier.



Carte géologique du Bénin

Synthèse

La latérite un matériau issu de l'altération de la roche mère se rencontre dans les régions chaudes et humides. C'est ainsi qu'elle se rencontre un peu partout au Bénin. C'est donc un matériau localement disponible.

V- Conclusion

La latérite, un matériau localement disponible sur le plan national se forme par un processus d'altération de la roche mère sous l'influence de plusieurs facteurs à savoir : la température, l'eau, la topographie, la végétation etc....La disponibilité de ce matériau sur le plan local fait donc de lui un probable matériau de substitution des matériaux habituellement utilisés dans la formulation des différents bétons.

Que devons-nous savoir alors sur les études antérieures réalisées par les différents chercheurs sur la formulation de béton de latérite?

C'est ce qui fera l'objet dans le chapitre suivant.

Chapitre II : Généralité sur les latérites et bétons de latérite

I. Introduction

Le béton de base, c'est-à-dire le béton normal, est une combinaison de matériau cimentaire, de granulats fins et grossiers d'eau. Il existe de nombreuses formulations de béton, qui offrent des propriétés variées. Le béton est le mélange de granulats fins et grossiers avec une pâte de ciment et de l'eau. Etant donné que les granulats sont un constituant important, la disponibilité des granulats fins, a été un défi au cours de ces dernières années. L'exploitation des granulats a eu une incidence sur la fourniture, la protection et la réglementation des services éco systémiques. Le sable et le gravier sont exploités dans le monde entier et représentent le plus grand volume de matériaux solides extraits au niveau mondial. Formés par des processus érosifs sur des milliers d'années, ils sont aujourd'hui extraits à un rythme bien supérieur à leur renouvellement. En outre, le volume extrait a un impact majeur sur les rivières, les deltas et les écosystèmes côtiers et marins, entraînant la perte de terres par l'érosion fluviale ou côtière, l'abaissement de la nappe phréatique et la diminution de l'apport en sédiments. Une estimation prudente de la consommation mondiale de granulats dépasse les 40 milliards de tonnes par an. Une façon de réduire la consommation de sable est d'optimiser l'utilisation des bâtiments et des infrastructures. Les matériaux de construction recyclés et les poussières de carrière peuvent remplacer le sable. D'après les enquêtes réalisées, le sol latéritique peut être utilisé pour remplacer le sable dans les structures en béton. De nouvelles lois et réglementations, ainsi que des incitations, sont nécessaires pour amorcer un changement et réduire notre dépendance du sable. Les matériaux renouvelables et recyclés doivent être utilisés pour la construction des maisons et des routes. Ainsi plusieurs chercheurs ont étudié de façon expérimentale le comportement du béton fabriqué avec la latérite brute et d'autres matériaux.

II. Les bétons de latérite réalisés par différents chercheurs

- Raju et Ramakrishna en 1972 ont étudié expérimentalement le comportement d'un béton fabriqué exclusivement avec de la latérite provenant de la côte sud-ouest de l'Inde. Les mélanges avaient un rapport eau/ciment compris entre 0,5 et 0,6 et un rapport agrégat/ciment compris entre 0,4 et 0,6. Les résistances à la compression obtenue étaient comprises entre 5 MPa et 10 MPa, bien inférieures à celles du béton de granite concassé de même composition qui a servi de référence.
- Balogun et Adepegba en 1982 ont étudié l'effet de la variation des proportions optimales de latérite nigériane dans un béton latéritique (béton dans lequel tous les

agréats sont d'origine latéritique), en utilisant un rapport constant de masse eau/ciment de 0,65. La taille maximale des granulats était de 19 mm et la fraction fine était constituée de sable latéritique et de filets latéritiques. Ils ont montré que les proportions de ciment, de granulats fins et grossiers qui conduisent à une meilleure résistance mécanique sont respectivement de 1/1,5/3. Ils ont ensuite recommandé que la teneur optimale en charges latéritiques dans le béton de latérite ne dépasse pas 50% du volume total des agrégats fins.

- Faladé en 1994 a étudié l'influence du rapport eau/ciment et du rapport latérite/ciment sur l'ouvrabilité et les propriétés mécaniques des bétons où le sable conventionnel est remplacé par du sable de latérite. Il montre que l'ouvrabilité augmente avec l'augmentation des deux ratios, mais que la résistance à la compression diminue de manière concomitante. Le mélange optimal pour un rapport eau/ciment de 0,5 est donc de 1/1/2 (ciment/sable/granat grossier).
- Osunade en 2002 a étudié la résistance à la compression et à la traction du béton de latérite où le sable latéritique est progressivement remplacé par du sable granitique concassé. Le sable latéritique utilisé provenait de l'État d'Osun au Nigeria (site d'Ife-Ifewara). On a constaté que la substitution augmentait la résistance à la compression, au moins jusqu'à un maximum de 50% de sable latéritique. Le béton de latérite contenant 40% de sable granitique peut être utilisé pour le coulage de fondations massives sans vibration, tandis que 20% à 40% de sable granitique est recommandé pour les chaussées compactées manuellement.
- Ukpata et al en 2012 ont étudié la résistance à la compression du béton en utilisant du sable de latérite et des fines de carrière comme granulats fins et du granite concassé comme granulats grossiers. Ces matériaux ont été obtenus à partir de différents sites dans l'État de Cross River, au Nigeria. En faisant varier les proportions de latérite et de fines de carrière de 0% à 100% par incréments de 25% et le rapport eau/ciment de 0.5 à 0.7, ils ont obtenu des bétons durcis avec une densité comprise entre 2,293 kg/m³ et 2,447 kg/m³ et des résistances à la compression comprises entre 17 MPa et 34.2 MPa. Cependant, on a constaté que la résistance diminuait avec l'augmentation de la quantité de latérite. Ils concluent que la combinaison des fines de carrière et de la latérite peut remplacer le sable conventionnel dans les structures à condition que la quantité de latérite ne dépasse pas 50%.
- Kamaruzaman et Muthusamy en 2012 ont étudié les caractéristiques mécaniques du béton où les granulats grossiers concassés ont été remplacés par des nodules de latérite

provenant de l'état de Pahang en Malaisie. Ils ont constaté que les résistances à la compression et à la flexion, ainsi que le module d'élasticité, diminuaient à mesure que le volume des nodules latéritiques augmentait. Ils concluent qu'une substitution de 10% des granulats grossiers concassés par des nodules latéritiques peut donner un béton aux propriétés mécaniques comparables à celles d'un béton normal. Une substitution allant jusqu'à 30% peut produire un béton avec une résistance à la compression d'environ 30 MPa.

- Ephraïm et al en 2016 au Nigéria ont mesuré les propriétés de bétons avec différents ratios eau/ciment où les gros granulats ont été progressivement remplacés par des nodules latéritiques. Pour un béton avec un rapport eau/ciment de 0,6 et des proportions respectives de ciment, de sable et de gros granulats de 1/2/4, la résistance à la compression obtenue est de 19,1 MPa. Pour un béton avec un rapport eau/ciment de 0,55 et des proportions de 1/1,5/3, la résistance atteint 24,7 MPa. Les auteurs concluent que le béton de nodules latéritiques peut être utilisé pour des structures à faible portance.
- Yémalin D. AGOSSOU et al en 2022 ont étudié l'utilisation des latérites du Bénin pour le calcul des mélanges de béton structurel. Ils ont dans un premier temps mesuré la résistance à compression d'un béton réalisé avec de la latérite brute provenant de la carrière d'Attotinga commune d'Allada où ils ont séparé les granulats fins de tailles 0/4 des granulats tailles 4/25 (gros granulats). La résistance obtenue pour un béton dont le rapport eau/ciment = 0,5 et (gros granulats) / (granulats fins) = 2,5 pour un dosage de ciment de 450 kg/m³ de béton est de 22,7 MPa à 28 jours. Ils ont alors décidé de laver les deux classes de granulats pour les débarrasser des granulats fins de taille inférieure à 63 µm. Le béton obtenu avec un rapport eau/ciment = 0,55 et (gros granulats) / (granulats fins) = 1,8 pour un dosage de ciment de 350 kg/m³ de béton a une résistance de 27,5 MPa à 28 jours. Dans un troisième temps ils ont passé au tri des granulats de tailles 4/25 pour éliminer les granulats les moins résistants et ne retenir que les plus résistants. La résistance du béton obtenu dans les mêmes proportions et conditions que le précédent est entre 29 MPa et 35,7 MPa à 28 jours. Ils en concluent alors que l'utilisation de la latérite brute sans un traitement en amont ne donne pas un béton de qualité satisfaisante même si le dosage de ciment est élevé. Cet obstacle a pu être surmonté en grande partie lors que le matériau est débarrassé des particules (argile) et on peut encore plus améliorer la qualité du béton si après avoir débarrassé la latérite des particules argileuses on le débarrasse aussi des granulats

grossiers moins résistants.

Synthèse

L'utilisation de la latérite brute comme matériaux de formulation des bétons de structure reste encore désirable seuls les bétons dans lesquels la latérite a subir de traitements ou combinée avec d'autre matériaux ont produit des résultats plus ou moins satisfaisants en matière de résistance à la compression.

III. Conclusion

Les études réalisées jusque-là ont montré que l'utilisation de la latérite à l'état brute pour la réalisation du béton d'usage ne nous donne pas des bétons de qualité satisfaisante. Il est donc impératif de faire subir des traitements au matériau brut pour avoir des bétons de qualités plus ou moins satisfaisantes qui se rapprochent des qualités de béton habituellement utilisé dans nos différentes constructions. Dans la partie suivante, les travaux du docteur ingénieur Yémalin D. AGOSSOU et al en quintessence serviront de base pour nos travaux sur la latérite d'autre carrière, d'autre commune, d'autre région du Bénin. Les résultats trouvés seront comparés aux résultats de l'ingénieur docteur et les différentes conclusions seront quant à l'utilisation de la latérite pour le béton de structure.

DEUXIEME PARTIE : UTILISATION DE LA LATERITE POUR LA FORMULATION DU BETON DE STRUCTURE

CHAPITRE III : Conception et essais sur le béton de latérite de la carrière d'ATCHIA

I- Introduction

Plusieurs chercheurs ont travaillé sur les modalités d'utilisation de la latérite comme matériau de conception de nos bétons d'usage. Dans le chapitre précédent, des chercheurs ont faits des études sur l'utilisation des latérites du Bénin pour le calcul des mélanges de béton structurel. Les différents essais et études ont été réalisés sur les latérites de la carrière d'Attotinga l'une des carrières du Sud BENIN située dans l'arrondissement d'Agbanou, commune d'Allada. Dans ce chapitre, nous allons réaliser dans les mêmes conditions les mêmes essais sur les bétons de la latérite de la carrière d'Atchia située dans l'arrondissement de Cana II, commune de Zogbodomey. Les résultats qui sortiront de nos essais seront confrontés aux résultats obtenus sur la latérite de la carrière d'Allada pour enfin tirer des conclusions.

II- Les latérites

A. Origine et Aspect

Les latérites utilisées pour notre étude dans ce chapitre, proviennent de la carrière du village d'Atchia, arrondissement de Cana II, commune de Zogbodomey. C'est une carrière exploitée par l'entreprise PORTEO BENIN dans le cadre de réalisation des travaux de construction de la route Abomey-Cana et de la réalisation des voies du projet Asphaltage dans la commune d'Abomey.

Localisation de la carrière d'Atchia arrondissement de Cana II, Commune de Zogbodomey



Fig 2 : Carte du Bénin

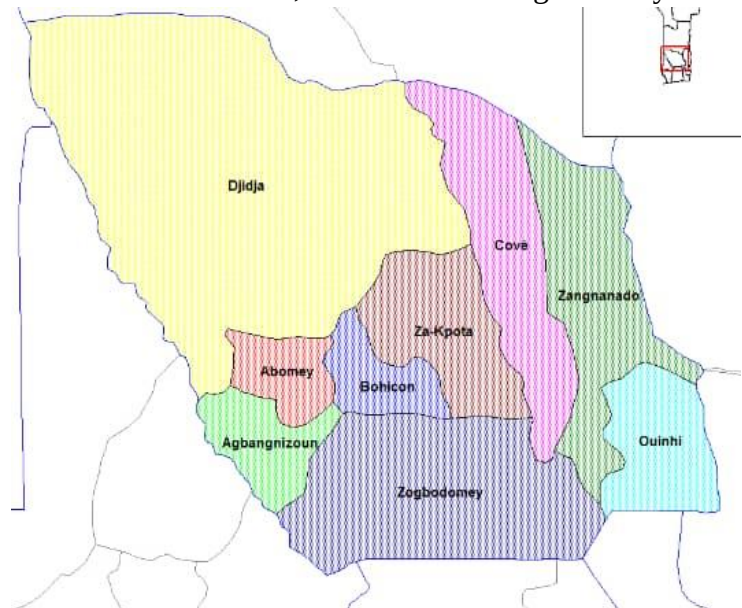


Fig 3 : Carte du département de ZOU

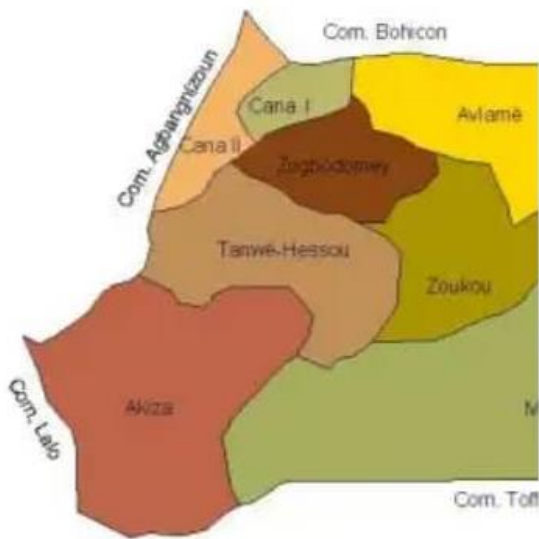


Fig.4 : Carte de la commune de Zogbodomey

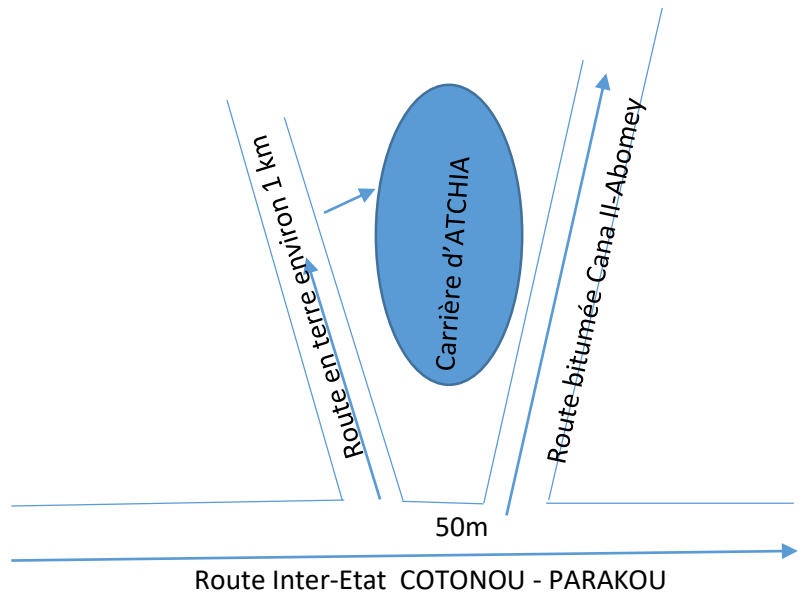


Fig.5 : Situation géographique de la carrière d'ATCHIA

Située à environ 1km de la route Inter-Etat COTONOU – PARAKOU la carrière de latérite d'ATCHIA se retrouve dans l'arrondissement de CANAN II, commune de ZOGBODOMEY.



Fig 6. : Aspect de la latérite brute collectée dans carrière d'Atchia



Fig.7 : Aspect d'un échantillon de la latérite après lavage

B. Caractéristiques physiques

1) Analyse granulométrique

1-1 Analyse granulométrique de la latérite brute

Tableau 1 : Analyse granulométrique de la latérite brute

Echantillon		PS= 4879g		
Tamis A.F.N.O.R		Poids cumules En (g)	Refus en %	Passants en %
Module	Ouverture			
A G	40			
	31,5	20		
	25	69	1	99
	20	148	3	97
	16	241	5	95
	12,5	541	11	89
	10	710	15	85
	8	1032	21	79
	6,3	1391	29	71
	5	1864	38	62
	4	2382	49	51
	3,15	2811	58	42
	2	3189	65	35
	0,5	3397	70	30
	0,4	3409	70	30
	0,200	3443	71	29
	0,08	3602	74	26
	0,063			
	Fond			

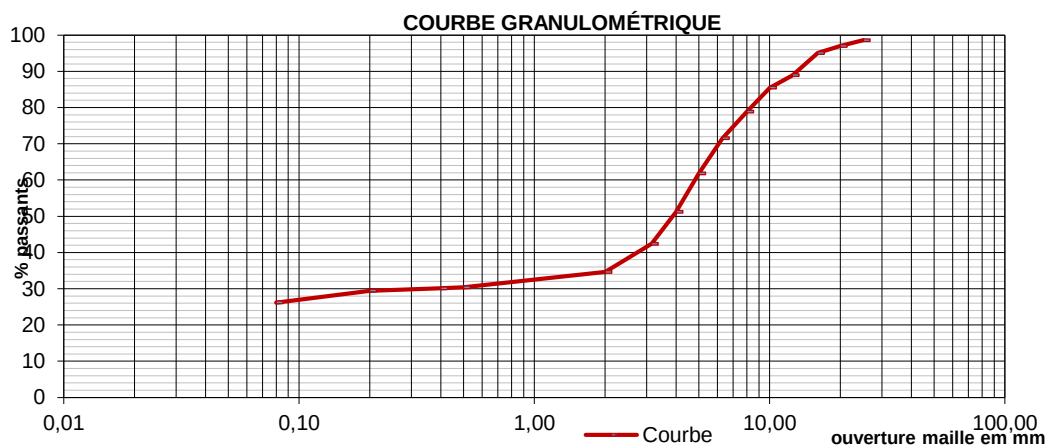


Fig.8 : Courbe granulométrique de la latérite brute

1.2. Analyse granulométrique des granulats de classes 0/4 et 4/25

Les granulats de classes 0/4 et 4/25 sont utilisés pour la formulation des différents types de bétons. Ainsi, les tamis 25mm et 4mm ont été utilisés pour extraire de la latérite brute dans un premier temps les granulats de classe 0/25 et en suite séparer les granulats de classe 0/4 et 4/25. Une partie de chacune des classes de granulats 0/4 et 4/25 obtenus a subi un lavage à eau pour être ensuite analysée.

1.2.1. Analyse granulométrique du 0/4

a) Analyse granulométrique du 0/4 brute

Tableau 2 : Analyse granulométrique du 0/4 brute

Echantillon		PS= 1307g		
Tamis A.F.N.O.R		Poids cumules En (g)	Refus en %	Passants en %
Module	Ouverture			
A G	4	3	0	100
	3,15	73	6	94
	2,5	272	21	79
	2	378	29	71
	1,25	471	36	64
	0,800	496	38	62
	0,630	503	38	62
	0,500	507	39	61
	0,400	511	39	61
	0,200	522	40	60
	0,16	525	40	60
	0,125	533	41	59
	0,08	581	44	56
	0,063	590	45	55

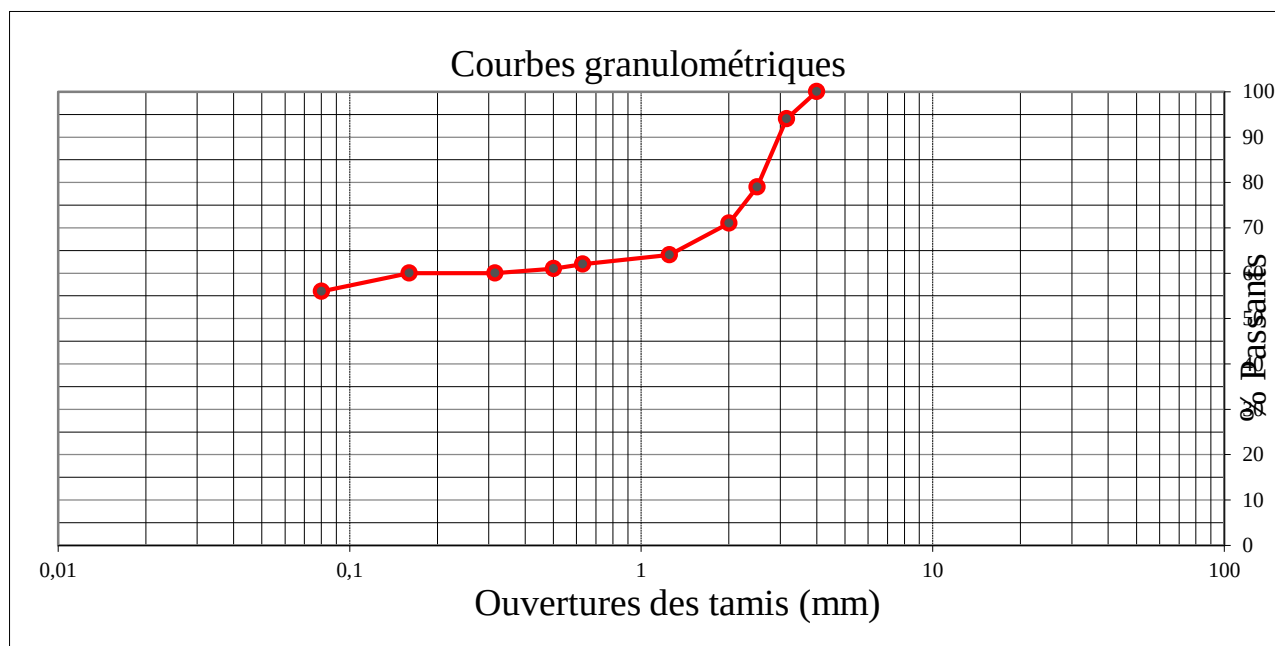


Fig 9 : Courbe granulométrique du 0/4 brut

b) Analyse granulométrique du 0/4 lavée

Tableau 3 : Analyse granulométrique du 0/4 lavée

Echantillon		PS= 1303g		
Tamis A.F.N.O.R		Poids cumulés En (g)	Refus en %	Passants en %
Module	Ouverture			
A G	4	3	0	100
	3,15	135	10	90
	2,5	362	28	72
	2	488	37	63
	1,25	663	51	49
	0,800	795	61	39
	0,630	870	67	33
	0,500	920	71	29
	0,400	953	73	27
	0,250			
	0,200	1111	85	15
	0,16	1131	87	13
	0,125	1154	89	11
	0,08	1243	95	5
	0,063	1270	97	3

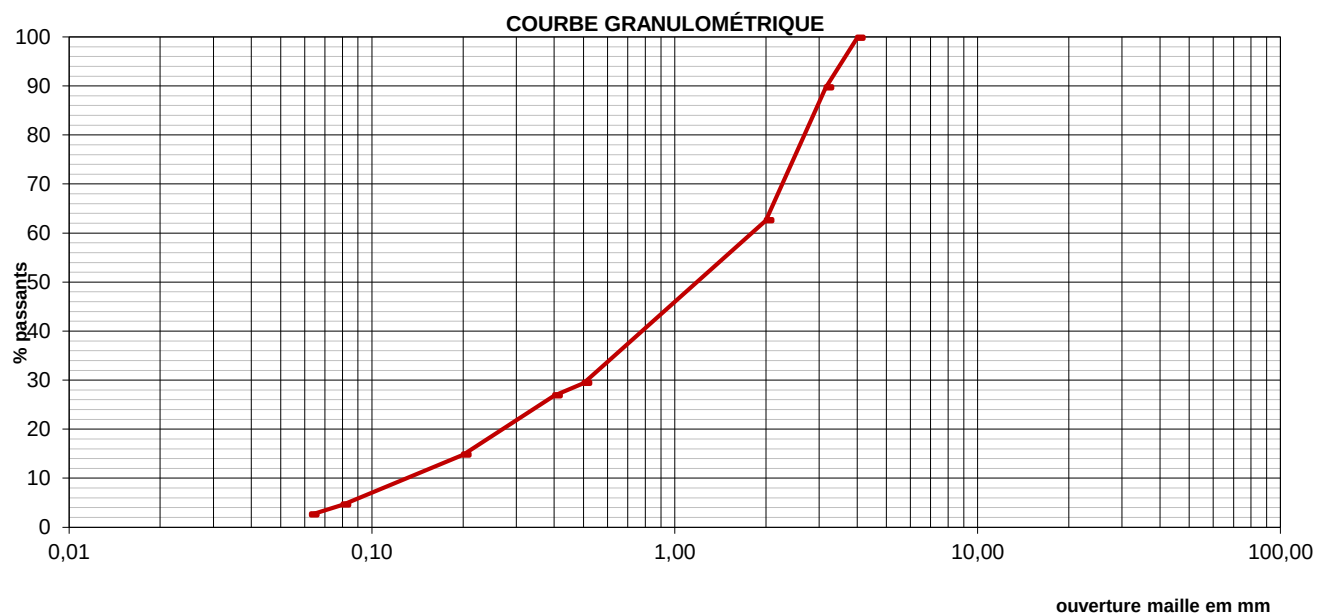


Fig.10 : Courbe granulométrique du 0/4 lavée

1.2.2. Analyse granulométrique du 4/25

a) Analyse granulométrique du 4/25 brute

Tableau 4 : Analyse granulométrique du 4/25 brute

Echantillon		PS= 5021g		
Tamis A.F.N.O.R		Poids cumulés En (g)	Refus en %	Passants en %
Module	Ouverture			
A G	40			
	31,5			
	25	0	0	100
	20	70	1	99
	16	297	6	94
	14	487	10	90
	12,5	691	14	86
	10	1074	22	78
	8	1715	35	65
	6,3	2433	49	51
	5	3273	66	34
	4	4418	89	11
	3,15	4712	95	5
	2,5	4846	98	2
	2	4869	99	1
	1,25	4875	99	1
	1			
	0,8			

	0,63			
	0,5			
	0,4			
	0,315			
	0,250			
	0,200			
	0,160			
	0,125			
	0,08			
	0,063			
	Fond			

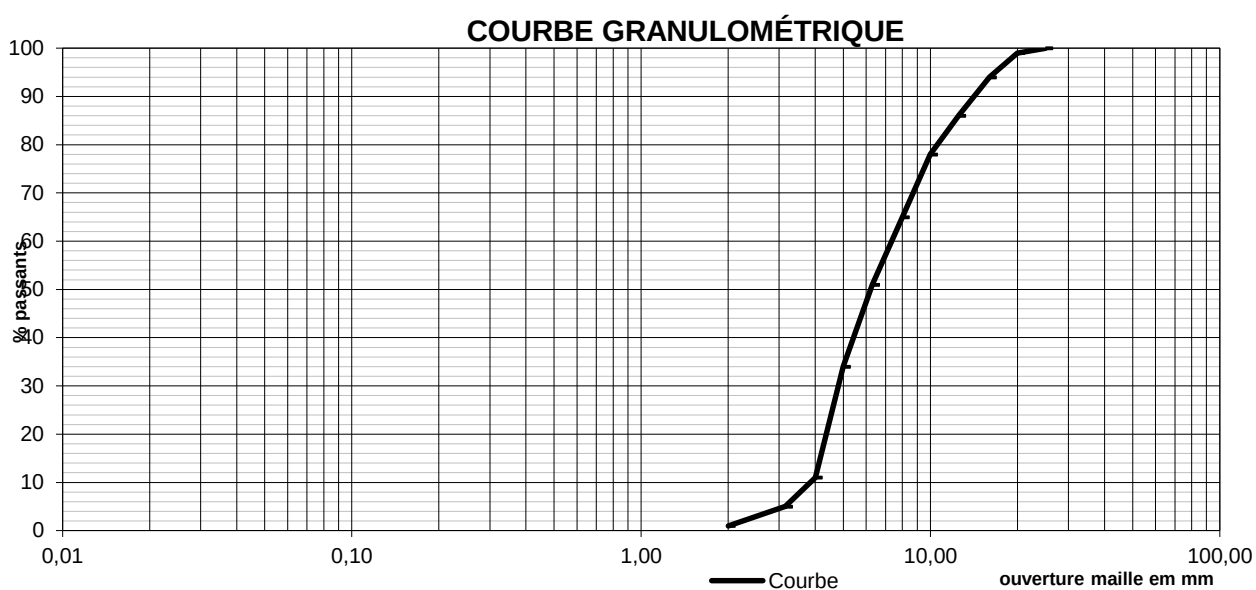


Fig.11 : Courbe granulométrique du 4/25 brute

Tableau 5 : Analyse granulométrique du 4/25 lavée

Echantillon		PS= 5021g		
Tamis A.F.N.O.R		Poids cumules En (g)	Refus en %	Passants en %
Module	Ouverture			
A G	40			
	31,5			
	2 5	0	0	100
	20	187	4	96
	16	376	7	93
	14	567	11	89
	12,5	767	15	85

10	1063	21	79
8	1603	32	68
6,3	2301	46	54
5	3313	66	34
4	4390	87	13
3,15	4809	96	4
2,5	4831	96	4
2	4832	96	4
1,25	4840	96	4
0,8	4850	97	3
0,63	4854	97	3
0,5	4848	97	3
0,4	4863	97	3
0,200	4887	97	3
0,160	4896	98	2
0,125	4909	98	2
0,08	4980	99	1
0,063	4999	100	0
Fond	5017	100	0

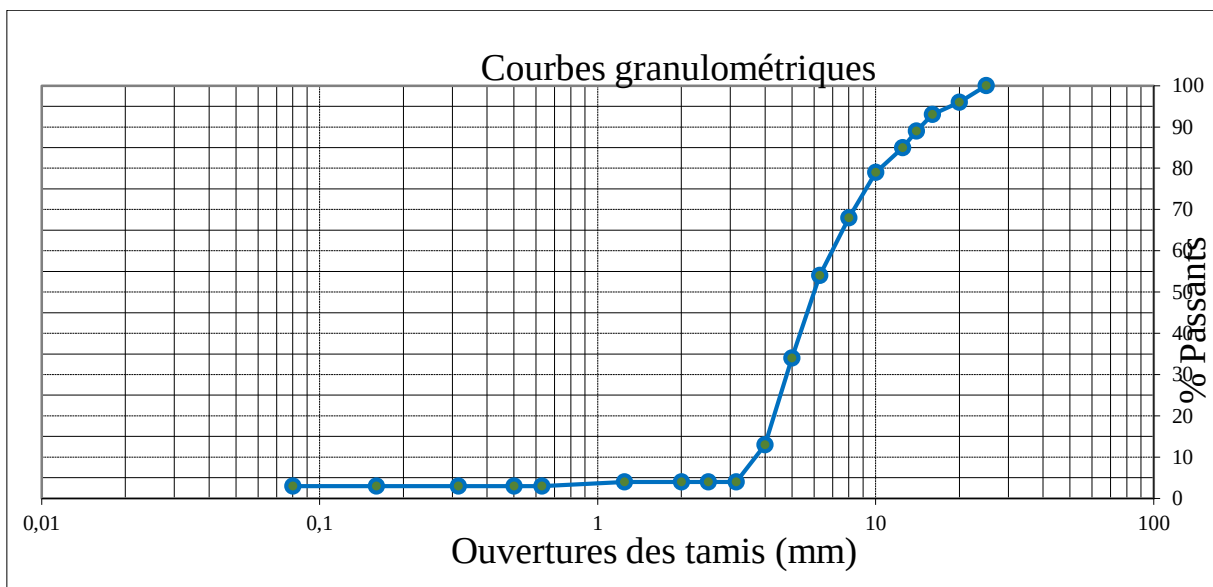


Fig 12 : Courbe granulométrique du 4/25 lavée

c) Analyse granulométrique du 4/25 lavée et triée

Tableau 6 : Analyse granulométrique du 4/25 lavée et triée

Echantillon		PS= 5148g		
Tamis A.F.N.O.R		Poids cumules En (g)	Refus en %	Passants en %
Module	Ouverture			
A G	40			
	31,5			
	2 5	0	0	100
	20	61	1	99
	16	253	5	95
	14	472	9	91
	12,5	739	14	86
	10	1147	22	78
	8	1871	36	64
	6,3	2572	50	50
	5	3403	66	34
	4	4702	91	9
	3,15	4897	95	5
	2,5	5063	98	2
	2	5103	99	1
	1 ,25	5119	99	1
	1			
	0,8			
	0,63			
	0,5			
	0,4			
	0,315			
	0,250			
	0,200			
	0,160			
	0,125			
	0,08			
	0,063			
	Fond			

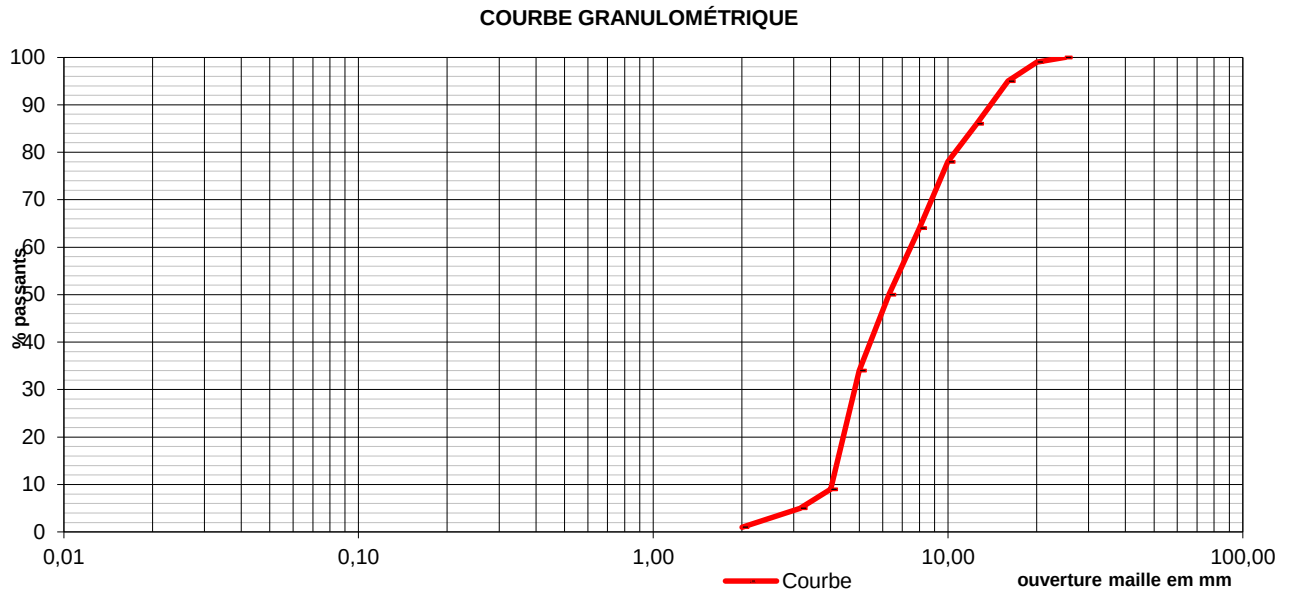


Fig.14 : Courbe granulométrique du 4/25 lavée et triée

2) La Densité Absolue ou Poids Spécifique

2-1 La Densité Absolue ou Poids Spécifique du 0/4

a) La Densité Absolue ou Poids Spécifique du 0/4 brute

Tableau 7 : Poids Spécifique du 0/4 brute

N° ligne	Désignations	Unités	Formules	Echantillons	
				1	2
1	Poids du pycnomètre vide	g		237,3	237,3
2	Poids du pycnomètre + Eau	g		1209,8	1209,8
3	Température de l'eau	°C		19	20
4	Densité de l'eau	g/cm ³		0,9984	0,9984
5	Volume de l'eau = Volume du pycnomètre	cm ³	(2-1)/4	974,5	974,5
6	Poids du pycnomètre + Matériau	g		1034,8	1034,5
7	Poids du pycnomètre + Eau + Matériau	g		1710,1	1709,0
8	Poids Matériau	g	(6-1)	797,5	797,2
9	Température de l'eau	°C		20	21
10	Densité de l'eau	g/cm ³		0,9982	0,9982
11	Volume du Matériau	cm ³	(5-(7-6)/10)	297,99	298,78
12	Densité	g/cm ³	(10*8)/11	2,67	2,66
Moyenne		g/cm ³		2,67	

a) La Densité Absolue ou Poids Spécifique du 0/4 lavée

Tableau 7 : Poids Spécifique du 0/4 brute

N° ligne	Désignations	Unités	Formules	Echantillons	
				1	2
1	Poids du pycnomètre vide	g		237,3	237,3
2	Poids du pycnomètre + Eau	g		1209,8	1209,8
3	Température de l'eau	°C		19	20
4	Densité de l'eau	g/cm ³		0,9984	0,9984
5	Volume de l'eau = Volume du pycnomètre	cm ³	(2-1)/4	974,5	974,5
6	Poids du pycnomètre + Matériau	g		1032,93	1032,8
7	Poids du pycnomètre + Eau + Matériau	g		1708,2	1707,8
8	Poids Matériau	g	(6-1)	795,63	795,5
9	Température de l'eau	°C		20	21
10	Densité de l'eau	g/cm ³		0,9982	0,9982
11	Volume du Matériau	cm ³	(5-(7-6)/10)	298,01	298,28
12	Densité	g/cm ³	(10*8)/11	2,67	2,66
Moyenne		g/cm ³		2,67	

2-2 La Densité Absolue ou Poids Spécifique du 4/25

a) Densité Absolue ou Poids Spécifique du 4/25 brute

Tableau 9 : Poids Spécifique du 4/25 brute

N° ligne	Désignations	Unités	Formules	Echantillons	
				1	2
1	Poids du pycnomètre vide	G		237,3	237,3
2	Poids du pycnomètre + Eau	G		1210,2	1210,2
3	Température de l'eau	°C		19	20
4	Densité de l'eau	g/cm ³		0,9984	0,9982
5	Volume de l'eau = Volume du pycnomètre	cm ³	(2-1)/4	974,5	974,7
6	Poids du pycnomètre + Matériau	G		1198,3	1198,3
7	Poids du pycnomètre + Eau + Matériau	G		1847,6	1847,5
8	Poids Matériau	G	(6-1)	962	962
9	Température de l'eau	°C		20	21
10	Densité de l'eau	g/cm ³		0,9982	0,9980

11	Volume du Matériau	cm ³	$(5-(7-6))/10$	325,0	325,2
12	Densité	g/cm ³	$(10*8)/11$	2,96	2,96
Moyenne		g/cm ³	2,96		

b) Densité Absolue ou Poids Spécifique du 4/25 lavée

Tableau 9 : Poids Spécifique du 4/25 lavée

N° ligne	Désignations	Unités	Formules	Echantillons	
				1	2
1	Poids du pycnomètre vide	G		237,3	237,3
2	Poids du pycnomètre + Eau	G		1210,2	1210,2
3	Température de l'eau	°C		19	20
4	Densité de l'eau	g/cm ³		0,9984	0,9982
5	Volume de l'eau = Volume du pycnomètre	cm ³	$(2-1)/4$	974,5	974,7
6	Poids du pycnomètre + Matériau	G		1198,3	1198,3
7	Poids du pycnomètre + Eau + Matériau	G		1847,6	1847,5
8	Poids Matériau	G	$(6-1)$	962	962
9	Température de l'eau	°C		20	21
10	Densité de l'eau	g/cm ³		0,9982	0,9980
11	Volume du Matériau	cm ³	$(5-(7-6))/10$	325,0	325,2
12	Densité	g/cm ³	$(10*8)/11$	2,96	2,96
Moyenne		g/cm ³	2,96		

c) Densité Absolue ou Poids Spécifique du 4/25 lavée et triée

Tableau 9 : Poids Spécifique du 4/25 lavée et triée

N° ligne	Désignations	Unités	Formules	Echantillons	
				1	2
1	Poids du pycnomètre vide	G		237,3	237,3
2	Poids du pycnomètre + Eau	G		1210,2	1210,2
3	Température de l'eau	°C		19	20
4	Densité de l'eau	g/cm ³		0,9984	0,9982
5	Volume de l'eau = Volume du pycnomètre	cm ³	$(2-1)/4$	974,5	974,7
6	Poids du pycnomètre + Matériau	G		1207,08	1206,92

7	Poids du pycnomètre + Eau + Matériau	G		1855,87	1855,43
8	Poids Matériau	G	(6-1)	970,5	969,62
9	Température de l'eau	°C		20	21
10	Densité de l'eau	g/cm ³		0,9982	0,9980
11	Volume du Matériau	cm ³	(5-(7-6)/10)	324,54	324,89
12	Densité	g/cm ³	(10*8)/11	2,99	2,98
Moyenne		g/cm ³		2,99	

3) Module de finesse du 0/4

Le module de finesse est égal au 1/100 de la somme des refus cumulés exprimée en pourcentage

Sur les tamis de la série suivante : 0,16 ; 0,315 ; 0,63 ; 1,25 ; 2,5 ; 5 mm

3-1 Module de finesse du 0/4 brute

$$MFb = (40+39+38+36+21+0)/100$$

$$MFb = 1,74 \text{ avec } MFb \text{ le Module de finesse du 0/4 brute}$$

3-2 Module de finesse du 0/4 lavée

$$MFl = (87+78+67+51+28+0)/100$$

$$MFl = 3,11 \text{ avec } MFl \text{ le module de finesse du 0/4 lavée}$$

III- Les bétons de latérite

A. Les constituants

Les granulats de tailles 4/25 sont utilisés comme concassés bruts comme lavés tandis que ceux de la classe 0/4 ont été utilisés comme sable, bruts comme lavés. Les échantillons de chacune des classes de granulats bruts comme lavés, lavés et triés ont été soumis aux essais classiques d'identification à savoir : l'analyse granulométrique, la détermination du Poids spécifique (PS) et le Module de finesse (MF) spécialement pour le 0/4. Au terme des essais, les résultats obtenus sur l'ensemble des granulats sont consignés dans les tableaux suivants :

1) Les granulats

Tableau10: Moyenne des valeurs obtenues lors des essais sur le 0/4 brute

latérite (0/4) Brute	Analyses granulométriques (Tamis)														PS	MF
	4	3,15	2,5	2	1,25	0,8	0,63	0,5	0,4	0,2	0,16	0,125	0,08	0,063		
Refus cumulés en %	0	6	21	29	36	38	38	39	39	40	40	41	44	45	2,66	1,74
Passants en %	100	94	79	71	64	62	62	61	61	60	60	59	56	55		

Tableau 11: Moyenne des valeurs obtenues lors des essais sur le 0/4 lavée

latérite (0/4) lavée	Analyses granulométriques (Tamis)														PS	MF
	4	3,15	2,5	2	1,25	0,8	0,63	0,5	0,4	0,2	0,16	0,125	0,08	0,063		
Refus cumulés en %	0	10	28	37	51	61	67	71	73	85	87	89	95	97	2,67	3,11
Passants en %	100	90	72	63	49	39	33	29	27	15	13	11	5	3		

Tableau 12: Moyenne des valeurs obtenues lors des essais sur le 4/25 brute

Tableau 13: Moyenne des valeurs obtenues lors des essais sur le 4/25 lavée

Concassé (4/25) Lavé	Analyse granulométrique																	PS
	31.5	25	20	16	14	12.5	10	8	6.3	5	2.5	1.25	0.63	0.5	0.315	0.16	0.08	2,96
Passants en %	100	100	99	94	90	86	78	65	51	34	2	1						

Tableau 13: Moyenne des valeurs obtenues lors des essais sur le 4/25 lavée et triée

Concassé	Analyse granulométrique																	PS
(4/25) Lavé	31.5	25	20	16	14	12.5	10	8	6.3	5	2.5	1,25	0,63	0,5	0,315	0,16	0,08	
Passants en %	100	100	99	94	90	86	78	65	51	34	2	1						2,99

2) Le ciment

Le ciment utilisé est le CEMII AL 42.5N produit par BOUCLIER.

3) Eau de gâchage

L'eau de gâchage utilisée dans cette formulation est de l'eau de robinet de la SONEB.

B. Conception des mélanges de béton

1) Etudes de formulations

Des études de formulations suivant la méthode Dreux Gorisse ont été faites après les essais d'identification sur granulats. La gâchée d'étude donne lieu à un prélèvement à partir duquel seront effectués :

- Un essai de consistance,
- Un essai de résistance à la compression à sept (7) jours sur 3 éprouvettes et à 28 jours sur trois autres éprouvettes.

L'étude d'une composition de béton consiste, dans la majorité des cas, à rechercher conjointement deux qualités essentielles : résistance et ouvrabilité. Ces deux qualités sont étroitement liées l'une à l'autre mais elles varient en sens inverse.

L'étude a été faite suivant la méthode « Dreux – Gorisse » avec une imposition de la quantité de ciment par mètre cube de béton fabriqué.

1-1 Principe de la méthode

Le principe de la méthode obéit à un cheminement suivant plusieurs étapes. Il faut d'abord déterminer les données de base que sont le type de béton, la résistance souhaitée, l'ouvrabilité, le type de ciment et les caractéristiques des granulats.

A partir de ces éléments de base, une composition initiale est mise en gâchée expérimentale et les corrections nécessaires seront apportées pour aboutir à une composition finale.

a) Composition initiale

- Dosage en ciment et en eau

Le rapport de ciment/eau (C/E) est évalué en fonction de la résistance moyenne souhaitée (à 28 jours) majorée à 15%, du type de ciment utilisé et de l'ouvrabilité désiré. Pour cela, on utilise une formule inspirée des études de Bolomey :

$$\sigma'_{28} = G \times \sigma_c' \times (C/E - 0,5)$$

σ'_{28} en (MPa) est égale à la résistance moyenne souhaitée majorée de 15%

G est le coefficient granulaire = 0.50

C en (kg/m³) est le dosage en ciment,

E en (litres/m³) est le dosage total en eau

σ_c' en (MPa) : classe de résistance moyenne réelle du ciment

Pour cette étude, nous avons fixé le dosage en ciment à 350 kg/m³ pour la latérite lavée et à 400kg/m³ et 450kg/m³ pour le dosage en ciment de la latérite brute. La quantité d'eau a été déterminée de façon à avoir un affaissement de 5 cm pour chacun des bétons.

- Dosage volumétrique en granulats

Le dosage en granulats (0/4 et 4/25) est obtenu en traçant une ligne brisée appelée courbe de référence sur un graphique granulométrique semi logarithmique sur lequel figurent les courbes granulométriques des différents granulats (0/4 et 4/25).

L'origine de la ligne brisée est à 0 % de tamisât pour la dimension 0,08 mm correspondant théoriquement aux plus petits grains de sable, et son extrémité correspond à 100 % pour la dimension D correspondant aux plus gros granulats utilisés. Son point de brisure a pour coordonnées :

$$X = D/2 \text{ si } D < 25 \text{ mm}$$

$$X = \text{Milieu du segment entre 5mm et } D \text{ mm (base logarithmique) si } D > 25 \text{ mm}$$

$$Y = 50 - \sqrt{D} + K + ks \text{ Avec}$$

K : coefficient correcteur tenant compte du dosage en ciment

$k_s = 6M_f - 15$: Coefficient correcteur supplémentaire tenant compte du module de finesse M_f du sable.

Ensuite on trace les lignes de partage joignant le point à 95 % du tamisât de la courbe granulométrique du granulat le plus petit (0/4) au point à 5 % du granulat le plus grossier (4/25). Les points d'intersection entre les lignes de partage successives et la courbe de référence donnent en cumulé les pourcentages correspondants aux différents granulats successifs. Il s'agit de pourcentages en volumes absolus dans l'unité de volume de béton frais mis en œuvre après serrage. Pour cela il intervient un coefficient de compacité (δ) qui est défini comme le rapport entre la somme des volumes absolus des constituants solides (agréats + ciment) et le volume de béton correspondant mis en œuvre que l'on prend ici égal à 1000 litres. Ce coefficient dépend de la dimension maximale des agréats et du type de serrage du béton ; dans notre cas $\delta = 0.825$.

On a donc : $\delta = \frac{V_g + V_c}{1000}$ et $V_c = \frac{m_c}{\rho_c}$ avec

δ = coefficient de compacité

V_g (en litres) est le volume absolu total des agréats

V_c (en litres) est volume absolu du ciment

m_c (en kg) est le dosage en ciment

ρ_c (en kg/l) est la masse volumique absolue du ciment.

Le dosage en ciment étant déjà connu (m_c) de même que sa masse volumique absolue

$\rho_c = 3.1 \text{ kg/l}$; dès lors il est facile de calculer V_c et de déduire par conséquent V_g .

La connaissance du pourcentage de chaque granulat permet alors de calculer leurs volumes absolus respectifs en litres pour un mètre cube de béton.

$V_i = V_g \times \%i$ avec :

V_i (litre) = volume absolu de l'agrégat i

V_g (litre) = volume absolu total des agréats

$\%i$ = pourcentage de l'agrégat i.

La connaissance de la masse volumique absolue de chaque agrégat est alors nécessaire pour permettre de calculer leurs masses correspondantes.

$m_i = V_i \times \rho_i$ avec :

m_i (en *kg*) la masse de l'agrégat

V_i (litres) = volume de l'agrégat

ρ_i (*kg/l*) = masse volumique absolue de l'agrégat

b) Composition finale

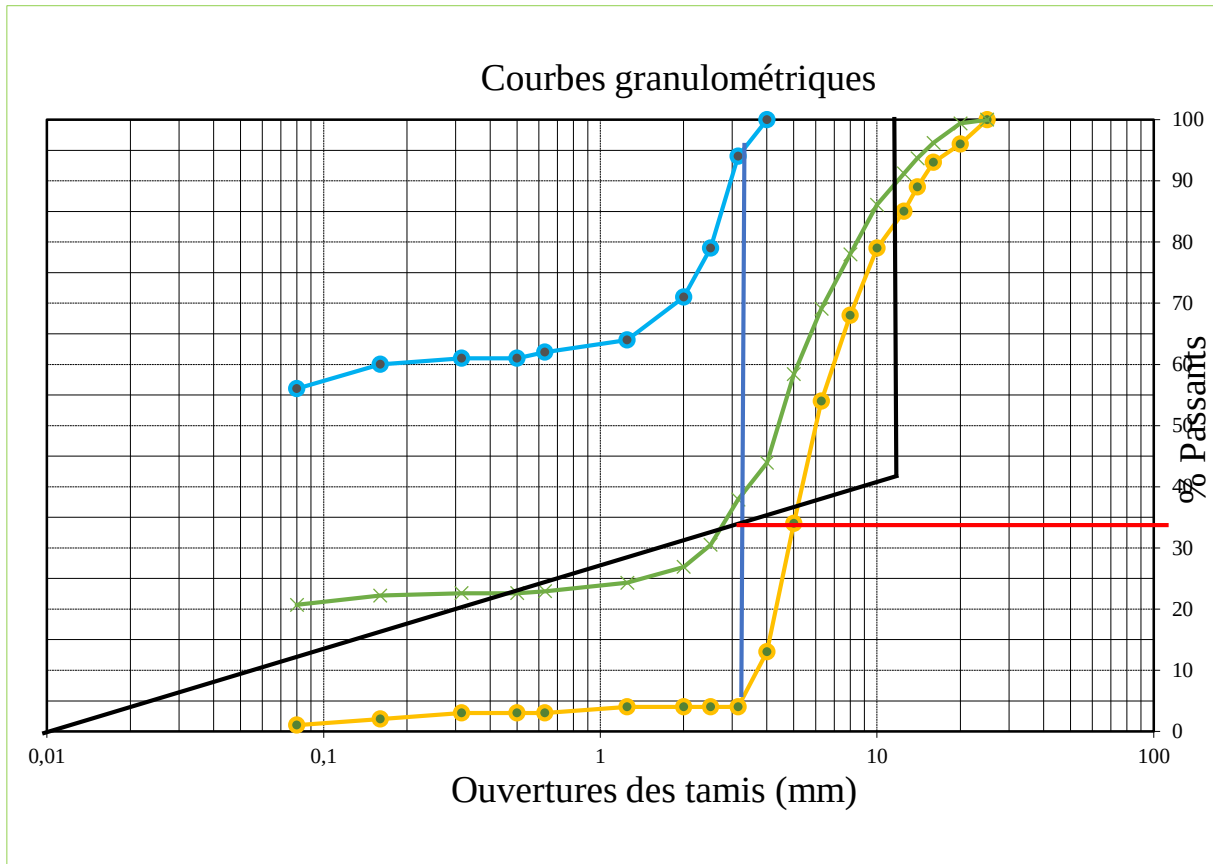
Les proportions des différents constituants du béton étant connues, une gâchée expérimentale est effectuée en vue de procéder aux différentes corrections nécessaires et à la confection des éprouvettes.

Il est procédé à un ajustement de la formulation. Il s'agit alors d'évaluer la quantité d'eau réellement versée lors de la gâchée expérimentale afin d'obtenir l'ouvrabilité souhaité et de corriger si besoin la quantité des granulats et du ciment pour avoir réellement 1m³ de béton.

2) Résultats des formulations de béton

2-1 Béton de latérite brute dosé à 400kg/m³

- a) Courbe granulométrique des granulats, de référence et du mélange théorique du béton de latérite brute dosé à 400kg/m^3



Coordonnées de points de brisures : $X=12,5\text{mm}$ et $Y=40,44\%$

- 4/25
- ligne de jonction 95% courbe 0/4 et 5% courbe 4/25
- 0/4
- courbe de référence
- Mélange
- ligne de lecture pourcentage 0/4 (indiquant la jonction entre la courbe de référence et la ligne de jonction 95% courbe 0/4 et 5% courbe 4/25)

$0/4 = 34\%$ et $4/25=66\%$

Fig. 15 Courbe granulométrique des granulats, de référence et du mélange théorique du béton de latérite brute dosé à 400kg/m^3

- b) Reconstitution théorique des granulats du béton de latérite brute dosé à 400kg/m^3

Tableau 14 : Reconstitution théorique des granulats du béton de latérite brute dosé à 400kg/m³

Caractéristiques	Matériaux			
Analyse Granulométrique	Tamis (mm)	4/25: 66%	0/4: 34%	Mélange
	40	100	100	100,0
	31,5	100	100	100,0
	25	100	100	100,0
	20	99	100	99,3
	16	94	100	96,0
	14	90	100	93,4
	12,5	86	100	90,8
	10	78	100	85,5
	8	65	100	76,9
	6,3	51	100	67,7
	5	34	100	56,4
	4	11	100	41,3
	3,15	5	94	35,3
	2,5	2	79	28,2
	2	1	71	24,8
	1,25	1	64	22,4
	0,63	0	62	21,1
	0,5	0	61	20,7
	0,315	0	61	20,7
	0,16	0	60	20,4
	0,08	0	56	19,0
Module de Finesse			1,74	
Masse volumique réelle (t/m ³)		2,96	2,67	

Hypothèses de calcul

Les hypothèses de calcul sont présentées dans le tableau ci-après:

c) Composition du béton

Tableau 15 : hypothèses de calcul du béton de latérite brute dosé à 400kg/m³

	Paramètre	Valeur/Hypothèse
	Serrage	Vibration
	Coefficient de compacité	0.825
	Résistance nominale (MPa)	28
Dosage en Ciment	Classe vraie du ciment (MPa)	42,5
	Poids spécifique du ciment (g/cm ³)	3.1
	Dosage en ciment (Kg/m ³)	400
Corrections	K	0
	Ks	3,66
Caractéristiques du béton frais de latérite brute dosée à 400kg/m³	Affaissement au moyen du cône d'Abrams (en cm)	5

Tableau 15 : hypothèses de calcul du béton de latérite brute dosé à 400kg/m³

	Paramètre	Valeur/Hypothèse
	Serrage	Vibration
	Coefficient de compacité	0.825
	Résistance nominale (MPa)	28
	Classe vraie du ciment (MPa)	42,5

Dosage en Ciment	Poids spécifique du ciment (g/cm ³)	3,1
	Dosage en ciment (Kg/m ³)	400
Corrections	K	0
	Ks	3,66
Caractéristiques du béton frais de latérite brute dosée à 400kg/m³	Affaissement au moyen du cône d'Abrams (en cm)	5

-Les coordonnées du point de brisure sont : X =12.50 mm et Y = 48,66%

-Les pourcentages en volume absolu proposés sont pour chacun des granulats :

- 4/25 = 66%

- 0/4 = 34%

-Rapport (4/25) / (0/4) = 1,94

-C/E = 2,04 soit E/C = 0,49

- Vg = 0,825x1000 – 400/3,1 = 696 litres de granulats

- V (eau) = 400/2,04 = 196 litres

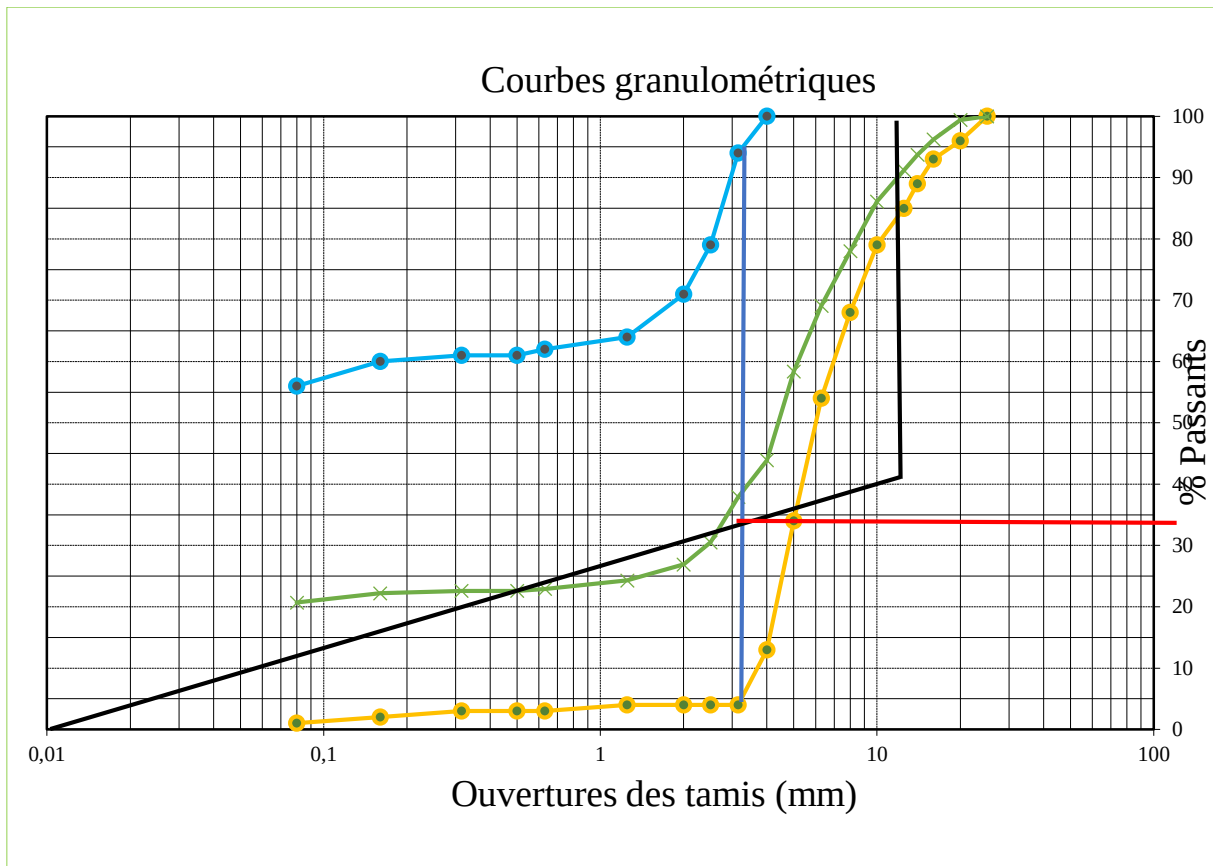
Les pourcentages et les dosages pondéraux (par mètre cube de béton) appliqués pour la formulation du béton figurent dans le tableau ci-dessous :

Tableau 16: Composition au m³ de béton de latérite brute dosé à 400kg/m³

Matériaux	% Volume absolu	Volume absolu	Masse volumique absolue	Masse du matériau (Kg/m ³)
4/25	66	459	2,96	1358,64
0/4	34	237	2,67	632,79
Ciment CEM II A-L 42,5N	-	-	3,1	400
Eau de gâchage	-	-	-	196
Densité théorique (kg/m³)				2587,43

2-2 Béton de latérite brute dosé à 450kg/m^3

- a) Courbe granulométrique des granulats de référence et du mélange théorique du béton de latérite brute dosé à 450kg/m^3



Coordonnées de points de brisures : $X=12,5\text{mm}$ et $Y=40,44\%$

- 0/4
- 4/25
- Mélange
- courbe de référence
- ligne de jonction 95% courbe 0/4 et 5% courbe 4/25
- ligne de lecture pourcentage 0/4 (indiquant la jonction entre la courbe de référence et la ligne de jonction 95% courbe 0/4 et 5% courbe 4/25)

Fig. 16 Courbe granulométrique des granulats de référence et du mélange théorique du béton de latérite brute dosé à 450kg/m^3

- b) Reconstitution théorique des granulats du béton de latérite brute dosé à 450kg/m^3

Tableau 17 : Reconstitution théorique des granulats du béton de latérite brute dosé à 450kg/m³

Caractéristiques	Matériaux			
Analyse Granulométrique	Tamis (mm)	4/25: 66%	0/4: 34%	Mélange
	40	100	100	100,0
	31,5	100	100	100,0
	25	100	100	100,0
	20	99	100	99,3
	16	94	100	96,0
	14	90	100	93,4
	12,5	86	100	90,8
	10	78	100	85,5
	8	65	100	76,9
	6,3	51	100	67,7
	5	34	100	56,4
	4	11	100	41,3
	3,15	5	94	35,3
	2,5	2	79	28,2
	2	1	71	24,8
	1,25	1	64	22,4
	0,63	0	62	21,1
	0,5	0	61	20,7
	0,315	0	61	20,7
	0,16	0	60	20,4
	0,08	0	56	19,0
Module de Finesse			1,74	
Masse volumique réelle (t/m ³)		2,96	2,67	

- Hypothèses de calcul

Les hypothèses de calcul sont présentées dans le tableau ci-après :

b) Composition du béton

- Hypothèses de calcul

Les hypothèses de calcul sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau 18: Hypothèses de calcul du béton de latérite brute dosé à 450kg/m³

	Paramètre	Valeur/Hypothèse
	Serrage	Vibration normale
	Coefficient de compacité	0.825
	Résistance nominale (MPa)	28
Dosage en ciment	Classe vraie du ciment (MPa)	42,5
	Poids spécifique du ciment (g/cm ³)	3.1
	Dosage en ciment (Kg/m ³)	450
Corrections	K	0
	Ks	3,66
Caractéristiques du béton frais de latérite brute dosée à 400kg/m³	Affaissement au moyen du cône d'Abrams (en cm)	5

-Les coordonnées du point de brisure sont : X =12.50 mm et Y = 40,44%

-Les pourcentages en volume absolu proposés sont pour chacun des granulats :

- 4/25 = 66%

- 0/4 = 34%

-Rapport (4/25) / (0/4) = 1,94

-C/E = 2,16 soit E/C = 0,46

-Vg = 1000 x 0,825 – 450/3,1 = 680 litres de granulats

- V (eau) = 450/2,16 = 192 litres

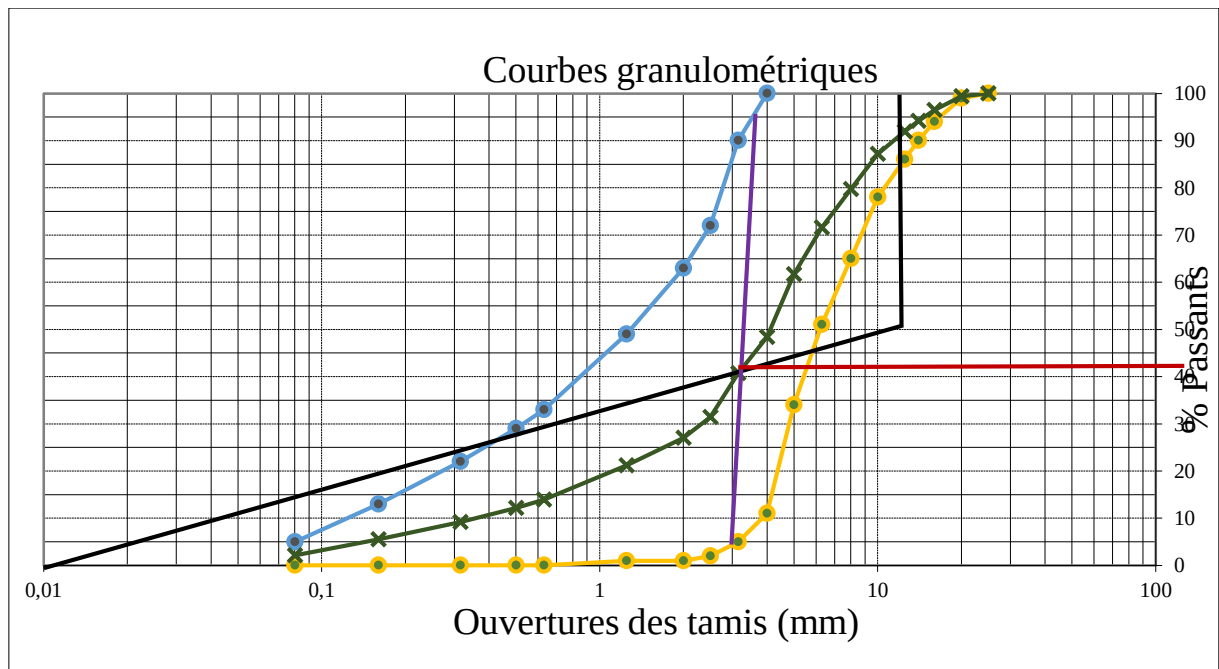
Les pourcentages et les dosages pondéraux (par mètre cube de béton) appliqués pour la formulation du béton figurent dans le tableau ci-dessous :

Tableau 19: Composition au m³ du béton de latérite brute dosé à 450kg/m³

Matériaux	% Volume absolu	Volume absolu	Masse volumique absolue	Masse du matériau (Kg/m ³)
4/25	66	449	2,96	1329,04
0/4	34	231	2,67	616,77
Ciment CEM II A-L 42,5N	-	-	3,1	450
Eau de gâchage	-	-	-	210
Densité théorique (kg/m ³)				2605,81

2-3 Béton de latérite lavée dosé à 350kg/ m³

- a) Courbe granulométrique des granulats, de référence et du mélange théorique du béton de latérite lavée dosé à 350kg/ m³



-Les coordonnées du point de brisure sont : X =12.50 mm et Y = 50,66%

— 4/25 — ligne de jonction 95% courbe 0/4 et 5% courbe 4/25

— 0/4 ——— courbe de référence
— Mélange ——— ligne de lecture pourcentage 0/4 (indiquant la jonction entre la courbe de référence et la ligne de jonction 95% courbe 0/4 et 5% courbe 4/25)

Fig.17 Courbe granulométrique des granulats, de référence et du mélange théorique du béton de latérite lavée dosé à 350kg/ m³

b) Reconstitution théorique des granulats du béton de latérite lavée dosé à 350kg/m³

Tableau 20 : Reconstitution théorique des granulats du béton de latérite lavée dosé à 350kg/m

Caractéristiques	Matériaux			
Analyse Granulométrique	Tamis (mm)	Latérite 4/25 lavée (58%)	Latérite 0/4 lavée (42%)	Reconstitution
	40	100	100	100,0
	31,5	100	100	100,0
	25	100	100	100,0
	20	99	100	99,4
	16	95	100	96,5
	14	91	100	94,2
	12,5	86	100	91,9
	10	78	100	87,2
	8	64	100	79,7
	6,3	50	100	71,6
	5	34	100	61,7
	4	9	100	48,4
	3,15	5	90	40,7
	2,5	2	72	31,4
	2	1	63	27,0
	1,25	1	49	21,2
	0,63	0	33	13,9
	0,5	0	29	12,2
	0,315	0	22	9,2

	0,16	0	13	5,5
	0,08	0	5	2,1
Module de Finesse			1,74	
Masse volumique réelle (t/m ³)	2,96		2,67	

b) Composition du béton

Tableau 21 : Hypothèses de calcul du béton de latérite lavée dosé à 350kg/ m³

	Paramètre	Valeur/Hypothèse
	Serrage	Vibration
	Coefficient de compacité	0.825
	Résistance nominale (MPa)	28
Dosage en ciment	Classe vraie du ciment (MPa)	42,5
	Poids spécifique du ciment (g/cm ³)	3.1
	Dosage en ciment (Kg/m ³)	350
Corrections	K	+2
	Ks	-4,56
Caractéristiques du béton frais de latérite lavée dosée à 350kg/m³	Affaissement au moyen du cône d'Abrams (en cm)	5

-Les pourcentages en volume absolu proposés sont pour chacun des granulats :

- 4/25 : 58%

- 0/4 : 42%

-Rapport (4/25) / (0/4) = 1,4

-C/E = 1,82 soit E/C = 0,55

-Vg = 825x 1000 – 350 /3,1= 712 litres

- $V(\text{eaux}) = 350/1,82 = 192$ litres

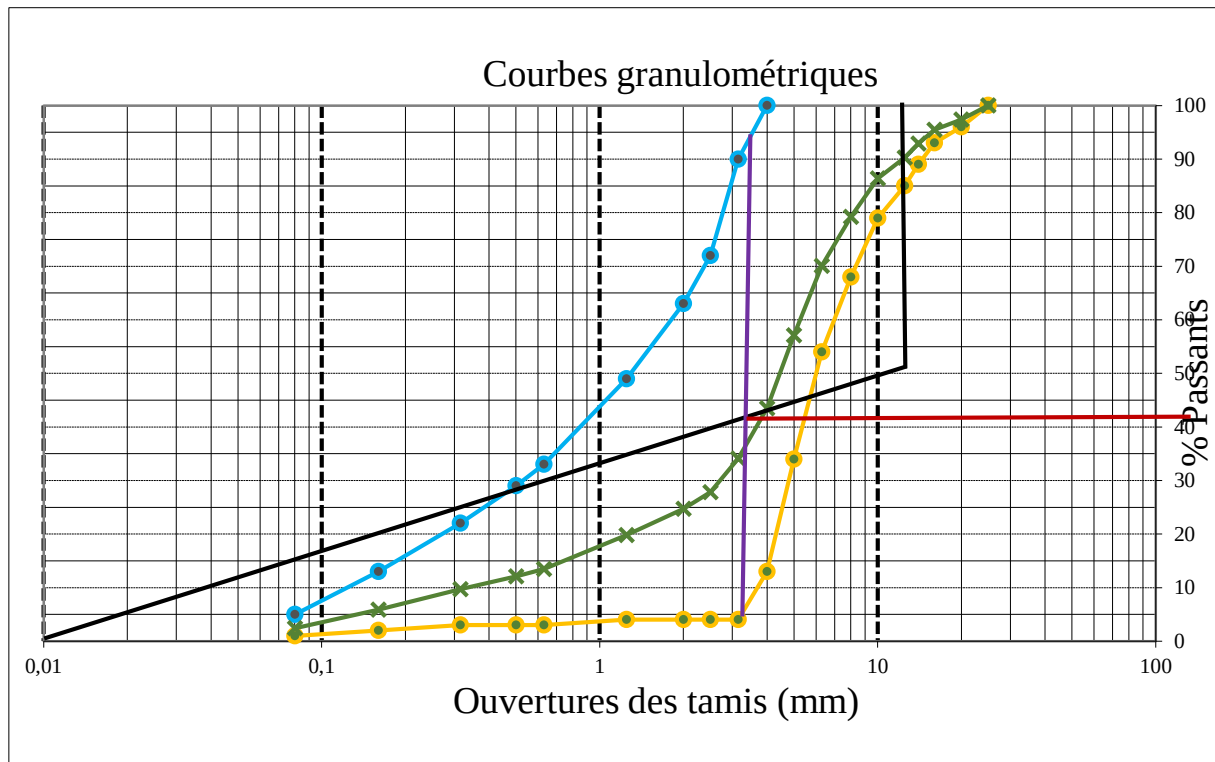
Les pourcentages et les dosages pondéraux (par mètre cube de béton) appliqués pour la formulation du béton figurent dans le tableau ci-après :

Tableau 22: Composition au m^3 du béton de latérite lavée dosé à $350\text{kg}/\text{m}^3$

Matériaux	% Volume absolu	Volume absolu	Masse volumique absolue	Masse du matériau (Kg/m³)
4/25	58	406	2,96	1192,88
0/4	42	306	2,67	817,02
Ciment CEM II A-L 42,5N	-	-	3,1	350
Eau de gâchage	-	-	-	192
Densité théorique (kg/m³)				2551,9

2-4 Béton de latérite lavée et triée dosé à 350kg/m³

a) Courbe granulométrique des granulats de référence et du mélange théorique du béton de latérite lavée et triée dosé à 350kg/m³



- 4/25 — ligne de jonction 95% courbe 0/4 et 5% courbe 4/25
- 0/4 — courbe de référence
- Mélange — ligne de lecture pourcentage 0/4 (indiquant la jonction entre la courbe de référence et la ligne de jonction 95% courbe 0/4 et 5% courbe 4/25)

Fig.18 Courbe granulométrique des granulats de référence et du mélange théorique du béton de latérite lavée et triée dosé à 350kg/m³

Reconstitution théorique des granulats

Tableau 23 : Reconstitution théorique des granulats du béton de latérite lavée et triée dosé à 350kg/m³

Caractéristiques	Matériaux			
	Tamis (mm)	Latérite 4/25 lavée (5 8%)	Latérite 0/4 lavée (42%)	Reconstitution
Analyse Granulométrique	40	100	100	100,0
	31,5	100	100	100,0

25	100	100	100,0
20	96	100	97,4
16	93	100	95,5
14	89	100	92,9
12,5	85	100	90,3
10	79	100	86,4
8	68	100	79,2
6,3	54	100	70,1
5	34	100	57,1
4	13	100	43,5
3,15	4	90	34,1
2,5	4	72	27,8
2	4	63	24,7
1,25	4	49	19,8
0,63	3	33	13,5
0,5	3	29	12,1
0,315	3	22	9,7
0,16	2	13	5,9
0,08	1	5	2,4
Module de Finesse		3,11	
Masse volumique réelle (t/m ³)		2,96	2,67

b) Composition du béton

Les hypothèses de calcul sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau 24 : Hypothèses de calcul du béton de latérite lavée et triée dosé à 350kg/m³

	Paramètre	Valeur/Hypothèse
	Serrage	Vibration
	Coefficient de compacité	0.825
	Résistance nominale (MPa)	28
	Classe vraie du ciment (MPa)	42,5

Dosage et ciment et eau	Poids spécifique du ciment (g/cm ³)	3,1
	Dosage en ciment (Kg/m ³)	350
Corrections	K	+2
	Ks	-4,56
Caractéristiques du béton frais de latérite lavée et triée dosée à 350kg/m³	Affaissement au moyen du cône d'Abrams (en cm)	5

-Les pourcentages en volume absolu proposés sont pour chacun des granulats :

- 4/25 : 57%

- 0/4 : 43%

-Rapport (4/25) / (0/4) = 1,3

-C/E = 1,82 soit E/C = 0,55

-V_g = 825x 1000 – 350 /3,1= 712 litres

- V (eaux) = 350/1,82 = 192 litres

Les pourcentages et les dosages pondéraux (par mètre cube de béton) appliqués pour la formulation du béton figurent dans le tableau ci-dessous :

Tableau 25: Composition au m³ du béton de latérite lavée et triée dosé à 350kg/m³

Matériaux	% Volume absolu	Volume absolu	Masse volumique absolue	Masse matériau (Kg/m³)
4/25	57	406	2,96	1192,88
0/4	43	306	2,67	817,02
Ciment CEM II A- L 42,5N	-	-	3,1	350
Eau de gâchage	-	-	-	192
Densité théorique (kg/m³)				2551,9

3) Consistance des mélanges de béton

La consistance du béton est mesurée avec le cône d'Abrams. Le test d'Abrams consiste avant coulage, à mesurer la hauteur d'affaissement d'un échantillon de béton versé dans un moule métallique de forme tronconique, après différents temps de démoulage. Le test du cône d'Abrams est défini par la Norme Afnor (NF). Il permet aussi de connaître la quantité réelle d'eau utilisée pour avoir la consistance de béton voulue. Dans le cadre de notre étude, l'affaissement du béton est de 5cm.



Fig. 19 : Mesures de consistance des mélanges de bétons

IV- Essais mécaniques sur béton durci

Il s'agit de la compression centrée normale RC sur béton durci régi par la norme NF EN 12390-3. Les différentes éprouvettes sont écrasées à 7 (sept) et à 28 (Vingt-huit) jours selon les dosages de béton en latérites brutes, en latérites lavées et en latérites lavées et triées. Les images de compression sur éprouvettes de béton se retrouvent ci-dessous :



Fig. 19 : Eprouvetttes de bétons durci avant essai de compression



Fig. 20 : Essai de compression



Fig. 21 : Eprouvettes de bétons durci après essai de compression

2. Images montrant la compression des Eprouvettes de béton durci suivant NF EN 1290-3

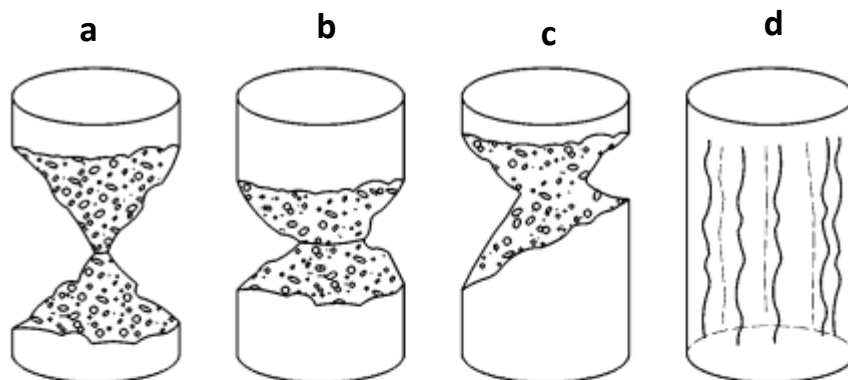


Figure 22 : Ruptures correctes d'éprouvettes cylindriques de béton durci suivant NF EN 1290-3

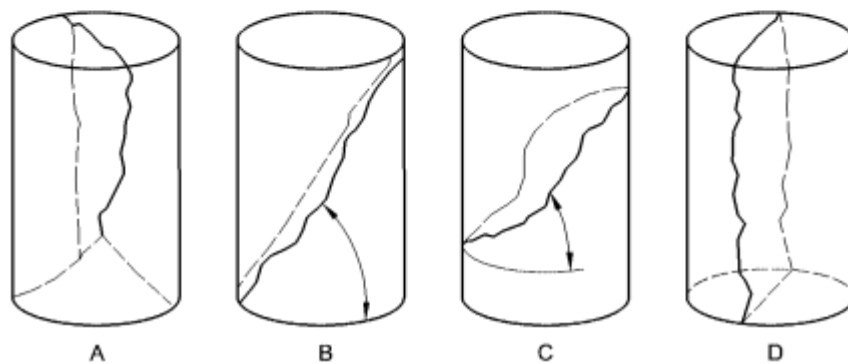


Figure 23 : Ruptures incorrectes d'éprouvettes cylindriques de béton durci suivant NF EN 1290-3

Commentaire sur les images d'éprouvettes après écrasement :

En comparant la figure 23 de rupture d'éprouvette de béton latérite lavée durci aux images de rupture d'éprouvettes de béton durci suivant NF EN 1290-3 la norme française nous remarquons que l'image de la figure de l'éprouvette 1 est assimilable aux images a, b et c des images de ruptures correctes d'éprouvettes de béton durci. Ce qui confirme que les éprouvettes de béton durci de latérite lavée ont subi une rupture correcte lors de leur compression.

Synthèse

Les résistances à la compression des bétons de latérite lavée sont largement supérieures aux résistances à la compression des bétons de latérite brute. La rupture correcte subie par ces éprouvettes de béton durci de latérite lavée confirme d'ailleurs ces résultats

V- Conclusion

Les différents analyses et essais réalisés sur la latérite et les bétons de latérites ont donné des résultats moins encourageants quant à l'utilisation de la latérite à l'état brute. Ces résultats sont plus encourageants lorsque la latérite brute subit des traitements pour être débarrassée des particules fines et des gros granulats les moins résistants.

Les résultats de ces différentes analyses et essais sont présentés dans la partie suivante de notre mémoire suivi de comparaison aux résultats travaux antérieurs réalisés dans ce cas.

Troisième partie : Résultats et Discussions

Chapitre IV : Résultats

I- Introduction

La latérite pour être utilisée dans la conception des bétons d'usage doit subir au préalable un certain nombre d'essais et d'analyses de même que les bétons conçus à l'état frais comme durci. Le présent chapitre présente les résultats de ces différents essais et analyses effectués sur la latérite de la carrière de Cana II et les différents bétons conçus avec.

II- Résultats

A. Agrégats

La distribution granulométrique d'un échantillon de la latérite brute de la carrière d'Atchia (la courbe granulométrique page 21) ? Elle montre que 29% des particules sont inférieures à 0,2 mm 49% sont supérieures à 4 mm et peu de particules comprises entre 0,2 mm et 4 mm soit environs environ 22%. Il faut aussi noter que 26% des particules sont inférieures à 80 μm .

Il s'agit donc d'un matériau à la granularité plutôt discontinue, puisqu'il y a peu de grains dans la gamme intermédiaire de 0,2 à 4 mm C'est l'une des caractéristiques récurrentes des latérites africaines. Cette latérite brute contient environ 26% de particules inférieures à 80 μm .

Ces fines ont été bien éliminées par le processus de lavage, comme le montre la distribution granulométrique du 0/4 lavé (Fig. ?).

Les classes de granulats 0/4 ont une densité moyenne de 2,67 kg/m^3 et ceux de la classe 4/25 une densité moyenne de 2,96 kg/m^3 , le module de finesse du 0/4 brute est de 3,11 et celui du 0/4 lavée est de 1,74

B. Bétons de latérite

1- Résultats des essais de compression sur béton de latérite brute dosé à 400kg/m³

Les résultats obtenus à 7 jours sont consignés dans le tableau ci-après :

Tableau 24 : Résultats à 7 jours des essais de compression sur béton de latérite brute dosé à 400kg/m³

Age (jours)	N° éprouvette	Densité	Résistance en compression (MPa)	Moyenne (MPa)
7 jours	1	2,31	16	15,90 ± 0,1
	2	2,31	16	
	4	2,32	15,80	

Les résultats obtenus à 28 jours sont consignés dans le tableau ci-après :

Tableau 25 : Résultats à 28 jours des essais de compression sur béton de latérite brute dosé à 400kg/m³

Age (jours)	N° éprouvette	Densité	Résistance en compression (MPa)	Moyenne (MPa)
28 jours	1	2,34	21	21,17± 0,38
	2	2,31	20,90	
	4	2,32	21,60	

Béton de latérite brute dosé à 450kg/m³

Béton durci

Les résultats obtenus à 7 jours sont consignés dans le tableau ci-après :

Tableau 26 : Résultats à 7 jours des essais de compression sur béton de latérite brute dosé à 450kg/m³

Age (jours)	N° éprouvette	Densité	Résistance en compression (MPa)	Moyenne (MPa)
7 jours	1	2,36	17,15	17,10± 0,19
	2	2,34	16,85	
	3	2,36	17,30	

Les résultats obtenus à 28 jours sont consignés dans le tableau ci-après :

Tableau 27 : Résultats à 28 jours des essais de compression sur béton de latérite brute dosé à 450kg/m³

Age (jours)	N° éprouvette	Densité	Résistance en compression (MPa)	Moyenne (MPa)
28 jours	1	2,35	21,48	22,67± 1,14
	2	2,36	22,34	
	3	2,36	24,20	

2- Béton de latérite lavée dosé à 350kg/m³

Béton durci

Les résultats obtenus à 7 jours sont consignés dans le tableau ci-après :

Tableau 28 : Résultats à 7 jours des essais de compression sur béton de latérite lavée dosé à 350kg/m³

Age (jours)	N° éprouvette	Densité	Résistance en compression (MPa)	Moyenne (MPa)
7 jours	1	2,57	24,73	23,82± 1,12
	2	2,59	24,48	
	3	2,56	22,24	

Les résultats obtenus à 28 jours sont consignés dans le tableau ci-après :

Tableau 29 : Résultats à 28 jours des essais de compression sur béton de latérite lavée dosé à 350kg/m³

Age (jours)	N° éprouvette	Densité	Résistance en compression (MPa)	Moyenne (MPa)
28 jours	1	2,57	31,64	31,9± 0,21
	2	2,58	31,92	
	3	2,58	32,15	

3- Béton de latérite lavée et triée dosé à 350kg/m³

Béton durci

Les résultats obtenus à 7 jours sont consignés dans le tableau ci-après :

Tableau 30 : Résultats à 7 jours des essais de compression sur béton de latérite lavée et triée dosé à 350kg/m³

Age (jours)	N° éprouvette	Densité	Résistance en compression (MPa)	Moyenne (MPa)
7 jours	1	2,57	24,86	25,42± 0,27
	2	2,61	24,93	
	4	2,58	25,47	

Les résultats obtenus à 28 jours sont consignés dans le tableau ci-après :

Tableau 31 : Résultats à 28 jours des essais de compression sur béton de latérite lavée et triée dosé à 350kg/m³

Age (jours)	N° éprouvette	Densité	Résistance en compression (MPa)	Moyenne (MPa)
28 jours	1	2,57	33,15	33,11± 1,25
	2	2,60	31,56	
	4	2,59	34,62	

Synthèse

Les résistances à la compression des bétons de latérite lavée et de béton de latérite lavée et triée de la carrière de cana sont largement supérieures aux résistances de béton de latérite brute soit de 21,17MPa pour un béton de latérite brute dosé à 400kg/m³ et 22,67 MPa pour le béton de latérite brute dosé à 450kg/m³, cette résistance est en moyenne de 31,9 MPa pour le béton de latérite lavée dosé à 350kg/m³ et de 33,11 MPa pour le béton de latérite lavée et triée dosé à 350kg/m³.

Conclusion

Les résultats des différents essais sur les différents bétons réalisés avec la latérite de la carrière de CANA II montrent qu'à l'état brut la latérite n'est pas un matériau indiqué pour une conception de béton de qualité même si on augmente le dosage en ciment. Il doit donc préalablement subir des traitements par exemple éliminer les granulats les plus fins (argiles) et les gros granulats moins rigides et troués.

Chapitre V : Discussions

I- Introduction

Après les différents essais et analyses effectués sur la latérite et bétons de latérite de la carrière de Cana II, il est indispensable pour nous de confronter les résultats obtenus avec ceux de la carrière d'Allada, faire les analyses qui en découlent et tirer les conclusions quant à l'utilisation des latérites du Benin dans la formulation des bétons de bonne facture.

II- Analyses

A. Agrégats

1/ Granulométrie

La distribution granulométrique d'un échantillon de la latérite brute de la carrière de Cana II présentée à la figure 8 montre que 29% de granulats ont des diamètres inférieurs à 0,2 mm, 49% ont des diamètres supérieurs à 4 mm et peu de granulats ont des diamètres compris entre 0,2 mm et 4 mm soit environ 22%. Il faut aussi noter que 26% des granulats ont des diamètres inférieurs à 80 μ m.

Il s'agit donc d'un matériau à la granularité discontinue, puisqu'il y a peu de granulats dans la gamme intermédiaire de 0,2 à 4 mm C'est l'une des caractéristiques récurrentes des latérites africaines.

Ces fines ont été bien éliminées par le processus de lavage, comme le montre la distribution granulométrique du 0/4 lavé Fig.10. L'analyse granulométrique de la latérite de la carrière d'Allada montre que 45% des granulats ont des diamètres inférieurs à 0,2 mm et 40% ont des diamètres supérieurs à 4 mm Peu de granulats ont des diamètres compris entre 0,2 mm et 4 mm soit environ 15%. Il faut aussi noter que 30% des granulats ont des diamètres inférieurs à 80 μ m. Nous sommes également en présence d'une distribution discontinue.

L'analyse conjointe de la granulométrie des latérites des carrières de Cana II et d'Allada comme le montre le graphe ci-après nous montre que plus de 25% des granulats de ces deux carrières ont des diamètres inférieurs à 80 μ m ce qui dénote sans doute une des faiblesses de ce matériau à l'état brute à produire un béton de qualité. Il faut aussi remarquer la discontinuité de la latérite de ces deux carrières car seulement environ 20% des granulats sont compris entre 0,2mm et 4 mm Il faut aussi remarquer que la latérite de la carrière de Cana II contient moins de granulats fins que celle d'Allada.

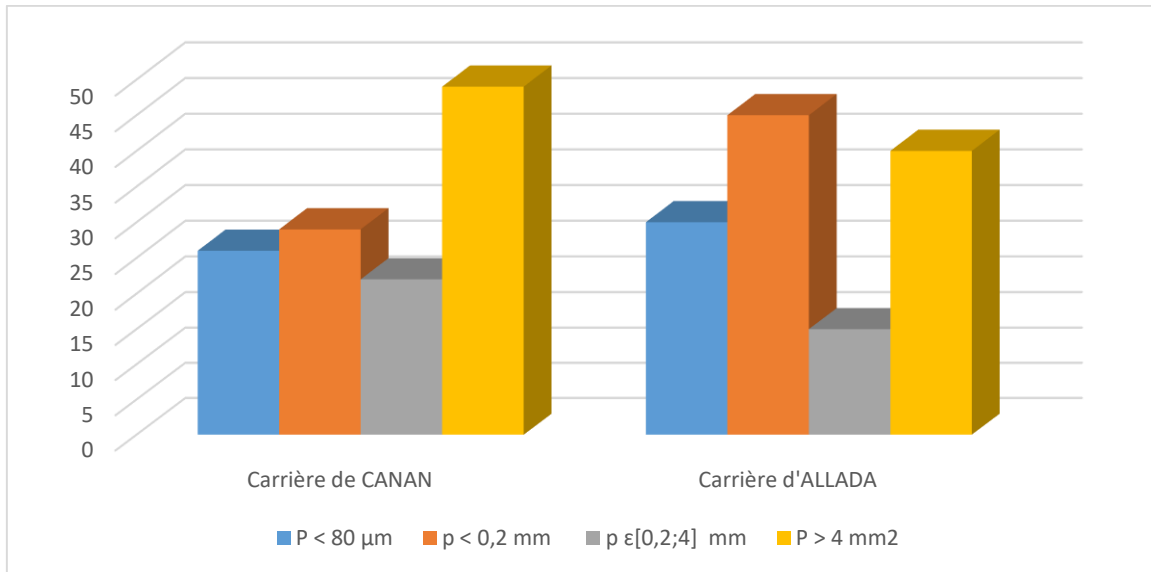


Figure 25 : Graphe de comparaison de gradimetre de latérites des carrières de Cana II et d'Allada

2/ Densité Absolue

Les granulats de classe 0/4 de la carrière de Cana II ceux de la carrière d'Allada ont une densité absolue plus ou moins égale à savoir 2,66 kg/m³ pour la carrière d'Allada et 2,67 kg/m³ pour la carrière de Cana II tandis que pour les granulats de classe 4/25, la densité absolue des granulats de la carrière d'Allada est légèrement plus élevée que celle des granulats de la carrière de Cana II soit 3 kg/m³ contre 2,96 kg/m³.

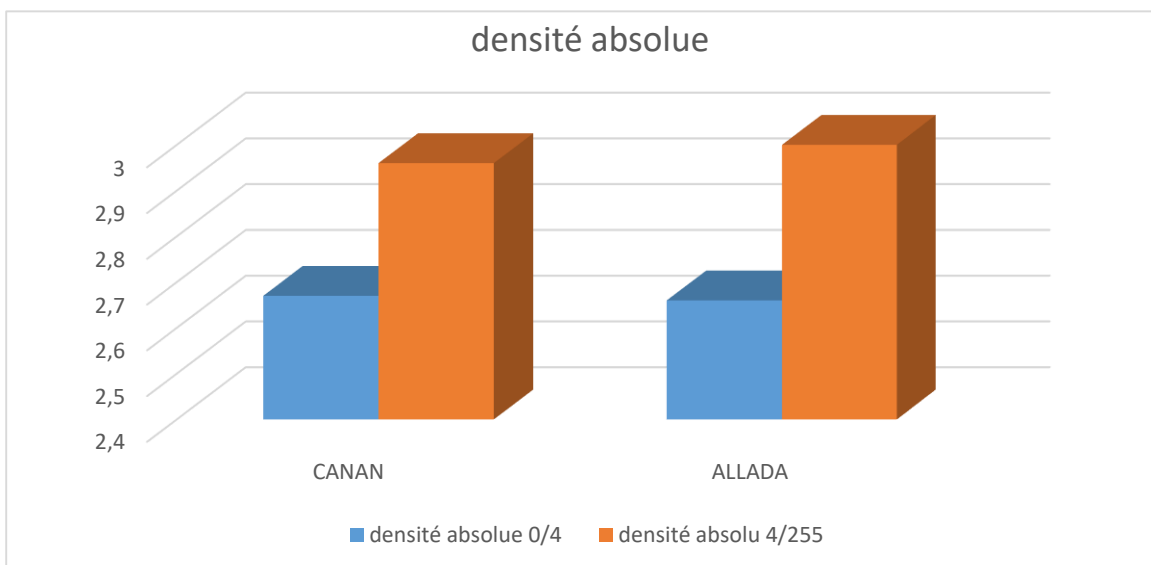


Figure 26 : Graphe de comparaison de densité absolue

En conclusion les granulats de latérite des carrières de Cana II et d'Allada ont presque la même densité sauf que les granulats de latérite de la carrière d'Allada sont légèrement plus denses que ceux de la carrière de Cana II.

B. Bétons de latérite

Le tableau suivant présente les résultats des différents essais de résistance à compression réalisés sur les différents bétons de latérite des carrières de Cana II et d'Allada :

Tableau 32 : Résultats des essais de compression sur bétons de latérite des carrières d'Allada et de Cana II

Carrière et Résistance à la compression à 28 jours		Allada	Cana II
		Résistance à la compression à 28 jours en MPa	Résistance à la compression à 28 jours en MPa
Type de béton	brute dosé à 400kg/m ³	21	21,17
	brute dosé à 450kg/m ³	22,7	22,67
	lavée dosé à 350kg/m ³	27,5	31,9
	lavée et triée dosé à 350kg/m ³	32, 3	33,11

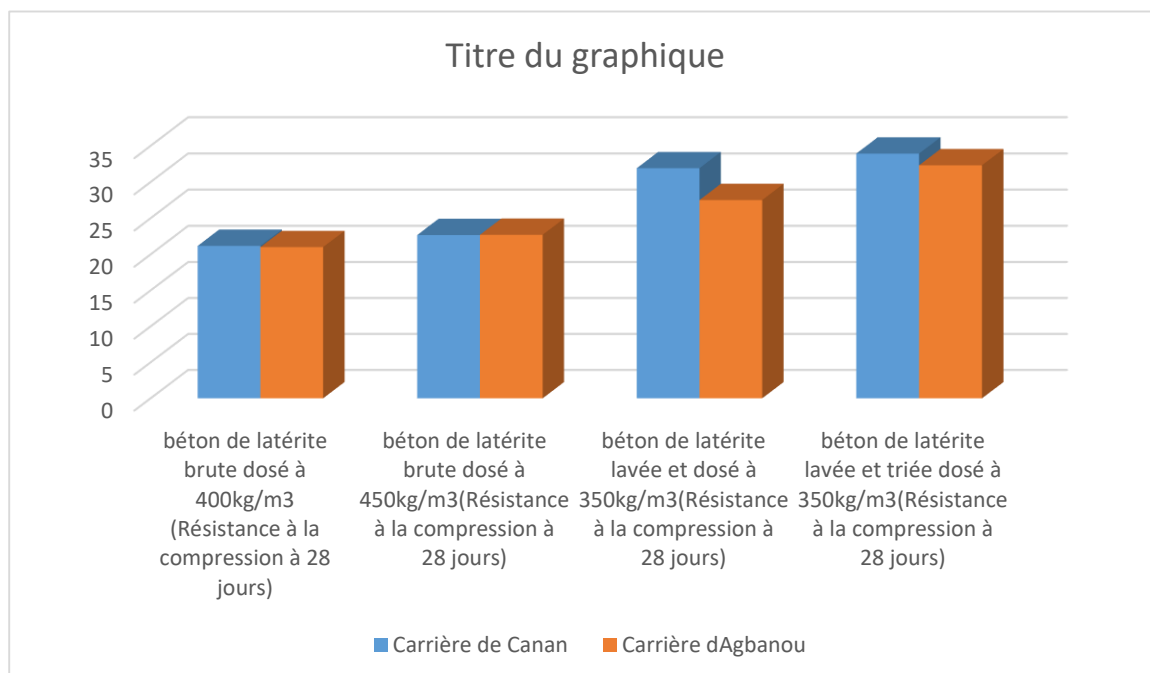


Figure 27: Graphe de comparaison des dosages de béton des carrières de Cana et d'Allada

Après analyse conjointe des résistances à la compression des bétons de latérites au niveau des carrières de Cana II et d'Allada, nous constatons que les résistances à la compression des différents dosages de béton de latérite brute au niveau des deux carrières restent largement en dessous de la valeur escomptée qui est de 28MPa soit environ 21MPa pour le béton de latérite brute dosé à 400kg/m³ et 23MPa pour le béton de latérite brute dosé à 450kg/m³. Cet état de chose s'explique par le pourcentage élevé de particules fines soit environ 30% des granulats de ces deux carrières ont des diamètres inférieurs à 80µm, Les bétons de latérite lavée ont des résistances à la compression avoisinant voir dépassant 28MPa : en moyenne entre 27,5 MPa et 31,9MPa pour les bétons de latérites lavée et en moyenne entre 32,3 MPa et 33,92MPa pour les bétons de latérites lavée et triée. Force est donc de constater une forte amélioration de la qualité du béton une fois que la latérite brute a été débarrassée des granulats de diamètres inférieures à 63 µm. Il faut aussi constater que la qualité du béton s'est plus améliorer lorsque la latérite lavée a été débarrasser des gros granulats les moins dures par un processus de tri soit de 27,5 MPa à 32,3 MPa pour la carrière d'Allada et de 31,9MPa à 33,11 MPa pour la carrière de Cana II.

Synthèse

La résistance à la compression des bétons de latérite lavée, béton de latérite lavée et triée des carrières de Cana et d'Allada sont largement supérieures aux résistances de béton de latérite brute et également supérieures à 28 MPa.

III- Conclusion

Après l'étude comparative des résultats des essais obtenus sur les différents types de bétons pour différents dosages au niveau des carrières de Cana et d'Allada, nous pouvons conclure que les latérites du Benin peuvent être utilisées pour les formulations de béton mais ceci pas à l'état brute. Elles doivent impérativement subir des traitements : les débarrasser des granulats les plus fins et les granulats les moins résistants par un processus de lavage et de tris.

IV- Conclusion générale

Face aux menaces de rareté du sable et du gravier habituellement utilisés dans nos constructions d'ouvrages et d'infrastructures, la latérite matériau localement disponible apparaît comme une planche de salut pour faire face à cette situation. Mais les conditions de son utilisation à l'état brute dans la formulation des différents bétons restent encore désirables. Les résultats de plusieurs recherches effectuées par plusieurs chercheurs sont restés moins encourageants. Mais

lorsque la latérite est combinée avec d'autres matériaux ou subit des traitements avant son utilisation dans la formulation des bétons, les résultats sont plus ou moins satisfaisants. C'est d'ailleurs le constat au niveau de la latérite de deux carrières différentes du Bénin où la résistance du béton de latérite brute reste très faible même si on augmente le dosage en ciment. Cette résistance s'est considérablement améliorée lorsque les latérites de ces deux carrières ont subi des traitements qui les ont débarrassés des granulats très fins et des gros granulats les moins rigides. Nous pouvons affirmer sans doute que les latérites du Bénin à l'instar de celles du monde peuvent être utilisées dans la formulation des bétons de résistance de qualité si ces dernières subissent des traitements susceptibles de les débarrasser des éléments fragilisant.

BIBLIOGRAPHIE

- Extrait du livre guide pratique du béton, Georges DREUX, Jean FESTA, 8^e édition Paris : Eryolles, 1998
- Essai de classification des sols latéritiques de Madagascar selon la topographie par J. RIQUIER
- Use of Benin laterites for the mix Design of structural concrete, Yémalin D. AGOSSOU, André LECOMTE, Rémi BOISSIERE, Edmond C. ADJOVI, Abdelouahab KHELIL (World Academy of Sciences Engineering and Technology Journal of Structural and construction engineering, vol : 16, n°10, 2022)
- Rapport de formulation de bétons C30/37
- Essai pour béton durci NF en 2003
- Use of Benin laterites for the Mix Design of Structural concrete (word academy of science, engineering and technology international journal and construction engineering, vol : 16 No : 10, 2022)

ANNEXE



Echantillon de latérite brute pour tamisage



Tamisage



Processus de tamisage pour la séparation des classes de granulats 0/4 et 4/25



Lavage des granulats de tailles 4/25



Lavage des granulats de tailles 0/4



Aspect du 4/25 après lavage



Aspect du 0/4 après lavage



Eprouvettes de béton frais de latérite



Béton de latérite lavée

béton de latérite brute



Eprouvettes béton de latérite lavée
durci avant écrasement



Eprouvettes de béton de latérite brute
durci avant écrasement



Eprouvette de béton de latérite brute
dosé 400kg/m³ après essai de compression



Eprouvette de béton de latérite brute
dosé 450kg/m³ après essai de compression



Eprouvettes de béton de latérite lavée dose 350kg/m^3 après essai de compression



Eprouvette de béton de latérite lavée dose 350kg/m^3