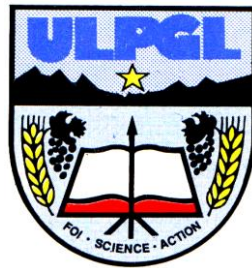


**UNIVERSITE LIBRE DES PAYS DES GRANDS LACS
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
APPLIQUEES**

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL



BP. 368 GOMA

www.ulpgl.net

**ÉTUDES COMPARATIVES DU TAUX D'ABSORPTION
D'EAU ENTRE LA BRIQUE CUITE ET LE PARPAING**

Par : MWAKA FUETA Etienne

Travail de fin de cycle présenté en vue de l'obtention
du Diplôme de Gradué en Sciences Appliquées

Option : Génie Civil

Directeur : Dr. Ing. BISHWEKA Cherif

Encadreur : Ing. KOKO KATUMBI Pascal

ANNEE ACADEMIQUE 2021 - 2022

EPIGRAPHE

« Ce n'est pas toujours par manque de briques qu'on rencontre le plus souvent
des petits murs »

Proverbe africain

DEDICACE

En témoignage de gratitude et de fidélité, je dédie ce travail à tous les membres de ma famille et tous ceux qui me sont chers.

MWAKA FUETA Etienne

REMERCIEMENTS

Le présent travail est le fruit des contributions et des efforts de plusieurs personnes dont notre gratitude à leur égard s'avère être évidente ainsi qu'il nous soit permis d'exprimer nos remerciements les plus sincères à tous ceux qui, de près ou de loin nous ont aidés pour la production de cette œuvre.

Nos tous premiers sentiments de gratitude vont à l'Éternel tout puissant, source de savoir qui nous a donné le souffle de vie et qui ne cesse de nous protéger depuis notre venue dans ce monde jusqu'à ce jour.

A notre Directeur le Docteur BISHWEKA Cherif et notre Encadreur l'Ingénieur KOKO KATUMBI Pascal pour l'encadrement scientifique, assistances, conseils et orientations pour la réalisation du présent travail.

Au Doyen de la Faculté le Professeur Docteur BARAKA MUSHAGE Olivier, et à l'ensemble des enseignants de la faculté et l'Université Libre des Pays de Grands-Lacs pour leur dévouement à notre égard.

A nos chers parents MWAKA POLO FUETA Espérant et KAMWANYA LUPETU Godelive pour tous les sacrifices consentis à notre égard.

A mes frères et sœurs Aide, Victorine, Félicité et Sandrine pour votre affection et vos encouragements.

A nos chers collègues étudiants et à tous ceux qui sont intervenus d'une manière ou d'une autre dans l'accomplissement de ce travail, qu'ils trouvent ici l'expression de nos sentiments de gratitude.

MWAKA FUETA Etienne

RESUME

Le présent travail porte sur l'étude comparative du taux d'absorption d'eau entre la brique cuite et le parpaing : deux matériaux d'usage largement répandue en maçonnerie. Ces deux matériaux peuvent chacun travailler à la place de l'autre ou peuvent être mixé dans certains cas. La caractéristique la plus importante de ces deux matériaux est le taux d'absorption, il permet en fonction de sa valeur et du matériau de contrôler l'effet protecteur d'un système de revêtement (crépi ou peinture de façade) par rapport à l'absorption d'eau, par exemple en cas de pluie, ou le comparer à d'autres produits ou systèmes. En vue de déterminer leurs taux d'absorption lors de la confection des éprouvettes, les procédés de fabrications des matériaux ainsi que les proportions en termes de composant sont à peu près proches de ce qui se fait sur le terrain en ville de Goma. Ainsi pour le parpaing le taux d'absorption mesuré est de 1,35% ; quant à la brique cuite, le taux d'absorption mesuré est de 18%. De ces valeurs découle que la brique avec un taux d'absorption élevé adhère mieux à la maçonnerie tandis que le parpaing avec le faible taux d'absorption résiste parfaitement aux changements brusques de température et se caractérise par une longue durée de vie.

Mots clés : Taux d'absorption d'eau, brique cuite, parpaing.

ABSTRACT

The present work concerns a comparative study of water absorption of backed brick and cinder block which are the two materials most used in masonry constructions; they can each work in place of the other or together. Their most important feature is water absorption; which lets you know according to its values which materials is optimal to determine water absorption. The making of test specimens is approximately close to the processes and proportions present on site in Goma. The water absorption of cinder block is 1.35% and that of backed brick is 18% values closes to the established by the experts, as a result the backed brick with high water absorption adheres better to the masonry mortar and is used for constructions that requires great resistances, while cinder block with low water absorption perfectly withstands sudden temperature changes and is characterized by a long services life.

Keywords: water absorption, brick, cinder block.

TABLES DES MATIERES

EPIGRAPHE.....	i
DEDICACE.....	ii
REMERCIEMENTS	iii
RESUME.....	iv
ABSTRACT	v
TABLES DES MATIERES	vi
LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
INTRODUCTION GENERALE.....	1
Chapitre I : GENERALITES.....	3
INTRODUCTION	3
1.1. GENERALITES SUR LA BRIQUE	3
1.1.1 Fabrication	3
1.2 GENERALITES SUR LE PARPAING	5
1.2.1 Fabrication	6
1.2.2 Formulation du mortier	8
1.2.3 Méthodes de formulation du béton	8
1.2.3.1. Méthode de Bolomey	9
1.2.3.2. Méthode de Faury	10
1.2.3.3. Méthode d'Abrams	10
1.2.3.4. Méthode de Joisel	10
1.2.3.5. Méthode de Dreux Gorisse	11
1.3 ABSORPTION DES MATERIAUX.....	11
1.3.1 Origine des sols.....	11
1.3.2 Les phases constitutives des sols	12
1.3.3 Cas particuliers des sols latéritiques	14
1.4 CONCLUSION PARTIELLE	15
Chapitre II METHODOLOGIE	16
INTRODUCTION	16
2.1 NATURE ET ORIGINES DES MATERIAUX.....	16
2.2 CARACTERISATION DES MATERIAUX	16

**ÉTUDE COMPARATIVE DU TAUX D'ABSORPTION D'EAU ENTRE LA BRIQUE
CUITE ET LE PARPAING**

2.3. ESSAIE D'IDENTIFICATION DE LA MATIERE PREMIERE POUR LA BRIQUE	17
2.3.1 TAMISAGE PAR VOIE HUMIDE.....	17
2.3.2 LIMITES DE CONSISTANCE	21
2.4 ESSAIE SUR LE CIMENT	27
2.4.1 MASSE VOLUMIQUE	27
2.5 ESSAIE SUR LES GRANULATS	27
2.5.1 ANALYSE GRANULOMETRIQUE.....	27
2.5.2 DEGRE DE PROPETE (EQUIVALENT DE SABLE).....	29
2.5.3 MASSE VOLUMIQUE ABSOLUE.....	31
2.5.4 MASSE VOLUMIQUE APPARENTE (ou EN VRAC).....	32
2.6 FORMULATION DU MORTIER	33
2.7 CARACTERISATION DES MATERIAUX	36
2.7.1 ESSAIE D'ABSORPTION PAR IMMERSION	36
2.8 CONCLUSION PARTIELLE	37
Chapitre III : PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS	38
3.1 Caractéristiques des granulats	38
3.1.1 L'analyse granulométrique	38
3.1.1.1 Sable.....	38
3.1.1.2 Lapilli.....	40
3.1.1.3 Sol	42
3.1.2 Degré de propreté du sable.....	45
3.1.3 Les masses volumiques des granulats.....	45
3.2 Caractéristique du sol	45
3.2.1 Les limites d'Atterberg	45
3.3 Absorption par immersion	46
3.4 CONCLUSION PARTIELLE	47
CONCLUSION GENERALE	48
Bibliographie.....	49

LISTE DES FIGURES

<i>Figure I-1 : Machine « l'unique » n°1 à bras de Vincent vers 1918</i>	6
<i>Figure I-2: Premières presses vibrantes fixes vers 1950.</i>	7
<i>Figure I-3 : Machine mobile « Pondeuse » plate-forme Chetouane.....</i>	8
<i>Figure II-1 : vue de face et coupe droite de l'appareil de CASAGRANDE.....</i>	22
<i>Figure II-2 : vue de dessus de l'appareil de CASAGRANDE</i>	23
<i>Figure II-3 : Outil à rainurer.....</i>	23
<i>Figure II-4 : vue de face de la coupelle remplie de pate</i>	25
<i>Figure II-6: vue de dessus de la coupelle après rainure.....</i>	25
<i>Figure II-5 : vue de face de la coupelle apres rainure de la pâte.....</i>	25
<i>Figure II-7 vue de dessus de la coupelle lèvres de la pâte rejoins</i>	25
<i>Figure II-8 : vue de face de la coupelle lèvres de la pâte rejoins.....</i>	25
<i>Figure II-9 : représentation de la courbe granulométrique</i>	29
<i>Figure II-10 : mesures des hauteurs</i>	31
<i>Figure III-1 courbe granulaire du sable de Idjwi.....</i>	40
<i>Figure III-2 : courbe granulaire du lapilli de Sake</i>	42
<i>Figure III-3 : courbe granulométrique du sol.....</i>	44

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau II-1 : Interprétation des résultats de l'équivalence de sable</i>	<i>31</i>
<i>Tableau II-2 : Valeurs optimales d'après Abrams du module de finesse des compositions granulaires des bétons courants</i>	<i>34</i>
<i>Tableau III-1: Tableau de l'analyse granulométrique du sable</i>	<i>39</i>
<i>Tableau III-2 : Tableau de l'analyse granulométrique du lapilli</i>	<i>41</i>
<i>Tableau III-3 : Tableau de l'analyse granulométrique du sol</i>	<i>43</i>
<i>Tableau III-4 : valeur des masses volumiques du sable et du lapilli en g/cm³.....</i>	<i>45</i>
<i>Tableau III-5 : détermination des limites d'Atterberg</i>	<i>46</i>
<i>Tableau III-6 Résultats des essais du taux d'absorption d'eau par immersion.....</i>	<i>46</i>

INTRODUCTION GENERALE

Pour aménager la terre l'être humain a recours à des matériaux pour se construire un habitat et son environnement ; de ces faits il naît des secteurs majeurs d'activités tels que les industries de carrières et matériaux de constructions, le bâtiment et travaux publics pour ne citer que cela. De ces matériaux énumérons la pierre, la brique, le béton ou encore bloc de ciment.

Tous les matériaux de construction poreux absorbent, bien que d'apparence relativement étanche, plus ou moins fortement l'eau. Pour contrôler l'effet protecteur d'un système de revêtement (crépi ou peinture de façade) par rapport à l'absorption d'eau, par exemple en cas de pluie, ou le comparer à d'autres produits/systèmes, il faut déterminer le coefficient d'absorption d'eau. Afin d'obtenir une valeur moyenne représentative, l'essai se fait conformément aux normes, sur plusieurs échantillons.

Etant donné que des édifices et ouvrages ont été bâtis et continus d'être bâtis en maçonnerie et que les matériaux les plus aptes à ce type d'ouvrage sont la brique et le parpaing, que l'une des caractéristiques importantes communes à plusieurs matériaux mais très essentielle pour la brique et le bloc en l'occurrence l'absorption de l'eau constitue un point de comparaisons entre ces deux matériaux. Le présent travail se propose de mener une étude qui compare le taux d'absorption entre la brique cuite et le parpaing utilisés en ville de Goma, car il peut s'avérer lors de la conception d'ouvrage, être un critère de choix très important pour la sélection du matériau à utiliser en fonction de l'usage et des performances aux quelles l'ouvrage est attendu.

Quel serait entre la brique cuite et le parpaing, le matériau qui aurait les bons comportements d'absorption de l'eau dans les conditions de confection et réalisation des ouvrages au sein de la ville de Goma ? Et quel serait leur comportement vis-à-vis de la température ?

Pour cela il faut déterminer le taux d'absorption entre la brique cuite et le parpaing en confectionnant des éprouvettes de ces matériaux avec des caractéristiques très proches de celles généralement utilisée dans la ville de Goma et en cherchant son taux d'absorption par immersion complète.

**ÉTUDE COMPARATIVE DU TAUX D'ABSORPTION D'EAU ENTRE LA BRIQUE
CUITE ET LE PARPAING**

Le choix de ce sujet tient compte de l'utilisation prononcée de la brique cuite et du bloc de ciment sur un grand nombre des ouvrages en maçonnerie, motivés par l'utilisation judicieuse de l'un ou l'autre en fonction de leurs caractéristiques et performances.

Des recherches antérieures sur l'absorption ont déjà été menées dans la majorité des cas sur des granulats, des résultats sur l'absorption des deux matériaux existent bien que très peu connus.

Le présent travail a pour objectif de comparer le taux d'absorption entre la brique cuite et le bloc de ciment dans le sens de faire une lumière sur lequel a le taux d'absorption favorable pour les performances recherchées.

Outre l'introduction et la conclusion générales, ce travail est subdivisé en trois chapitres ;le premier traite des généralités notamment de la brique cuite et du parpaing mais aussi de l'absorption de l'eau, le deuxième traite de la méthodologie employées dans la caractérisation des composant et la confection des éprouvettes, et enfin le troisième chapitre présente les résultats ainsi que leurs interprétations.

Chapitre I : GENERALITES

INTRODUCTION

Le parpaing et la brique sont tous deux des éléments de maçonnerie, le parpaing est un terme général qui désigne un élément taillé ou moulé, la brique est un élément de construction de terre argileuse cuits au four ou séchés. Dans ce chapitre, nous présenterons, les généralités sur les deux matériaux, leurs propriétés physiques et les différentes méthodes de fabrications.

1.1. GENERALITES SUR LA BRIQUE

Les matériaux de terre cuite sont utilisés depuis plusieurs siècles dans le bâtiment. Ils se sont adaptés à l'évolution de la construction et à ses impératifs, tant dans le domaine traditionnel que dans celui dit industrialisé. Les caractéristiques des produits de terre cuite permettent à ceux-ci d'être employés dans toutes les parties de la construction avec efficacité.

Ce sont essentiellement les briques, les tuiles, les éléments pour planchers, les conduits de fumée, les carreaux rustiques, des éléments de décoration, etc.

Ils sont fabriqués à partir d'argiles communes devenant souvent rouges à la cuisson (sauf les argiles calcaires dont la couleur de cuisson varie du rose au jaune et au blanc). Les températures de cuisson les plus usuelles varient de 900 à 1 050 C. Les produits de terre cuite sont généralement poreux. Ils peuvent être émaillés afin de leur donner, outre leurs qualités fonctionnelles, des qualités esthétiques [1].

La brique est un matériau de construction qui est fabriqué en portant une petite quantité d'argile, préalablement mise en forme, à une température appropriée la température de frittage. Les particules d'argile commencent alors à fondre et s'agglomèrent pour former une masse à caractère pierreux. Après la cuisson, la brique conserve une certaine porosité, qui lui confère d'ailleurs des propriétés spécifiques et la distingue des autres matériaux de construction [2].

1.1.1 Fabrication

La fabrication comprend plusieurs stades dont les principaux sont [1] :

- l'extraction des matières premières ;
- la préparation ;
- le façonnage ;

ÉTUDE COMPARATIVE DU TAUX D'ABSORPTION D'EAU ENTRE LA BRIQUE CUITE ET LE PARPAING

- le séchage ;
- la cuisson.

1. *Extraction*

La matière première naturelle de la brique de terre cuite est l'argile. Il faut entendre 'argile' au sens large et considérer également les terres limoneuses et schisteuses, matières premières de même composition minéralogique que l'argile.

2. *Préparation de l'argile*

La préparation comprend deux opérations principales : le broyage et le malaxage d'une part, le dosage et le mélange des matières premières d'autre part. Le but est d'obtenir une masse argileuse bien homogène et plastique qui sera facilement transformée en produit fini.

a) *Broyage et malaxage :*

Ces opérations ont pour but de rendre la masse d'argile homogène et de lui conférer la plasticité nécessaire au moulage des briques. Cette opération a également pour but de réduire les inclusions solides éventuellement présentes dans l'argile pouvant influencer négativement la structure du produit en terre cuite. Dosage et mélange : Aujourd'hui, on ne fabrique plus les briques uniquement à partir des argiles locales, comme c'était le cas auparavant. Pour obtenir une qualité optimale de la matière première, divers types d'argile sont mélangés, toujours sous un contrôle permanent. On peut ainsi garantir la qualité constante des produits en terre cuite. La préparation de la matière première s'accompagne également d'ajout d'eau ou de vapeur. L'ajout d'eau permet de garantir une mise en forme facile de l'argile, tandis que la vapeur augmente la plasticité de l'argile.

3. *Façonnage*

On distingue divers types de briques, en fonction de la manière dont elles sont mises en forme

a) *Briques moulées main*

La méthode de moulage la plus ancienne est le façonnage à la main des briques. Le mouleur prend une certaine quantité d'argile, la jette dans un moule en bois préalablement sablé pour éviter que la pâte n'adhère aux parois, presse convenablement la terre pour remplir le moule, arase l'excédent et retourne l'appareil pour démouler la brique crue ou « verte » (= brique non cuite). Pour faciliter cette opération, l'argile doit être relativement ductile (et humide par conséquent), évitant ainsi au mouleur de devoir exercer un effort trop important. Ceci a pour

conséquence que la brique « moulée main » présente une surface irrégulière, caractérisée par des plissures.

b) Briques-pressées

Les briques moulées à la presse forment une catégorie à part. On introduit dans les moules de l'argile relativement sèche que l'on comprime vigoureusement pour lui donner la cohésion voulue. Ces produits présentent une surface grenue et une forme géométrique bien marquée.

c) Briques étirées

Dans cette machine, la masse d'argile est extrudée sous forme d'une carotte continue à section rectangulaire. Ce « boudin » d'argile est alors coupé à intervalles réguliers. Chaque élément forme une brique qui présente quatre faces assez lisses suite au coulissement dans la filière, et deux faces de sectionnement plus grossières.

d) Cuisson

C'est la dernière étape que doit subir la brique d'argile façonnée et séchée, avant de pouvoir devenir une brique de terre cuite à proprement parler. C'est là une phase d'une grande importance qui doit se dérouler très progressivement. Enfin, une dernière phase consiste à refroidir les briques. Cette opération doit s'effectuer de façon très contrôlée pour éviter tout risque de fissuration [2].

1.2 GENERALITES SUR LE PARPAING

Le bloc de béton ou bloc de béton manufacturé (abrégié BBM) est un élément de maçonnerie moulé. Le bloc de béton est couramment désigné selon les régions par : « parpaing », « aggloméré », « agglo », « plot », « plotet », « moellon », « quéron », etc. [3].

Sa structure peut être creuse ou pleine selon sa classe de résistance. En effet, plus le bloc de béton aura de charge à supporter, plus sa classe de résistance devra être élevée, et plus il sera lourd. De forme régulière, solide, relativement léger et peu coûteux, le bloc de béton est le composant principal des murs extérieurs des constructions récentes. Il peut être utilisé seul, notamment dans la construction de hangars, de murs de clôture. Mais généralement pour des raisons d'esthétique et d'isolation, on le recouvre d'un autre matériau, brique ou enduit coloré (crépi). Il existe des blocs constitués de terre cuite ou encore de pierre volcanique, mais leur utilisation est beaucoup plus rare, Les blocs sont empilés les uns sur les autres par rangs successifs jointés entre eux grâce à une fine épaisseur de mortier en général 1,5 cm [4]. Les

blocs d'utilisation courante à Goma sont composés d'eau, de sable de ciment et éventuellement d'adjuvant.

1.2.1 Fabrication

Les témoignages photographiques les plus anciens montrent une fabrication manuelle de blocs par pilonnage du béton dans un moule métallique que l'on peut situer vers la fin du XIXe siècle (Figure I-1).

On procède déjà à la fabrication de blocs, probablement exclusivement pleins, par démoulage immédiat. Le stockage nécessite donc un espace important [5].

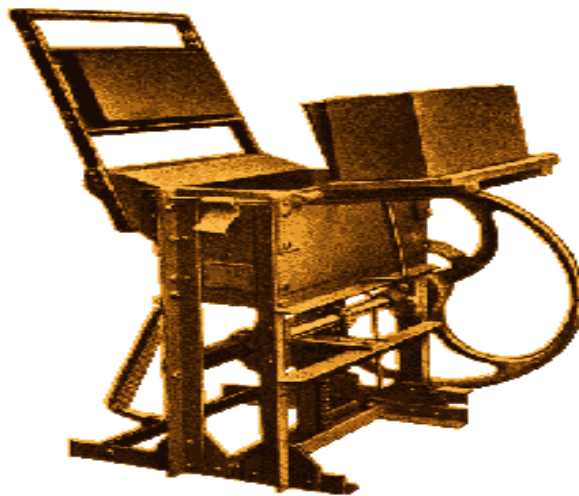


Figure I-1 : Machine « l'unique » n°1 à bras de Vincent vers 1918

Le sol où l'on fabriquera les parpaings devra être propre. Un plancher en bois ou un sol bétonné conviendront parfaitement. Pour éviter que les parpaings n'y adhèrent, on interposera du papier (les emballages des sacs de ciment par exemple).

Le coffrage

Utiliser des planches propres, débarrassées des pointes qui auraient pu subsister. Maintenir ces planches solidement par des clous pour le cas présent. Vérifier l'équerrage dans tous les sens (s'assurer de l'égalité des diagonales).

Béton et coulage des parpaings

Préparer un béton relativement sec placé et dame. Mouiller convenablement les moules. Couler par couches successives en surveillant la tenue du coffrage. Damer soigneusement chaque couche. Dresser la dernière couche au ras du moule. Ne pas

lisser.

Si le béton a été coulé à consistance convenable, plutôt dure, le décoffrage peut avoir lieu tout de suite. Décaler les côtés avec précautions, veiller à ne pas abîmer les arêtes. Les blocs peuvent être manipulés dès le lendemain mais il faut les sécher en évitant les courants d'air et l'exposition au soleil. Pour contrebalancer l'évaporation toujours trop rapide de l'eau, il est nécessaire d'humidifier régulièrement des parpaings [6].

La fabrication est assurée, dans certains pays, directement sur le site de construction des ouvrages (en Angleterre, par exemple), ce qui ne devait pas simplifier les choses surtout en hiver, les premières usines apparaissent alors dans le but de résoudre le problème du stockage, environ 250 blocs par poste de huit heures. Les premières presses vibrantes fixes apparaissent aux environs des années 50 du XX siècle. (**Figure I-2**).

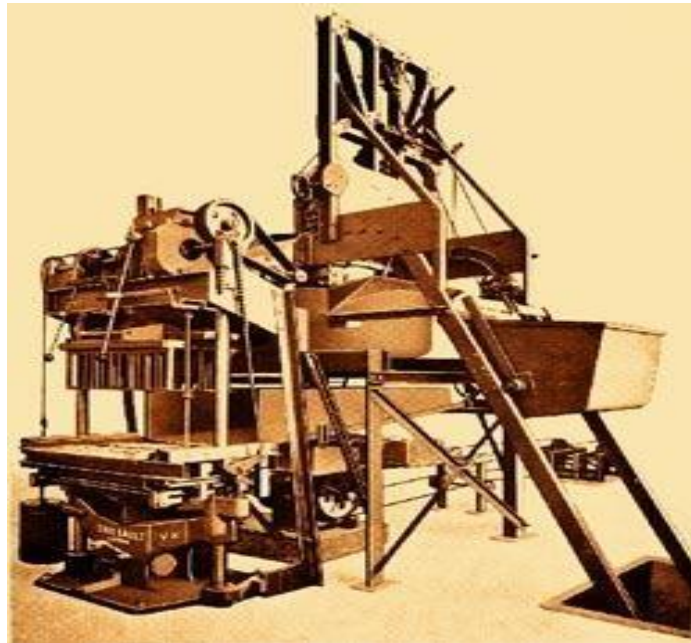


Figure I-2: Premières presses vibrantes fixes vers 1950.

L'industrie du bloc de béton :

Le développement de l'industrie de bloc béton fait apparaître une nouvelle génération de machines mobiles ; dites pondeuses (Figure I.3) ; dont le principe est de démouler au sol le ou les blocs fabriqués par vibration et compression ; puis d'avancer de quelques mètres afin de démouler les suivants. Ce mode de fabrication a pour intérêt essentiel ; de limiter au maximum la manipulation des blocs frais et donc les risques d'endommagements.



Figure I-3 : Machine mobile « Pondeuse » plate-forme Chetouane.

Les presses automatiques apparaissent dans les pays industrialisés. La machine est dorénavant fixe et les blocs fraîchement démoulés sur les planches (en bois ou en acier) sont transportés dans des cellules de durcissement ou ils séjournent environ 24 heures avant leur palettisation. Les usines utilisent actuellement ce principe de fabrication dans des versions améliorées et optimisées. Ils ont ainsi vu l'automatisation complète de la production depuis l'asservissement de la centrale à béton jusqu'à la palettisation en passant par la machine et ses équipements la manutention des planches et des produits durcis. La sécurité et la maintenance ont été considérablement améliorées [5].

1.2.2 Formulation du mortier

Le parpaing est obtenu à partir d'un mortier moulé, bien qu'il s'agisse ici de mortier les méthodes de formulation du béton sont valables car leur différence provient du fait que le mortier n'inclut pas de gravier dans sa composition. Un bon mortier doit être mou, d'aspect lisse, luisant et légèrement huileux.

Une fois que la prise est commencée, le mortier doit être rejeté ; on ne peut jamais le re-gâcher. En pratique, on peut considérer comme début de prise le moment où la pâte commence à opposer une certaine résistance à la pénétration du doigt et comme fin de prise celui où la surface de la pâte n'est plus rayée par la pression de l'ongle [7].

1.2.3 Méthodes de formulation du béton

Elles sont nombreuses les méthodes de calcul de la composition du béton et parmi elles, il

n'existe pas une qui soit universellement connue comme étant meilleures que d'autres.

Une composition de béton a toujours été le résultat d'un compromis entre les exigences étant généralement contradictoire. Une méthode de composition du béton sera considérée comme satisfaisante si elle permet de réaliser un béton répondant aux exigences suivantes :

- ✓ Présenter un faible retrait et un fluage peu important,
- ✓ Le cout doit être le plus bas en raison d'économie,
- ✓ Après durcissement, le béton doit présenter une certaine résistance à la compression,
- ✓ Le béton frais doit être facilement mis en œuvre (ouvrabilité) avec les moyens et méthodes utilisées sur chantier, etc.

D'où on mesure l'importance de l'étude de la formulation du béton, d'autant plus nécessaire que les caractéristiques requises sont élevées. [8] Les différentes méthodes à présenter ici sont la méthode de Bolomey, méthode de Faury, méthode d'Abrams, méthode de Joisel et celui de Dreux Gorisse.

1.2.3.1. Méthode de Bolomey

La méthode de Bolomey a le mérite d'avoir ouvert la voie aux études de béton. Toutefois, elle est appliquée aux granulats dont la masse volumique absolue est comprise entre 2.5 et 2.7 kg/m³. Cette granulométrie est d'ailleurs la plus courante.

Par la formule appropriée, on trace une courbe granulométrique de référence et d'où s'efforce de réaliser avec des granulats dont on dispose une composition granulaire totale, y compris le ciment, dont la courbe soit aussi proche que possible de la courbe de référence théorique. La formule (I-1) est de la base pour cette méthode.

$$\mathbf{P = A + (100-A) \sqrt{d/D}} \quad \mathbf{(I-1)}$$

Avec :

- **P** : le pourcentage de grains passant à la passoire de diamètre
- **D** : le diamètre de grains les plus gros
- **A** : Il dépend de la consistance souhaitée du béton et de la provenance des granulats. Elle varie de 6 à 16, étant autant plus élevée que le dosage en ciment est plus fort. Cette méthode aboutit théoriquement tout au moins à une granularité continue.

1.2.3.2. Méthode de Faury

Cette méthode est arrivée en 1991 pour compléter celle de Bolomey. Cette méthode donne des bétons comportant moins des sables et de gravier.

Ces bétons sont plus raides et conviendront à des travaux pour lesquels une très bonne maniabilité n'est pas indispensable. De ceci, les bétons de Faury auront souvent une résistance mécanique supérieure aux bétons Bolomey correspondants.

Ce qui fait la particularité de cette méthode est qu'elle soit applicable à tous les granulats, qu'elle que soit la masse volumique. Faury distingue des différents grains. Des grains fins et grains moyens des celles qui sont gros et la pente de la droite n'est pas la même pour chacune de ces deux courbes, il adopta alors une échelle des abscisses graduée en $\sqrt[5]{d}$. L'abscisse du point de rencontre de ces deux droites est fixée D/2 et son ordonnée par la formule (I-2).

$$Y = A + 17 * \sqrt[5]{d} \frac{B}{D^{-0.75}} \quad (I-2)$$

Avec :

- **A** : Constante traduisant la maniabilité du béton
- **B** : Constant traduisant l'importance du serrage du béton
- **D** : Plus grande dimension de tamis
- **R** : Rayon moyen de moule

1.2.3.3. Méthode d'Abrams

La méthode d'Abrams est une règle de mélange basée sur l'obtention d'un module de finesse global pour le mélange des granulats à partir de la connaissance des modules de finesse des granulats qu'il faut employer. Les modules de finesse du mélange sont donc choisis de manière que les vides dans le mélange soient, en principe, réduits au minimum. [9]

1.2.3.4. Méthode de Joisel

A. Joisel propose de considérer que la loi de granulation conduisant à la compacité maximale est fonction de $m\sqrt{d}$, m dépend de la compacité avec laquelle se serre un granulat de dimension uniforme selon les moyens de serrage, m peut alors varier de 3 à 10, s'inspirant comme Faury de la théorie de Caquot mais en la généralisant.

Comme dans la théorie de Faury, on aboutit en principe à une granularité continue sauf, bien entendu, si les granulats dont on dispose en pratique présentent une discontinuité.

Aussi, le dosage en ciment déterminé par cette méthode est le dosage minimal correspondant théoriquement sur le plan granulométrique, à la compacité maximale, ce dosage est en général nettement inférieur (150 à 200 kg/m³) au dosage nécessaire ou exigé (250 à 400 kg/m³ dans la plupart de cas). Une connexion doit être apportée dans ce sens. [10]

1.2.3.5. Méthode de Dreux Gorisse

Les abaques de Dreux permettent une approche pratique d'une composition de béton répondant à des objectifs déterminés moyennant quelques hypothèses facilitant la démarche. Il est bien évident qu'une fois cette composition déterminée, elle devra, être soumise à l'expérimentation afin d'affiner les dosages indiqués. [11]

Pour cette méthode, les données sont généralement définies par les cahiers des charges du projet, les conditions du chantier ou la disponibilité des matériaux. Les résistances que l'on peut prétendre rechercher par la méthode de Dreux Gorisse varient dans le domaine d'application présentant une résistance à 28 jours comprise entre 20 MPa et 40 MPa. On fixe cependant pour les bétons une maniabilité caractérisée par sa consistance et mesurée par l'essai au cône d'Abrams, cela en fonction des caractéristiques de l'ouvrage et des moyens du chantier.

1.3 ABSORPTION DES MATERIAUX

La capacité d'absorption d'eau des substances est donnée par le coefficient d'absorption d'eau w . Plus la valeur w est grande, plus le pouvoir absorbant est élevé. Dans la construction, cette propriété est cruciale, par exemple dans la sélection des matériaux de construction, des matériaux de peinture, des revêtements, des mesures de rénovation, etc [12]. Pour comprendre en détails l'absorption retraçons quelques brèves notions de géologie de l'ingénieur.

1.3.1 Origine des sols

La formation des sols est associée à deux phases de l'érosion : la météorisation (décomposition physique et altération chimique) de la roche superficielle et le transport des débris.

1. La météorisation des sols

La météorisation des sols se manifeste de différentes façons :

a) La désagrégation physique des sols

L'humidité est le principal agent de désagrégation physique. En effet, l'eau qui gèle dans les minces fissures de la roche y exerce une pression suffisante pour en provoquer

l'éclatement en surface. Les cycles répétés de gels et de dégels agrandissent les fissures et favorisent le morcellement la roche en débris de plus en plus petits.

b) Le processus d'altération chimique

Contrairement au processus de désagrégation physique les mécanismes d'altérations chimiques s'attaquent à la structure des minéraux. L'eau est le principal facteur de dégradation chimique. La décomposition chimique est essentiellement due à l'action de l'eau et des températures qui provoquent des phénomènes tels : que la carbonatation, l'oxydation, l'hydrolyse des roches qui donnent des produits dont la structure est différente des roches mères.

2. Le transport et les dépôts

La désagrégation physique de la roche mère et les produits de l'altération chimique peuvent évoluer sur le site même de leur formation pour former des horizons distincts (ce sont des sols dits autochtones). Cependant, les débris solides et les produits d'altération en solution sont emportés les agents tels que le vent, le ruissellement, les courants marins et les glaciers et se déposent dans des bassins de sédimentation.

1.3.2 Les phases constitutives des sols

Les roches sont constituées de trois phases : *les phases solides, liquides et gazeuses.*

1. La phase solide ou squelette solide :

Elle est constituée par des particules minérales ou organiques. Les particules formées par l'altération physique ou mécanique sont généralement constituées des fragments de la roche mère renfermant chacun un ou plusieurs minéraux. Leur forme est régulière. Les particules provenant de l'altération chimique ont une forme irrégulière et sont constituées soit par les fragments de la roche mère ne comportant qu'un seul fragment, soit par des minéraux différents formés au cours des processus de dissolution et de recristallisation.

2. La phase liquide :

Elle est composée de l'eau se trouvant dans les vides(interstices). Ces interstices peuvent être en partie ou en totalité occupés par de l'eau.

Lorsque ces interstices sont totalement occupés par de l'eau, on dit que le sol est saturé. Cette eau en générale n'est pas pure ; elle contient des électrolytes dissociés en anions et cations des matières organiques et colloïdes en suspension. Dans certains cas, elle contient des gaz dissous.

3. La phase gazeuse :

Elle est constituée des gaz et des vapeurs d'eau se trouvant dans les interstices.

- La liaison entre les phases :

Toutes les particules de sol sont entourées d'une couche de molécule d'eau. La couche d'eau absorbée sous forme de pellicule est une couche d'eau solidement liée à la surface de la partie du sol par les forces électro moléculaires. En effet, les particules de la fraction très fine des sols sont en général de nature argileuse. Elles portent à leur surface des charges électriquement négatives.

Le champ électrique créé par ces charges oriente les molécules dipolaires d'eau au voisinage de la particule. L'interaction entre l'eau et les particules argileuses décroît rapidement quand on s'éloigne de la particule. Les premières couches de molécules d'eau sont fortement liées. Les couches suivantes sont plus faiblement liées et ont un comportement visqueux différent de celui de l'eau libre.

- La couche d'eau adsorbée :

Elle est encore appelée couche d'eau hygroscopique est la couche des molécules d'eau liée de façon presque rigide à la particule. L'épaisseur de cette couche varie avec la nature du minéral argileux et avec la nature des cations. Son épaisseur est de l'ordre de 0,005 micromètre.

- L'eau pelliculaire :

Est celle qui entoure la couche d'eau absorbée. Son épaisseur est plus grande que celle de la couche d'eau adsorbée. L'eau pelliculaire et l'eau adsorbée forment ce que l'on appelle *l'eau liée*. C'est elle qui est à l'origine des propriétés de plasticité, de fluage (viscosité) et de thixotropie des sols très fins ou argileux. Les forces de surface ou de contact sont prépondérantes dans ces sols par rapport aux forces de pesanteurs.

Dans l'ensemble, en ce qui concerne l'état de l'eau dans le sol on distingue :

- ***l'eau de constitution*** qui entre dans la composition chimique des minéraux qui forment les particules des sols ;

- ***l'eau liée ou adsorbée*** à la surface des grains très fines : elle est orientée par les forces d'attraction moléculaire et les forces électrostatiques ; elle a une viscosité élevée et ne transmet pas les pressions. Elle a une grande influence sur les propriétés des sols ;

- *l'eau libre* : elle circule librement dans les pores du sol sous l'effet des forces de pesanteur ;
- Dans les sols nos saturés, en présence d'air ou d'autres gaz, l'eau est retenue dans les canaux les plus fins du sol par les forces capillaires. Elle se trouve alors en dépression par rapport à la pression atmosphérique.

1.3.3 Cas particuliers des sols latéritiques

Les sols latéritiques se rencontrent généralement dans les zones équatoriales de l'Amérique centrale et du Sud, de l'Inde, de l'Indonésie, de l'Afrique et autres. Les sols latéritiques sont formés à la suite de la désagrégation physique et chimique de la roche mère sous l'effet des températures et l'humidité élevée. Ce sont des produits riches en oxyde de fer et d'aluminium et presque dépourvus des produits basiques. Lors du processus de formation des sols latéritiques, il y a eu transport des sels solubles et des métaux alcalins (Na, Ca, K et Mg) par les eaux vers les couches plus profondes du sol, tandis que dans les couches supérieures il y a eu une accumulation des produits insolubles riches en oxyde de fer et d'aluminium. Ces sols contiennent également beaucoup de quartz et de minéraux d'argile (kaolinite, allouasite, illite) et une faible quantité de manganèse et de titane. Les oxydes de fer et d'aluminium présents dans les sols latéritiques permettent une certaine cimentation des particules des sols entre elles et malgré leur porosité relativement élevée, ils ne présentent pas les caractéristiques des sols faibles.

La curasse latéritique représente en quelque sorte de grosses particules de sols latéritiques de surfaces couvertes par une enveloppe commune d'oxyde de fer relativement rigide.

1.3.4 L'influence de l'eau sur les propriétés des sols argileux

La présence de l'eau liée (adsorbée) entre les particules de sols argileux détermine sa plasticité. Plus la pellicule d'eau est épaisse, moins le sol est résistant et vice versa. Lorsque la pellicule d'eau enveloppant les particules de sols argileux est petite en épaisseur, le sol a une faible cohésion.

L'humidification des sols argileux entraîne dans l'ensemble un accroissement de l'épaisseur des pellicules d'eau entre les particules et s'accompagne d'une augmentation du volume des sols (gonflement des sols); inversement, avec l'assèchement, le sol argileux diminue en volume à la suite d'un amincissement des pellicules d'eau (le sol se rétracte).

La cohésion du sol dépendant de l'épaisseur de la couche d'eau faiblement liée, peut considérablement baisser avec une destruction de la position des molécules d'eau et des particules (par exemple, sous l'effet des forces dynamiques).

Avec le temps, une reconstitution de la résistance est possible.

Ainsi, les sols argileux ont des propriétés de plasticité, de cohésion, de gonflement avec l'humidification, de rétrécissement (retrait) avec l'assèchement, d'imperméabilité dans certains cas. La présence de l'eau influence très peu sur les propriétés des sables. Certains sols argileux peuvent également présenter des propriétés d'affaissement avec l'humidification : c'est le cas de loess. Dans la plupart des cas, ces sols ont été formés à la suite d'un transport de petites particules et leur dépôt dans les régions de steppes. Les loess sont macroporeux, c'est-à-dire qu'entre ces particules il existe des grands pores visibles à l'œil nu (macrospores). Ils ont une porosité supérieure à 0,44, une faible teneur en eau (0,08 ... 0,16) et un faible degré de saturation supérieur ou égale à 0,5.

Ces sols sont très résistants à l'état sec mais avec l'humidification, cette résistance chute considérablement. Ici il y a un tassement rapide du sol dû au changement brusque de sa structure.

1.4 CONCLUSION PARTIELLE

Au sein de ce chapitre est présenté les généralités sur la brique cuite et le parpaing, les différentes méthodes de fabrications de la brique et du parpaing en passant par les méthodes artisanales, industrielles ont été parcourues. Les différentes méthodes de formulations du béton y sont citées et quelques notions de géologie de l'ingénieur nécessaires pour comprendre l'absorption d'eau par les matériaux sont retracées au sein de chapitre.

Chapitre II METHODOLOGIE

INTRODUCTION

Ce chapitre se consacre essentiellement à la méthodologie. Il traite de la présentation des constituants et de leurs origines, des essais de caractérisation des composants des deux matériaux au travers d'une série d'essai spécifique à chaque composant des deux matériaux. Au sein de ce chapitre seront présentés les différents modes opératoires des essais réalisés au sein du labo de la Faculté des Sciences et Technologies Appliquées de l'ULPGL/GOMA.

2.1 NATURE ET ORIGINES DES MATERIAUX

Les différents constituants utilisés lors de la confection de nos éprouvettes sont de natures et origines variées ; nous vous les présentons dans le paragraphe ci-dessous.

En premier lieu, le sable provenant d'IDJWI est un sable marin de classe 0/5, le lapilli provient de SAKE il est d'origine volcanique, l'argile provient de MASISI tandis que l'eau utilisée est fournie par la REGIDESO.

2.2 CARACTERISATION DES MATERIAUX

La caractérisation des différents matériaux se concrétise au travers plusieurs essais normalisés en ce qui concerne nos différents matériaux.

1 brique

La brique sera essentiellement constituée d'argile a cent pour cent ; les essais y afférent sont : l'analyse granulométrique par voie humides pour ce cas, la détermination des limites d'ATTEBERG et enfin la détermination du taux d'absorption de la brique.

2 blocs de ciment

Suivant ses constituants les essais y relatif : l'analyse granulométrique par voie sèche pour le sable, sa masse volumique absolue et apparente ainsi que celle du ciment, détermination de la teneur en eau, l'équivalence de sable et enfin la détermination du taux d'absorption du bloc de ciment.

2.3. ESSAIE D'IDENTIFICATION DE LA MATIÈRE PREMIÈRE POUR LA BRIQUE

Pour identifier l'indentification de la matière première, l'argile principal composé de la brique s'est faite au travers deux essais :

- L'analyse granulométrique : tamisage par voie humide
- Et les limites d'ATTEBERG.

2.3.1 TAMISAGE PAR VOIE HUMIDE

On appelle "tamisât" ou "passant", le matériau qui passe à travers les mailles d'un tamis. On appelle "refus", le matériau qui est retenu sur le tamis.

2.3.1.1 Objectif de l'essai

Identifier le pourcentage en masse des différents éléments d'un sol dont les dimensions sont supérieures à 0,08 mm. Cet essai est quantitatif et ne donne aucune indication sur la nature minéralogique de ces grains.

2.3.1.2 Principe de l'essai

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes. Les dimensions de mailles et le nombre de tamis sont choisis en fonction de la nature de l'échantillon et de la précision attendue. Les masses des différents refus ou celles des différents tamisât sont rapportées à la masse totale du matériau, les pourcentages ainsi obtenus sont exploités, soit sous leur forme numérique, soit sous une forme graphique (courbe granulométrique).

L'essai s'effectue en deux procédures distinctes.

- Un tamisage humide visant tout d'abord à séparer les fines (< 0,08 mm), ce qui permet ensuite de tamiser les "gros" éléments facilement puisque les éléments cohésifs (fines) ont été séparés. On peut éventuellement garder une partie des fines pour l'essai de sédimentométrie.
 - Une deuxième procédure qui peut se faire à titre de vérification, qui se fera avec une masse d'échantillon moins importante que pour la procédure précédente. Dans cette procédure, on tamise l'échantillon en commençant par le plus gros tamis en réduisant progressivement les mailles jusqu'au plus petit diamètre. L'avantage de cette procédure est qu'elle permet de mesurer précisément la masse des fines, qui sera additionnée à la masse des éléments plus gros, afin de vérifier que l'on retrouve bien la masse totale de départ. L'inconvénient est que les fines devront être lavées à chaque tamis et que cela rend la procédure bien plus fastidieuse.
-

Note : Il conviendra donc d'opter pour la deuxième procédure lorsque la masse de l'échantillon est faible, afin de réduire les risques d'imprécision.

2.3.1.3 Préparation de l'échantillon

Prélèvement

Faire un tas conique du matériau à échantillonner dans un plateau à bords relevés.

Aplatir le tas.

Diviser le tas en quatre quartiers en faisant attention de ne pas perdre des fines.

Rejeter deux quartiers opposés.

Refaire un cône avec ce qui reste.

Recommencer l'opération jusqu'à ce que la quantité désirée soit obtenue.

La masse de l'échantillon pour essai dépend des dimensions des éléments les plus gros qu'il contient. Il est recommandé de se tenir dans les limites définies par la formule suivante :

$$200 D < m < 600 D$$

Où m est la masse de l'échantillon exprimée en grammes et D la dimension maximale exprimée en millimètres des plus gros éléments.

2.3.1.4 Préparation

L'essai s'effectue sur le matériau à la teneur en eau à laquelle il se trouve avant l'analyse afin d'éviter un séchage qui présente des inconvénients : perte de temps due au séchage avant tamisage, risque d'agglomération des particules par séchage.

- On prélève deux échantillons représentatifs du matériau :
- Le premier de masse m_h pour effectuer l'analyse granulométrique par tamisage préalable des fines ($< 0,08$ mm)
- Le second de masse m_{1h} pour vérification de la masse sèche sans tamisage préalable des fines
- Pesée des deux échantillons.
- Dessiccation complète du premier échantillon m_{1h} et pesée, soit m_{1d} sa masse sèche.

**ÉTUDE COMPARATIVE DU TAUX D'ABSORPTION D'EAU ENTRE LA BRIQUE
CUITE ET LE PARPAING**

La masse sèche (m_d) de l'échantillon soumis à l'analyse granulométrique est calculée par la relation (II-1) de la manière suivante :

$$m_d = \frac{m_{1d}}{m_{1h}} * m_h \quad (II-1)$$

2.3.1.5 Appareillage

Une série minimale de tamis a 200 mm avec mailles carrées dont les dimensions sont les suivantes : 20/10/5/2/1/0,4/0,2/0,1 et 0,08 mm.

- Une étuve ventilée à température réglable à 105 °C,
- Une balance de portée de 10 kg avec une précision de 1 gramme. Pour les masses > 10 kg une précision de ± 5 g peut être admise.
- Un minimum de 3 bacs de dimensions 40 x 30 x 6 cm (éventuellement 30 x 22 x 5 cm).
- Des pissettes souples en plastique de 500 ml, un réchaud ou éventuellement un four à micro-ondes,
- Une main écope,
- Un pinceau à tamis à poils nylon,
- Une spatule,
- Une paire de gants isolants.

2.3.1.6 Exécution de l'essai et calculs.

L'exécution de l'essai est conforme à la norme NFP 18-560 d'octobre 1978 « Analyse granulométrique par tamisage »

Exécution de l'essai avec tamisage préalable des fines

- Prendre l'échantillon m_h et le laisser tremper au préalable pendant 2 à 24 heures.
- Tamiser à 0,08 mm et conserver les refus et éventuellement une partie des passants (fines) pour l'essai de sédimentométrie.
- Peser la masse totale des refus secs. Soit R cette masse totale.
- Verser les refus secs dans une colonne de tamis classée par ordre décroissant à partir du haut.
- Agiter manuellement ou mécaniquement cette colonne, puis reprendre un à un les tamis en commençant par celui qui a la plus grande ouverture en adaptant un fond et un

**ÉTUDE COMPARATIVE DU TAUX D'ABSORPTION D'EAU ENTRE LA BRIQUE
CUITE ET LE PARPAING**

couvercle. On agite chaque tamis en donnant à la main des coups réguliers sur la monture

- Peser le refus du tamis de 20 mm Soit R_1 la masse de ce refus.
- Verser le tamisât dans le fond sur le tamis immédiatement inférieur, dans ce cas de 10 mm
- Reprendre la même opération avec ce tamis inférieur ; ajouter le refus obtenu à R_1 et peser l'ensemble. Soit R_2 la masse des deux refus cumulés. Ceci permet de mesurer la masse cumulée sans risque d'erreur.
- Poursuivre la même opération avec tous les tamis de la colonne pour obtenir les masses des différents refus cumulés $R_3, R_4, \dots, R_j, \dots, R_n$.
- Peser s'il y en a, le tamisât du dernier tamis. Soit T_n sa masse.
- Attention de ne pas perdre des éléments en cours de manipulation. Pour cela on peut vérifier la masse totale des refus secs à l'origine (R) avec la masse totale à la fin ($R_n + T_n$).

Calculs

- Après le tamisage, les masses des différents refus cumulés R_i , sont rapportées à la masse totale calculée de l'échantillon pour essai sec m_s et les pourcentages de refus cumulés ainsi obtenus sont calculées par la relation (II-2),

$$\left(\frac{R_i}{m_d} \times 100\right) \quad (II-2)$$

- Inscrits sur la feuille d'essai. Les pourcentages de tamisât correspondants sont égaux aux résultats obtenus par la relation (II-3)

$$100 - \left(\frac{R_i}{m_d} \times 100\right) \quad (II-3)$$

- Vérifier s'il n'y a aucune perte de matière lors du déroulement de l'essai par la relation (II-4)

$$m_d = R_n + T_n \quad (II-4)$$

2.3.2 LIMITES DE CONSISTANCE

La consistance d'un sol peut varier dans de larges limites avec : La quantité d'eau interstitielle que contiennent ses pores, L'épaisseur des couches d'eau adsorbée qui enrobent ses grains.

2.3.2.1 Objectif de l'essai

Les Limites d'Atterberg sont des constantes physiques conventionnelles qui marquent les seuils entre :

- Le passage d'un sol de l'état liquide à l'état plastique (limite de liquidité W_l)
- Le passage d'un sol de l'état plastique à l'état solide (limite de plasticité W_p)

Ces limites ont pour valeur la teneur en eau du sol à l'état de transition considéré, exprimée en pourcentage de la masse du matériau sec.

La différence qui définit l'étendue du domaine plastique, est particulièrement importante, c'est l'indice présenté dans la relation (II-5) est la différence qui définit l'étendue du domaine plastique, est particulièrement importante.

$$I_p = W_l - W_p \quad \text{(II-3)}$$

2.3.2.2 Principe de l'essai

L'essai s'effectue en deux phases :

La limite de liquidité est la teneur en eau pour laquelle les deux moitiés d'un gâteau de sol, placé dans une coupelle et divisé en deux parties par une rainure, arrivent à se rejoindre sur une longueur déterminée sous effet d'un nombre déterminé (25) de chocs imposés à la coupelle. Ceci s'effectue à l'aide de l'appareil de Casagrande.

La limite de plasticité est la teneur en eau pour laquelle il est encore possible de former des rouleaux de 3 mm de diamètre sans fissuration.

2.3.2.3 Préparation de l'échantillon

L'essai des Limites d'Atterberg se fait sur la fraction du matériau appelée mortier, qui passe au tamis de 0,40 mm. L'échantillonnage se fait sur matériau non séché à l'étuve, une quantité suffisante de matériau devant être tamisée pour obtenir 150 à 200 g de mortier.

Avant tamisage le matériau doit être imbibé pendant au moins 12 heures. Cette imbibition se fait directement dans le tamis placé dans un bac de dimensions supérieures.

**ÉTUDE COMPARATIVE DU TAUX D'ABSORPTION D'EAU ENTRE LA BRIQUE
CUITE ET LE PARPAING**

Le tamisage s'effectue manuellement par voie humide en remuant à l'aide d'un pinceau souple le matériau sur la toile tamisante. Le refus devra être parfaitement propre.

Après décantation de l'eau de lavage, on siphonnera avec précaution pour ne pas entraîner les éléments inférieurs à 0,40 mm, puis on évaporera l'eau excédentaire à une température ne dépassant pas 60⁰ C.

On recueille ensuite ces éléments inférieurs à 0,40 mm de préférence à l'état pâteux sur lesquels l'essai des Limites d'Atterberg sera effectué.

Laisser reposer environ 12 heures après malaxage à l'aide d'une spatule jusqu'à obtention d'une pâte presque liquide.

2.3.2.4 Appareillage

Appareil de CASAGRANDE

- Un socle monté sur quatre pieds en caoutchouc,
- Un support métallique portant la coupelle et la manivelle actionnant la came qui soulève de 10 mm la coupelle au-dessus du socle.

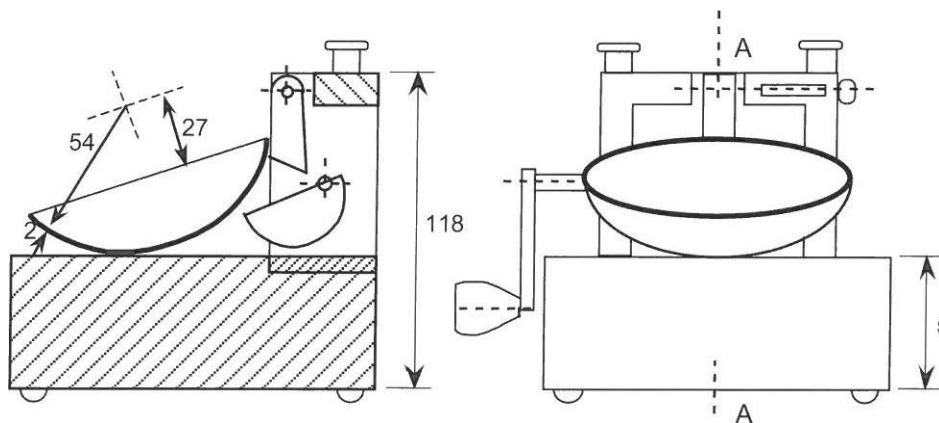


Figure II-1 : vue de face et coupe droite de l'appareil de CASAGRANDE

**ÉTUDE COMPARATIVE DU TAUX D'ABSORPTION D'EAU ENTRE LA BRIQUE
CUITE ET LE PARPAING**

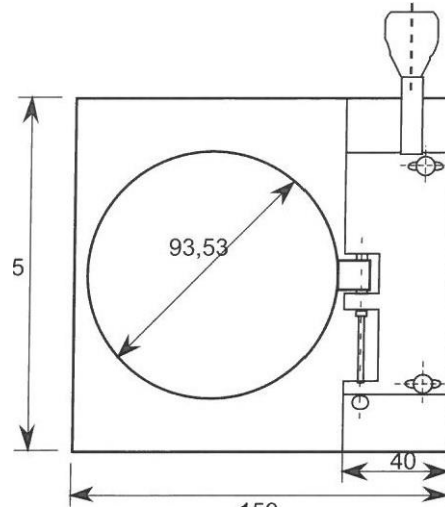


Figure II-2 : vue de dessus de l'appareil de CASAGRANDE

L'appareil comporte deux types de coupelles fabriquées en laiton chromé.

- Coupelle lisse,
- Coupelle rugueuse.

Avant chaque essai on vérifie à l'aide d'une cale la hauteur de chute de la coupelle qui doit être 10 mm.

Outil a rainure

Cet outil doit réaliser sur le fond de la coupelle une rainure de 2 mm de large.

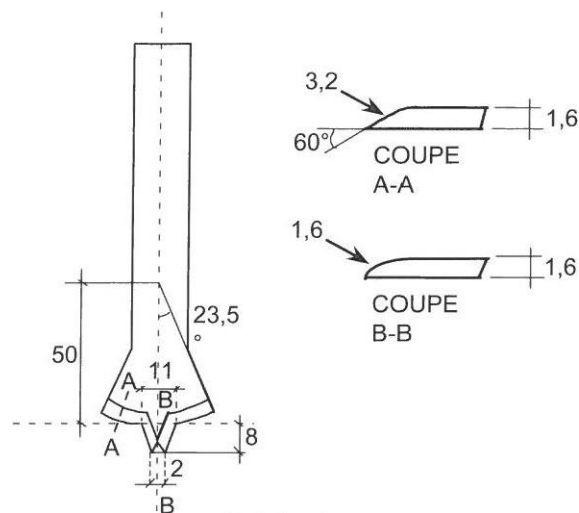


Figure II-3 : Outil à rainurer

Accessoires

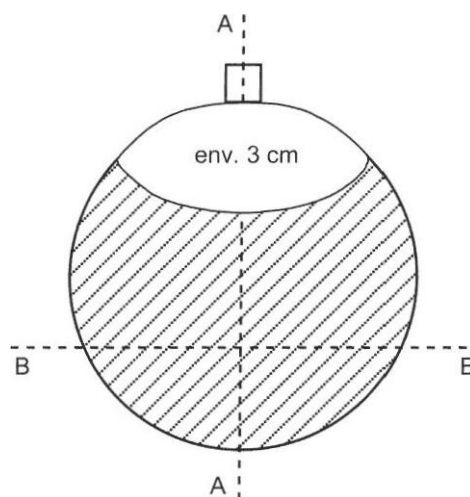
- Une cale de 10 mm pour le réglage de la hauteur de chute de la coupelle,
- Une plaque de verre, de marbre ou de plexiglas d'environ 25 x 25 x 0,5 cm pour confectionner les rouleaux.
- Spatules, truelles et un marbre pour le malaxage du mortier,
- Des pissettes souples en plastique de 500 ml.
- Verres de montre tarés ou coupelles et récipients tarés à couvercle étanche,
- Une balance de portée de 600 g avec une précision de 1/10 gramme.
- Etuve de dessiccation ventilée à température réglable à 105 °C.
- Un tamis de mailles carrées de 0,40 mm, un bac de dimensions 40 x 30 x 6 cm (éventuellement 30 x 22 x 5 cm).
- Un séchoir à cheveux.

2.3.2.5 Exécution de l'essai et calculs

Limite de liquidité (W_l)

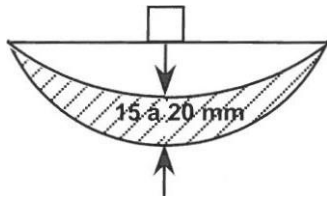
Déroulement

Prendre environ 100 grammes de l'échantillon préparé. On place environ 70 g de pâte répartie avec la spatule en plusieurs couches, de façon à former un gâteau à peu près symétrique par rapport au plan de symétrie de la coupelle. L'épaisseur du matériau au centre de la coupelle doit être de l'ordre de 15 à 20 mm.

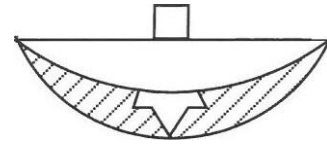


**Figure II-5 : vue de dessus de
la coupelle remplie de pâte**

**ÉTUDE COMPARATIVE DU TAUX D'ABSORPTION D'EAU ENTRE LA BRIQUE
CUITE ET LE PARPAING**

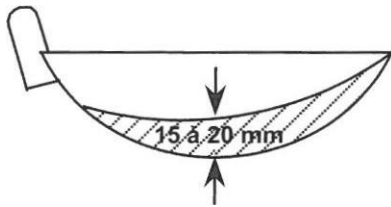


**Figure II-5 : vue de face de la
coupelle remplie de pâte**

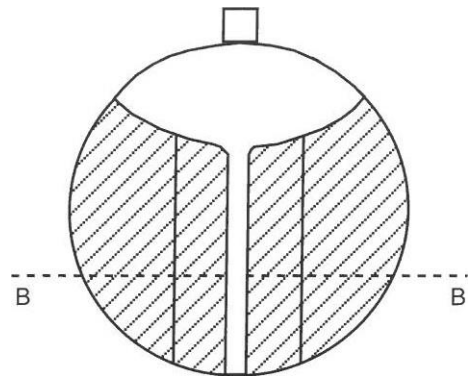


**Figure II-6 : vue de face de la
coupelle après rainure de la pâte**

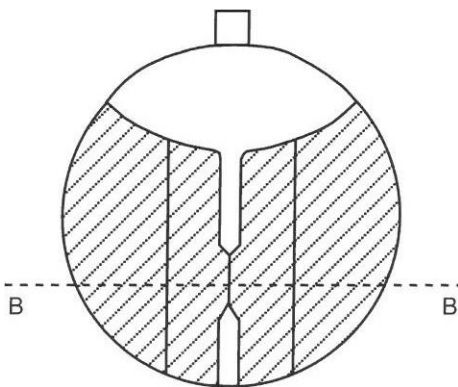
A l'aide de l'outil à rainurer, tenu perpendiculairement à la surface de la coupelle, la partie biseautée de l'outil vers l'avant de l'appareil on partage la pâte en deux



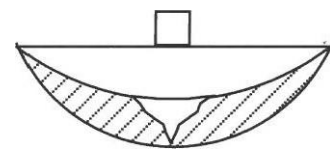
**Figure II-6 : vue de profils de la
coupelle remplis de pâte**



**Figure II-4 vue de dessus de la coupelle lèvres de la pâte
rejoins**



**Figure II-8 : vue de dessus de la
coupelle après rainure**



**Figure II-9 : vue de face de la
coupelle lèvres de la pâte rejoins**

La coupelle fixée sur l'appareil est ensuite soumise, à l'aide de la manivelle à une série de chocs réguliers : deux coups par seconde. On note le nombre de chocs nécessaires pour que les lèvres de la rainure se rejoignent sur une longueur de 1 cm appréciés à l'œil. Le nombre de coups de

**ÉTUDE COMPARATIVE DU TAUX D'ABSORPTION D'EAU ENTRE LA BRIQUE
CUITE ET LE PARPAING**

Progressivement jusqu'à ce qu'il ait atteint 3 mm de diamètre (pour cela on peut le comparer avec le gabarit).

Le rouleau arrivé à 3 mm de diamètre doit avoir 10 à 15 cm de longueur et ne doit pas être creux.

La limite de plasticité est atteinte lorsqu'en soulevant légèrement le rouleau de 3 mm en son milieu à l'aide du gabarit, le rouleau se fissure.

Si le matériau contient trop d'eau, on reforme une boulette qu'on malaxe pour la sécher et on recommence l'opération jusqu'à ce que la limite de plasticité soit atteinte.

On prend alors le rouleau qu'on place dans un récipient taré que l'on pèse immédiatement, puis on le porte à l'étuve jusqu'à dessiccation complète.

On effectue un deuxième essai à partir d'une autre boulette du même mortier.

Par définition : la limite de plasticité est la teneur en eau pour laquelle le rouleau de 3 mm, soulevé en son milieu se fissure.

Après achèvement des deux essais on reporte donc les résultats sur la feuille de calcul permettant de calculer les teneurs en eau.

Il ne faut pas que les deux valeurs obtenues diffèrent entre elles de 2 % en plus ou en moins. Si l'écart est plus élevé on effectuera un troisième essai.

La limite de plasticité est la moyenne des deux (ou trois) résultats obtenus elle se calcul par la relation (II-8) ci- dessous [13] :

$$I_p = W_l - W_p \quad (II-4)$$

Il permet d'établir la plasticité d'un sol donné c'est-à-dire de déterminer une zone dans laquelle on considérera que le sol est à l'état plastique. Plus l'indice de plasticité est élevé, plus grande est la zone dans laquelle le sol est à l'état plastique, et plus ce sol contient de l'argile. Il permet de classer les sols suivants l'échelle ci-dessous [14] :

- $0 < I_p < 5$: sol non plastique
- $5 < I_p < 15$: sol peu plastique
- $15 < I_p < 40$: sol plastique
- $I_p > 40$: sol très plastique

2.4 ESSAIE SUR LE CIMENT

Les ciments utilisés dans la confection des différentes éprouvettes seront conformes aux normes NF 15-301 et ENV 197-1. Les différents essais à effectuer sur les ciments sont la masse volumique absolue

2.4.1 MASSE VOLUMIQUE

La masse volumique du ciment est évalué à partir du pycnomètre de LE CHATELIER. Le calcul de celui-ci se fait par la relation (II-9) suivante :

$$\rho_{abs} = \frac{m_2 - m_1}{V_2 - V_1} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad \text{(II-10)}$$

D'où :

- m_1 est la masse du pycnomètre avec le benzène
- m_2 est la masse du pycnomètre, benzène et ciment
- V_1 est le volume initial du benzène
- V_2 est le volume obtenu après avoir mis le ciment dans le benzène

2.5 ESSAIE SUR LES GRANULATS

Les granulats qui doivent intervenir dans la formulation des bétons sont du sable marin roulé provenant de IDJWI au SUD KIVU et le lapilli provenant de SAKE au NORD KIVU. La série des essais sur les granulats se résumé sur l'analyse granulométrique, équivalent de sable, Masse volumique absolue et apparente.

2.5.1 ANALYSE GRANULOMETRIQUE

La composition granulométrique est déterminée par un essai d'analyse granulométrique normalisé selon la norme NF EN 933-1. Dans cette section nous allons présenter le but, le principe, le mode opératoire, l'appareillage, et l'expression des résultats.

2.5.1.1 But de l'essai

L'essai d'analyse granulométrique a pour but de déterminer la répartition pondérale des grains d'un échantillon donné de granulats selon leurs dimensions en pourcentage afin d'en étudier les caractéristiques quantitatives.

2.5.1.2 Principe de l'essai

L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série des tamis, emboîtées les uns sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas.

2.5.1.3 Mode opératoire

- Peser à l'aide de la balance de précision la masse de l'échantillon ;
- Ranger les tamis sur la tamiseuse dans l'ordre décroissant respectant les dimensions des mailles en mm selon la norme.
- Mettre l'échantillon dans le tamis supérieur, couvrir puis procéder au tamisage pendant 20 minutes
- Après tamisage, peser le refus partiel de chaque tamis à l'aide de la balance de précision
- Dresser le tableau de résultats et la courbe granulométrique correspondante.

2.5.1.4 Appareillage

Pour l'analyse granulométrique nous avons besoin de :

- Une tamiseuse électrique et des tamis
- Une balance de précision
- Une brosse métallique et pinceau
- Une tare

**ÉTUDE COMPARATIVE DU TAUX D'ABSORPTION D'EAU ENTRE LA BRIQUE
CUITE ET LE PARPAING**

2.5.1.5 Expression des résultats

Les résultats sont interprétés par le tableau en calculant le refus de chaque tamis en gramme et en pourcentage de même pour le tamisât de chaque tamis en pourcentage ce qui permet de tracer la courbe qui détermine la contenance en pourcentage des différents granulats faisant partie de l'analyse. La valeur du module de finesse est exprimée selon la norme XP P 18-540 par la relation (II.10) et les résultats de l'analyse granulométrique sur une courbe comme sur la figure II-9

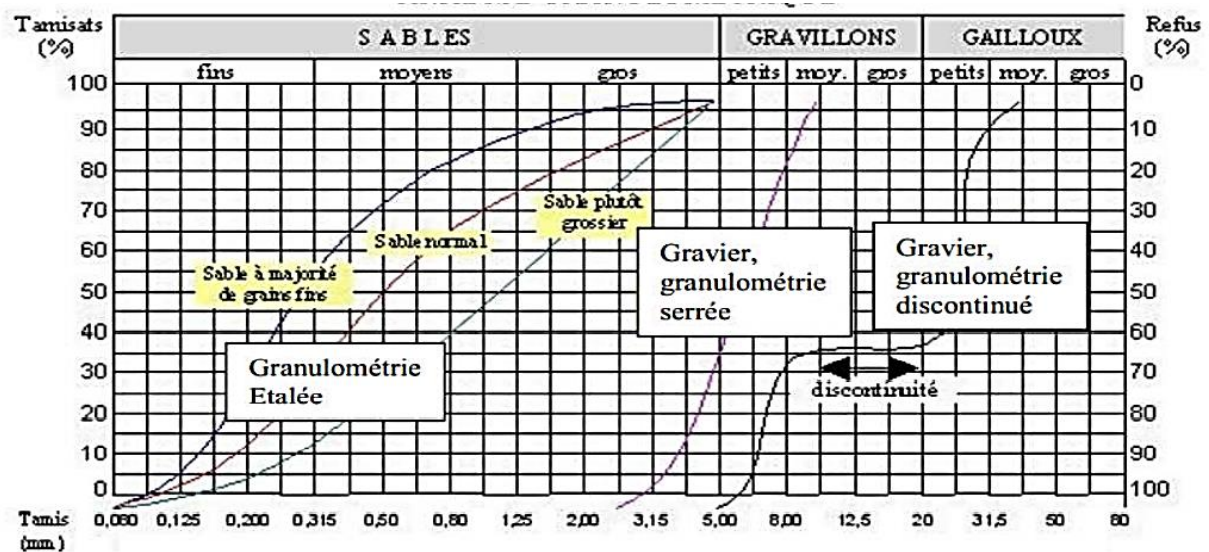


Figure II-7 : représentation de la courbe granulométrique

$$\frac{\Sigma RC(5; 2, 5; 1, 25; 0, 63; 0, 315; 0, 16)}{100}$$

(II-5)

2.5.2 DEGRE DE PROPETE (EQUIVALENT DE SABLE)

La vérification du degré de propreté du sable est fournie par l'essai d'équivalent de sable (ES) selon la norme XP P 18-597. Cette section présente le but, le principe, le mode opératoire, l'appareillage, et l'expression des résultats.

2.5.2.1 But de l'essai

Le but de cet essai est de déceler la présence d'éléments fins de diamètre inférieur à 0,5 mm, d'origine essentiellement argileuse, végétale ou organique à la surface des grains dans un sable.

2.5.2.2 Principe de l'essai

L'essai consiste à verser un échantillon de sable et une petite quantité de solution flocculant dans Un cylindre gradué et d'agiter de façon à détacher les revêtements argileux des particules de sable de l'échantillon.

On complète alors le sable en utilisant le reste de solution flocculante afin de faire remonter les particules de fines en suspension au-dessus du sable. Après 20 min, les hauteurs des produits sont mesurées. L'équivalent de sable est le rapport hauteur du sable sur hauteur totale, exprimé en pourcentage.

2.5.2.3 Mode opératoire

L'essai d'équivalent de sable est effectué conformément à la norme NF P 18-598 et son mode opératoire se résume comme suit :

- Préparer l'échantillon ;
- Faire la mise au point de l'appareil ;
- Remplir les éprouvettes de la solution lavante jusqu'au premier trait repère ;
- Verser la quantité de sable nécessaire pour l'essai ;
- Eliminer les bulles d'air, laisser reposer pendant 10 minutes ;
- Boucher les éprouvettes et agiter (mouvement rectiligne sinusoïdal horizontal de 20cm d'amplitude : 90 aller et retour en 30 secondes) ;
- Laver et remplir les éprouvettes à l'aide du tube laveur jusqu'au dernier trait repère
- Laisser reposer pendant 20 minutes ;
- Descendre lentement le piston taré, l'immobiliser au contact du sable ;
- Mesurer h1 et h2 qui sont respectivement la hauteur du sable propre et la hauteur du Sable propre plus flocculat ;

2.5.2.4 Expression des résultats

L'équivalent sable est déterminé par la relation (II.11)

$$ES = \frac{h_1}{h_2} \times 100 \quad (II-6)$$

Avec :

- **ES** : Equivalent de Sable
- **h1** : hauteur du sable propre seulement
- **h2** : hauteur du sable propre + éléments fins

La figure II-12 Nous présente les deux hauteurs h_1 et h_2

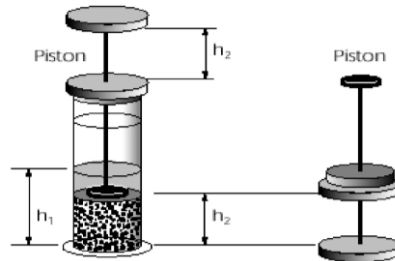


Figure II-8 : mesures des hauteurs

Tableau II-1 : Interprétation des résultats de l'équivalence de sable

ESV	PS	Nature et qualité du sable
$ESV < 65$	< 60	Sable argileux risque de retrait ou de gonflement, à rejeter pour des Bétons de qualité.
$65 \leq ESV < 75$	$60 \leq PS < 70$	Sable légèrement argileux de propreté admissible pour béton de qualité quand on ne craint pas particulièrement de retrait.
$75 \leq ES < 85$	$70 \leq PS < 80$	80 Sable propre à faible pourcentage de fines argileuses convenant Parfaitement pour les bétons de haute qualité.
$ESV \geq 85$	$PS > 80$	80 Sable propre à faible pourcentage de fines argileuses convenant Parfaitement pour les bétons de haute qualité.

2.5.3 MASSE VOLUMIQUE ABSOLUE

La masse volumique absolue est la masse par unité de volume de la matière qui constitue le granulat, sans tenir compte des vides pouvant exister dans ou entre des grains.

2.5.3.1 But de l'essai

Le but poursuivi par cet essai est de parvenir à déterminer la masse volumique absolue des granulats, masse volumique qui ne prend pas en compte les vides dans le matériau.

2.5.3.2 Principe de l'essai

Le volume absolu d'une masse connue de matériaux est mesuré par le déplacement d'un volume de liquide. Couramment, ce liquide est l'eau. Mais pour des matériaux sensibles (ciment, etc....) un autre liquide devra être choisi.

2.5.3.3 Mode opératoire

En fonction de la précision recherchée et de la nature du granulat, trois démarches sont applicables : la méthode dite de l'éprouvette, la méthode au pycnomètre et la méthode par pesée hydrostatique. La marche à suivre pour la méthode de l'éprouvette est :

- Mettre dans une éprouvette graduée un volume d'eau : V_1 ;
- Peser une masse sèche de l'échantillon : M ;
- Verser l'échantillon dans l'éprouvette remplie d'eau, éliminer aussi bien que possible les bulles d'air ;
- Relever le nouveau volume : V_2 ;
- Répéter 3 fois l'essai et calculer la moyenne.

2.5.3.4 Expression des résultats

La masse volumique déterminée par la méthode de l'éprouvette est donnée par la relation (II-7)

$$\rho_{abs} = \frac{M}{V_2 - V_1} \quad (II-7)$$

Avec :

- ρ_{abs} : la masse volumique absolue en g/cm^3
- M : la masse de l'échantillon
- V_1 : le volume initial de l'éprouvette
- V_2 : le volume final de l'éprouvette

2.5.4 MASSE VOLUMIQUE APPARENTE (ou EN VRAC)

C'est la masse de l'unité de volume apparent du corps, c'est-à-dire celle du volume constitué par la matière du corps et les vides qu'elle contient. Nous retrouvons ci-dessous le but, le principe, le mode opératoire et l'expression des résultats de l'essai de masse volumique apparente.

2.5.4.1 But de l'essai

Le but poursuivi par cet essai est bien entendu celui de parvenir à déterminer la masse volumique apparente des granulats.

2.5.4.2 Principe de l'essai

L'essai consiste au remplissage d'un récipient vide de volume V du matériau sec non tassé pesé, suivi de la déduction de la masse volumique apparente.

2.5.4.3 Mode opératoire

La détermination de la masse volumique apparente se fait suivant le mode opératoire ci-après :

- Peser un récipient vide de masse M1 et de volume connu V ;
 - Verser à l'intérieur le matériau par couches successives en le répartissant sur toute la surface et sans tassement ;
 - Araser avec soin à l'aide d'une réglette plate ;
 - Peser le récipient rempli pour obtenir la masse M2.
 - Effectuer au moins trois mesures pour faire une moyenne

3.4.4 Expression des résultats

Le résultat est obtenu par la relation (II-13) :

$$\rho_{app} = \frac{M2 - M1}{V} \quad (II-8)$$

Avec

- ρ_{app} : la masse volumique apparente en g/cm³
- V : volume de l'échantillon
- M₁ : masse de l'éprouvette
- M₂ : la masse de l'éprouvette et de l'échantillon.

2.6 FORMULATION DU MORTIER

En ce qui concerne la brique en terre il n'y a pas de méthodes de formulation particulières étant donné qu'il n'y a qu'un seul composant principal ; la formulation est par contre essentielle pour le bloc de ciment.

Bien qu'il s'agisse ici de mortier les méthodes de formulation du béton sont valables car leur différence provient du fait que le mortier n'inclut pas de gravier dans sa composition.

L'étude de la composition d'un béton consiste à définir le mélange optimal des différents granulats dont on dispose, ainsi que le dosage en ciment et en eau, afin de réaliser un béton dont les qualités soient celles recherchées pour la construction de l'ouvrage ou de la partie d'ouvrage en cause,

**ÉTUDE COMPARATIVE DU TAUX D'ABSORPTION D'EAU ENTRE LA BRIQUE
CUITE ET LE PARPAING**

2.6.1 Choix de la méthode de formulation

Le choix s'est porté pour le présent travail sur la méthode d'ABRAMS

C'est une règle de mélange basée sur l'obtention d'un certain module de finesse global pour le mélange de granulats à partir de la connaissance des modules de finesse des granulats à employer.

Le module de finesse du mélange est choisi de manière que les vides dans ce mélange soient en principe, réduits au minimum.

2.6.2 Formulation

Les modules optimaux pour béton de granulats roulés, déterminés expérimentalement par Abrams, sont indiqués dans le tableau II-3 en fonction du dosage en ciment et de la dimension 0 du granulat le plus gros.

Tableau II-2 : Valeurs optimales d'après Abrams du module de finesse des compositions granulaires des bétons courants

Dsage en ciment kg/m ³	Dimension maximale D des granulats						
	10	15	20	25	30	40	60
275	4,05	4,45	4,85	5,25	5,6	5,8	6
300	4,2	4,6	5	5,4	5,65	5,85	6,2
350	4,3	4,7	5,1	5,5	5,73	5,88	6,3
400	4,4	4,8	5,2	5,6	5,8	5,9	6,4

Nous rappelons ici la règle du mélange d'Abrams : elle permet de calculer les pourcentages relatifs de granulats de modules de finesse Mf_1 , et Mf_2 pour obtenir un module Mf choisi pour le mélange au travers les relations suivantes.

$$S_1 = Mf_1 - Mf \quad (II-9)$$

$$S_2 = Mf - Mf_2 \quad (II-10)$$

$$S = S_1 + S_2 \quad (II-11)$$

$$\frac{S_2}{S} \quad (II-12)$$

$$\frac{S_1}{S} \quad (II-13)$$

**ÉTUDE COMPARATIVE DU TAUX D'ABSORPTION D'EAU ENTRE LA BRIQUE
CUITE ET LE PARPAING**

Avec :

- S1 : proportion du premier sable
- S2 : proportion du second sable
- S : volume total du sable
- Mf_1 : module de finesse du premier sable
- Mf_2 : module de finesse du second sable
- Mf : module de finesse souhaité

Tout réside donc, dans cette méthode, sur le choix judicieux du module de finesse du mélange à réaliser (avec les granulats seuls). Ce module dépend évidemment de nombreux paramètres tels que : forme, nature et dimension des granulats, dosage en ciment, résistance et plasticité désirée, etc.

Nous nous inspirerons de cette méthode mais plus particulièrement pour l'étude de la granularité des sables ($D \leq 5$ mm en principe).

Calcul

Le module de finesse peut être estimé selon deux normes :

- **Norme Française [NFP 18-540]**

Le module de finesse est égal au 1/100 de la somme des refus cumulés exprimée en pourcentages sur les tamis de modules 23, 26, 29, 32, 35 et 38 qui correspondent aux ouvertures 0,16 - 0,315 - 0,63 - 1,25 - 2,5 - 5 mm

$$Mf = \frac{1}{100} \sum \text{Refus cumulés}(\%) \text{ des tamis } (0,16; 0,315; 0,63; 1,25; 2,5; 5mm)$$

- **Norme Européenne [EN 12620]**

Le module de finesse est calculé de la même façon que la norme [NFP 18-540] sauf que la colonne de tamis utilisés est constituée de la série 0,125 - 0,250 - 0,5 - 1 - 2 - 4 mm.

$$Mf = \frac{1}{100} \sum \text{Refus cumulés}(\%) \text{ des tamis } (0,125; 0,250; 0,500; 1; 2; 4mm)$$

Avec :

$$Mf_{EN12620} = Mf_{EN18-540} + 0,3 \quad (II-14)$$

Règles d'interprétation

Lorsque M_f est compris entre :

- 1,8 et 2,2 : le sable est en majorité de grains fins qui confèrent au béton une bonne maniabilité au détriment de la résistance.
- 2,2 et 2,8 : on est en présence d'un sable préférentiel qui confère au béton une meilleure résistance et une bonne maniabilité avec des risques de ségrégation limités.
- 2,8 et 3,3 : le sable est un peu grossier. Il donnera des bétons résistants mais moins maniables (difficultés de mise en œuvre) qui peuvent provoquer des chutes de résistance, par apparition de ségrégations profondes.

En ce qui concerne les proportions en ciment du mortier un dosage de 250kg/m^3 est le dosage retenu pour coller au plus près des données utilisées sur place à Goma.

2.7 CARACTERISATION DES MATERIAUX

2.7.1 ESSAIE D'ABSORPTION PAR IMMERSION

2.7.1 Principe

Après séchage jusqu'à une masse constante, un élément de maçonnerie est immergé dans l'eau pendant 24 h et l'augmentation de la masse est déterminée.

2.7.2 Symboles

M_d est la masse de l'éprouvette après séchage, en grammes (g) ; M_s est la masse de l'éprouvette après immersion, en grammes (g) ; W_s est l'absorption d'eau de l'éprouvette, en pourcent (%).

2.7.3 Appareillage

Une cuve d'eau suffisamment grande pour contenir toutes les éprouvettes, placées sur un support sans toucher le fond de la cuve afin que l'eau entre en contact avec toutes les faces de l'éprouvette. Une étuve ventilée capable de maintenir une température de $105\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$. Une balance pouvant peser les éprouvettes avec une précision de 0,1 % de leur masse à l'état sec.

2.7.4 Échantillonnage

La méthode d'échantillonnage doit être conforme à la partie appropriée de l'EN 771. Le nombre minimal d'éprouvettes doit être de six, mais au cas où les spécifications du produit indiquent un nombre minimal supérieur, c'est ce dernier qui doit être utilisé.

2.7.5 Séchage

Sécher les éprouvettes d'essai à masse constante M_d dans une étuve ventilée (5.2) à une température de $105 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$. La masse constante est atteinte lorsque, entre deux pesées successives réalisées à 24 h d'intervalle durant le processus de séchage, la perte de masse calculée n'excède pas 0,2 % de la masse de l'éprouvette. Laisser les éprouvettes refroidir jusqu'à la température ambiante avant de les peser.

2.7.6 Mode opératoire d'essai

Placer chaque élément dans la cuve d'eau. Laisser les éléments en terre cuite immergés pendant $24 \text{ h} \pm 0,5 \text{ h}$. Laisser les éléments en silico-calcaire immergés pendant $48 \text{ h} \pm 0,5 \text{ h}$. Retirer les éléments de la cuve et éliminer toute l'eau de leurs surfaces à l'aide d'un chiffon humide ou d'une éponge. Peser les éprouvettes et enregistrer leur masse, M_s .

2.7.8 Calcul des résultats

Calculer l'absorption d'eau, W_s , de chacun des éléments à 1 % près.

$$W_s = \frac{M_s - M_d}{M_d} 100 \quad (II-15)$$

Calculer l'absorption moyenne d'eau à 1 % près [15].

2.8 CONCLUSION PARTIELLE

Ce second chapitre détaille dans un premier temps les différents essais de caractérisation des composants nécessaires à la fabrication de la brique et du bloc de ciment ou parpaing en se basant sur les normes européennes, ici aussi est traité le choix de la formulation du mortier en ce qui concerne le parpaing et l'absorption pour la brique et le parpaing.

Chapitre III : PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS

Le présent chapitre présente l'ensemble des résultats des divers essais normalisés effectués pour mener l'étude comparative sur l'absorption entre le parpaing et la brique cuite. D'une façon plus explicite, il reprend les caractéristiques des constituants particulièrement l'analyse granulométriques de nos granulats, le degré de propreté du sable, les différentes masses volumiques des constituants et les limites d'Atterberg.

3.1 Caractéristiques des granulats

Le contenu de cette section comporte les résultats des essais sur les constituants du parpaing il s'agit de l'analyse granulométrique, le module de finesse des sables, les masses volumiques des granulats et le degré de propreté du sable.

3.1.1 L'analyse granulométrique

Les figures III-1, III-2 et III-3 représentent les différentes courbes granulométriques de nos différents sables, le sable marin en premier, ensuite le lapilli.

Les tableaux III-1, représente les résultats de l'essai de l'analyse granulométrique du sable de Idjwi, le tableau III-2 représente les résultats de l'analyse granulométrique du lapilli et le tableau III-3 représente les résultats de l'analyse granulométrique par voie humides réalisé sur l'argile.

3.1.1.1 Sable

Les résultats de l'analyse granulométrique du sable sont présentés dans le tableau III-1 et la courbe de répartition granulaire sur la figure III-1. Les résultats de l'analyse granulométrique renseignent que la courbe granulaire est continue, cela signifie qu'il n'y a pas de granulométrie qui manque étant donné que le sable soumis à l'essai est de granulométrie comprise entre 0 et 5mm entre ces deux valeurs toutes les valeurs intermédiaires sont toute représentées.

**ÉTUDE COMPARATIVE DU TAUX D'ABSORPTION D'EAU ENTRE LA BRIQUE
CUITE ET LE PARPAING**

Tableau III-1: Tableau de l'analyse granulométrique du sable

Numéros TAMIS		OUVERTURE (en mm)		REFUS CUMULES		TAMISAT
ASTM	AFNOR	ASTM	AFNOR	(g)	(%)	En (%)
3"	50	76,2	80	0	0	100
2 1/2"	49	63,5	63	0	0	100
2"	48	50,8	50	0	0	100
1 1/2"	47	38,1	40	0	0	100
1 1/4"	46	31,7	31,5	0	0	100
1"	45	25,4	25	0	0	100
3/4"	44	19,1	20	0	0	100
2/3"	43	16,9	16	0	0	100
1/2"	42	12,7	12,5	0	0	100
3/8"	41	9,52	10	0	0	100
1/3"	40	7,93	8	0	0	100
1/4"	39	6,35	6,3	0	0	100
3/16"	38	4,76	5	0	0	100
5	37	4	4	110	4,4	95,6
6	36	3,36	3,15	150	6	94
8	35	2,38	2,5	220	8,8	91,2
10	34	2	2	335	13,4	86,6
12	33	1,68	1,6	470	18,8	81,2
16	32	1,19	1,25	670	26,8	73,2
18	31	1	1	910	36,4	63,6
20	30	0,84	0,8	1125	45	55
30	29	0,59	0,63	1715	68,6	31,4
35	28	0,5	0,5	1940	77,6	22,4
40	27	0,4	0,4	2120	84,8	15,2
50	26	0,315	0,315	2280	91,2	8,8
60	25	0,25	0,25	2380	95,2	4,8
70	24	0,2	0,2	2440	97,6	2,4
100	23	0,16	0,16	2500	100	0
120	22	0,125	0,125	2500	100	0
140	21	0,1	0,1	2500	100	0
200	20	0,08	0,08	2500	100	0

**ÉTUDE COMPARATIVE DU TAUX D'ABSORPTION D'EAU ENTRE LA BRIQUE
CUITE ET LE PARPAING**

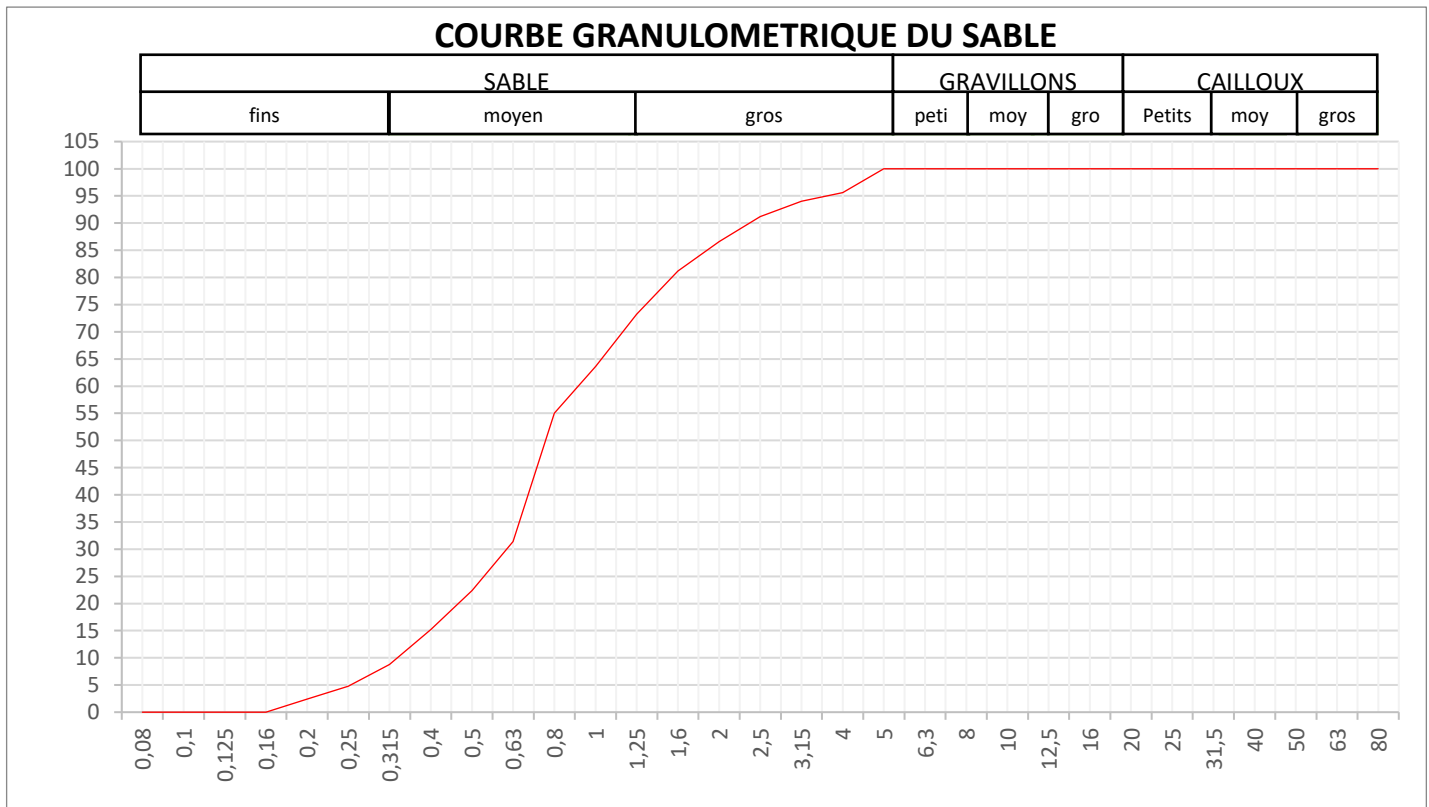


Figure III-1 courbe granulaire du sable de Idjwi

3.1.1.2 Lapilli

Les résultats de l'analyse granulométrique du lapilli sont présentés dans le tableau III-2 et la courbe de répartition granulaire sur la figure III-2.

De l'analyse granulométrique du lapilli il ressort que le diamètre maximal est de 10mm et le diamètre minimal est de 0 autrement dit le lapilli est de granulométrie 0-10mm, entre les deux extrêmes toutes les granulométries sont représentées ce qui a une incidence sur la courbe granulaire qui est continue, néanmoins on remarque un faible pourcentage des éléments fins et moyens contrairement aux gros éléments qui sont fortement représentés.

**ÉTUDE COMPARATIVE DU TAUX D'ABSORPTION D'EAU ENTRE LA BRIQUE
CUITE ET LE PARPAING**

Tableau III-2 : Tableau de l'analyse granulométrique du lapilli

N° TAMIS		OUVERTURE (en mm)		REFUS CUMULES			TAMISAT
ASTM	AFNOR	ASTM	AFNOR	(g)	(kg)	(%)	En(%)
				2,5	2500		
			0,063	2,5	2500	98,62%	1,38%
200	-1	0,08	0,08	2,46	2460	97,04%	2,96%
140	-2	0,1	0,1	2,41	2410	95,07%	4,93%
120	-3	0,125	0,125	2,375	2375	93,69%	6,31%
100	-4	0,16	0,16	2,355	2355	92,90%	7,10%
70	-5	0,2	0,2	2,335	2335	92,11%	7,89%
60	-6	0,25	0,25	2,31	2310	91,12%	8,88%
50	-7	0,315	0,315	2,275	2275	89,74%	10,26%
40	-8	0,4	0,4	2,25	2250	88,76%	11,24%
35	-9	0,5	0,5	2,22	2220	87,57%	12,43%
30	-10	0,59	0,63	2,18	2180	86,00%	14,00%
20	-11	0,84	0,8	2,115	2115	83,43%	16,57%
18	-12	1	1	2,055	2055	81,07%	18,93%
16	-13	1,19	1,25	1,885	1885	74,36%	25,64%
12	-14	1,68	1,6	1,685	1685	66,47%	33,53%
10	-15	2	2	1,42	1420	56,02%	43,98%
8	-16	2,38	2,5	1,11	1110	43,79%	56,21%
6	-17	3,36	3,15	0,79	790	31,16%	68,84%
5	-18	4	4	0,48	480	18,93%	81,07%
3/16"	-19	4,76	5	0,245	245	9,66%	90,34%
1/4"	-20	6,35	6,3	0,105	105	4,14%	95,86%
1/3"	-21	7,93	8	0,4	400		100,00%
3/8"	-22	9,52	10	0,01	10		100,00%
1/2"	-23	12,7	12,5		0		100,00%
2/3"	-24	16,9	16		0		100,00%
3/4"	-25	19,1	20		0		100,00%
1"	-26	25,4	25		0		100,00%
1 1/4"	-27	31,7	31,5		0		100,00%
1 1/2"	-28	38,1	40		0		100,00%
2"	-29	50,8	50		0		100,00%
2 1/2"	-30	63,5	63		0		100,00%
3"	50	76,2	80		0		100,00%
					0		100,00%

**ÉTUDE COMPARATIVE DU TAUX D'ABSORPTION D'EAU ENTRE LA BRIQUE
CUITE ET LE PARPAING**

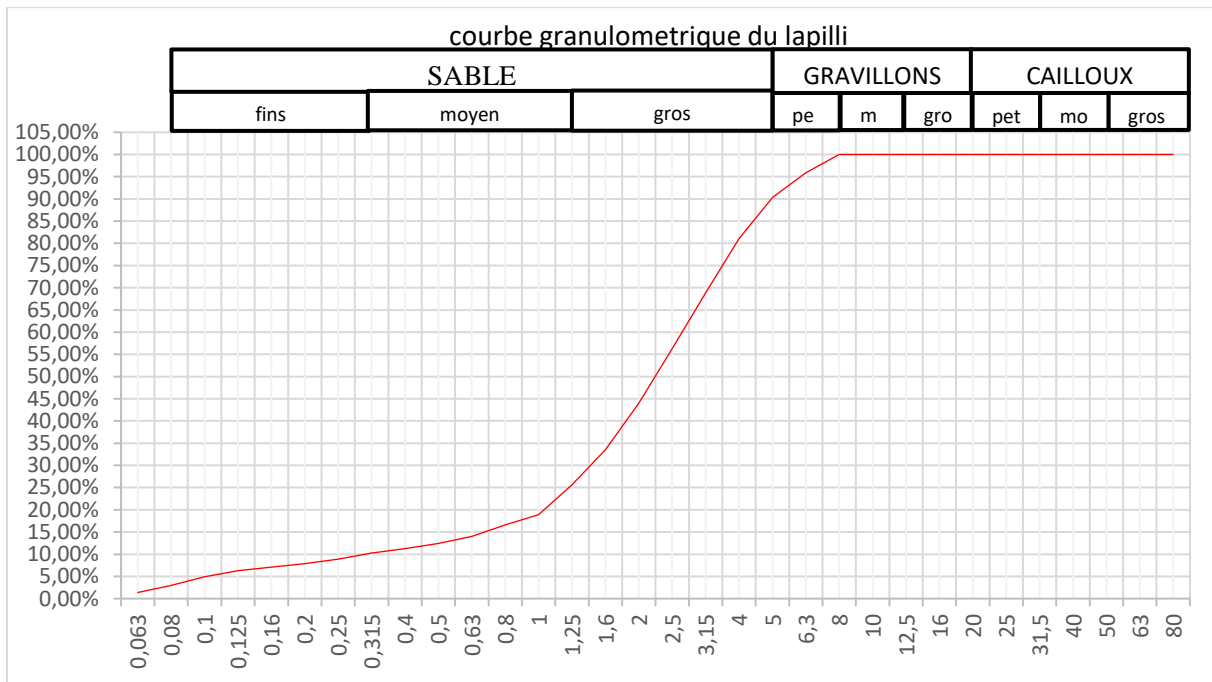


Figure III-2 : courbe granulaire du lapilli de Sake

Module de finesse

Le module de finesse est une caractéristique propre à chaque granulat, ainsi nous présentons deux modules de finesse du fait que nous possédons deux sables.

Le module de finesse obtenue pour le sable marin de IDJWI est de 2,9 une valeur comprise entre 2,8 et 3,3 : le sable est un peu grossier. Il donnera des bétons résistants mais moins maniables (difficultés de mise en œuvre) qui peuvent provoquer des chutes de résistance, par apparition de ségrégations profondes.

Le module de finesse du lapilli est de 4,02.

3.1.1.3 Sol

Les résultats de l'analyse granulométrique sont présentés dans le tableau III-3 et la courbe de répartition granulaire sur la figure III-3. L'analyse granulométrique du sol s'est faite par voie humide, en dépit de cela la présentation et l'interprétation des résultats ne diffèrent pas de l'analyse granulométrique sec. Ainsi l'essai a révélé la présence des fines, du sable et l'absence des gros éléments au sein du sol cependant la courbe granulaire est continue. Le diamètre maximum est de 8 mm.

**ÉTUDE COMPARATIVE DU TAUX D'ABSORPTION D'EAU ENTRE LA BRIQUE
CUITE ET LE PARPAING**

Tableau III-3 : Tableau de l'analyse granulométrique du sol

N° TAMIS		OUVERTURE (en mm)		REFUS CUMULES			TAMISAT
ASTM	AFNOR	ASTM	AFNOR	(kg)	(g)	(%)	En(%)
				2,535	2535		
			0,063	2,525	2525	99,61%	0,39%
200	-1	0,08	0,08	2,515	2515	99,21%	0,79%
140	-2	0,1	0,1	2,485	2485	98,03%	1,97%
120	-3	0,125	0,125	2,42	2420	95,46%	4,54%
100	-4	0,16	0,16	2,3	2300	90,73%	9,27%
70	-5	0,2	0,2	2,15	2150	84,81%	15,19%
60	-6	0,25	0,25	1,925	1925	75,94%	24,06%
50	-7	0,315	0,315	1,58	1580	62,33%	37,67%
40	-8	0,4	0,4	1,34	1340	52,86%	47,14%
35	-9	0,5	0,5	1,13	1130	44,58%	55,42%
30	-10	0,59	0,63	0,935	935	36,88%	63,12%
20	-11	0,84	0,8	0,765	765	30,18%	69,82%
18	-12	1	1	0,625	625	24,65%	75,35%
16	-13	1,19	1,25	0,285	285	11,24%	88,76%
12	-14	1,68	1,6	0,15	150	5,92%	94,08%
10	-15	2	2	0,095	95	3,75%	96,25%
8	-16	2,38	2,5	0,07	70	2,76%	97,24%
6	-17	3,36	3,15	0,045	45	1,78%	98,22%
5	-18	4	4	0,025	25	0,99%	99,01%
3/16"	-19	4,76	5	0,015	15	0,59%	99,41%
1/4"	-20	6,35	6,3	0,005	5	0,20%	99,80%
1/3"	-21	7,93	8	0	0		100,00%
3/8"	-22	9,52	10		0		100,00%
1/2"	-23	12,7	12,5		0		100,00%
2/3"	-24	16,9	16		0		100,00%
3/4"	-25	19,1	20		0		100,00%
1"	-26	25,4	25		0		100,00%
1 1/4"	-27	31,7	31,5		0		100,00%
1 1/2"	-28	38,1	40		0		100,00%
2"	-29	50,8	50		0		100,00%
2 1/2"	-30	63,5	63		0		100,00%
3"	50	76,2	80		0		100,00%
					0		100,00%

ÉTUDE COMPARATIVE DU TAUX D'ABSORPTION D'EAU ENTRE LA BRIQUE CUITE ET LE PARPAING

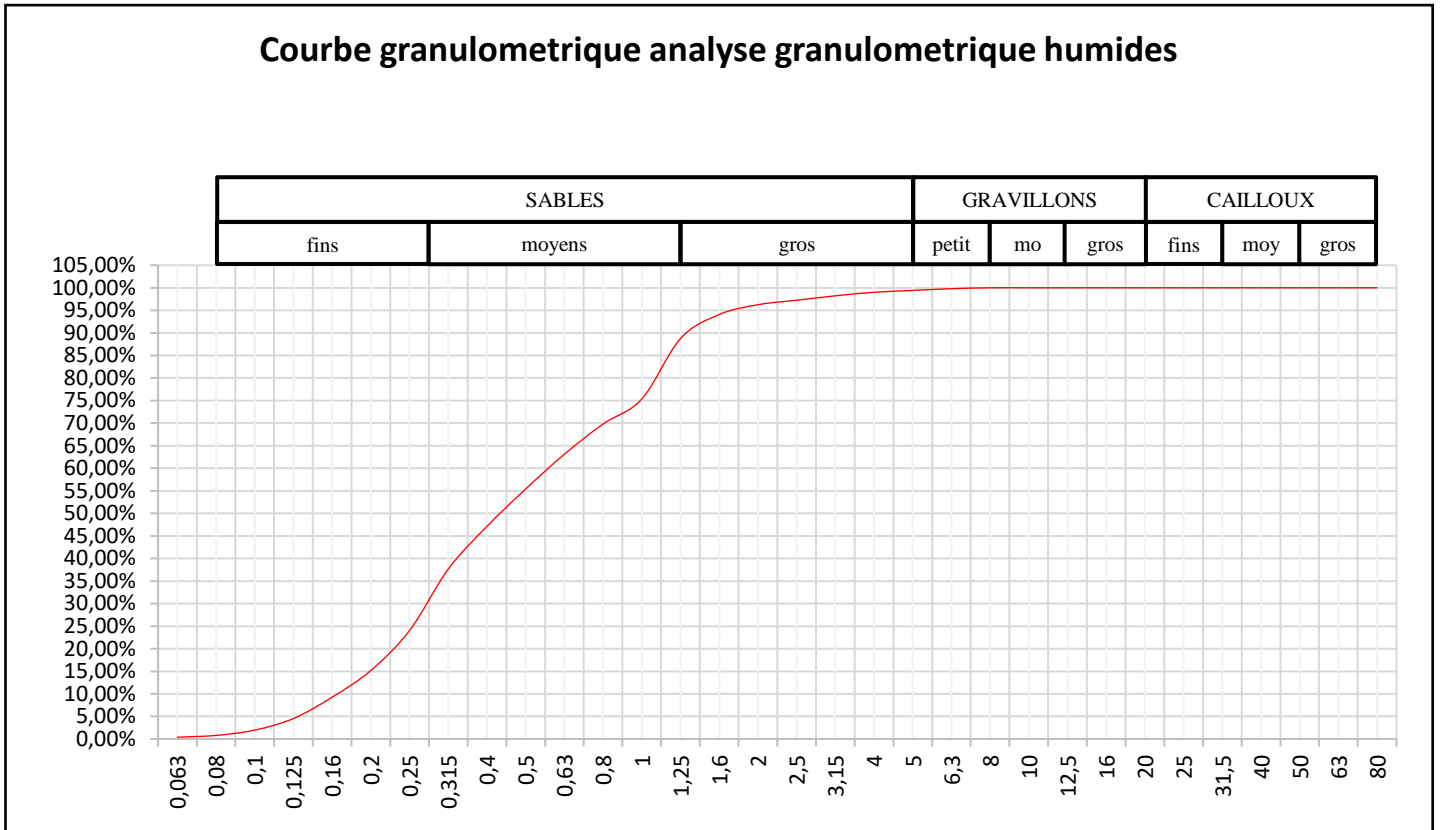


Figure III-3 : courbe granulométrique du sol

3.1.2 Degré de propreté du sable

Le degré de propreté du sable fournis par l'essai d'équivalence de sable est donnée en pourcentage, son pourcentage moyen est d'environ 91,75% pour la lecture au piston et 97,44% pour la lecture à vue.

Dans les deux cas le degré de propreté est supérieur à 85%, l'interprétation qui en résulte : Le sable est très propre, l'absence presque total des fines argileuse risque d'entraîner un défaut, de plasticité qu'il faudra compenser par une augmentation du dosage en eau.

3.1.3 Les masses volumiques des granulats

Les valeurs de masse volumiques apparentes de nos différents matériaux sont représentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau III-4 : valeur des masses volumiques du sable et du lapilli en g/cm³

Désignation	Masse volumique en g/cm ³
Sable	2,51
Lapillis	1,3

3.2 Caractéristique du sol

Dans la présente section nous reprenons les résultats des essais de caractérisation de l'argile il s'agit de l'analyse granulométrique par voie humides avec tamisage sec et les limites d'Atterberg.

3.2.1 Les limites d'Atterberg

Les limites d'Atterberg sont représentées par trois valeur qui permettent de caractériser un sol le tableau III-5 reprend les données de l'essais et les résultats.

**ÉTUDE COMPARATIVE DU TAUX D'ABSORPTION D'EAU ENTRE LA BRIQUE
CUITE ET LE PARPAING**

Tableau III-5 : détermination des limites d'Atterberg

	LIMITE DE LIQUIDITE					LIMITE DE PLASTICITE		
	17	22	27	29	34	-	-	-
	I	II	III	IV	V	A	B	
Nombre de coups	17	22	27	29	34	-	-	-
Poids total humide (g)	15,8	15,53	16,02	16,09	16,02	13	14,534	14,627
Poids total sec (g)	15,4	15,32	15,69	15,81	15,81	12,95	14,432	14,244
Poids de la tare (g)	14,5	14,9	14,75	15,01	14,13	12,75	14,02	13,25
Poids net d'eau (g)	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,4
Poids net du matériau sec (g)	0,9	0,4	0,9	0,8	1,7	0,2	0,4	1,0
Teneur en eau (%)	36,3	50,0	35,1	35,0	12,5	25,0	24,8	38,5
			WL=	35,0		WP	29,4	
				IP = 5,6		=		

La limite de liquidité W_l pour le sol est de 35%, la limite de plasticité W_p pour le sol est de 29,4% et enfin l'indice de plasticité I_p est de 5,6 de ces valeurs il s'en dégage qu'il s'agit d'un sol peu plastique

3.3 Absorption par immersion

Les essais pour l'absorption par immersion complète des briques en terre cuite et des blocs réalisés sur trois éprouvettes pour chaque matériau, ont fournis les résultats exprimés en pourcentage représenté dans le tableau III-6 ; Les valeurs obtenues dans le tableau III-8 sont des valeurs moyennes.

Tableau III-6 Résultats des essais du taux d'absorption d'eau par immersion

Libellé	Éprouvettes en parpaing			Éprouvettes en brique cuite		
	1	2	3	1	2	3
Echantillons	1	2	3	1	2	3
Masse sèche (kg)	35,335	34,245	32,845	2,750	2,795	2,680
Masse humide(kg)	35,91	34,605	33,31	3,253	3,328	3,170
Taux d'absorption (%)	1,016	1,010	1,014	18,3	19,1	18,3
Taux d'absorption moyenne (%)	18,5 %			1,35%		

Le taux d'absorption de la brique est de 18,5 % et celui du parpaing est de 1,35%, la comparaison de deux valeurs révèle que la brique a un taux d'absorption de loin supérieure au parpaing, ceci est due au fait que le parpaing est composé de sable, du lapilli et du ciment ce qui contribue à bouchés des vides éventuels en son sein contrairement à la brique qui n'est constituées que de l'argile comme unique composant.

3.4 CONCLUSION PARTIELLE

Ce chapitre présente et analyse les résultats des essais en marge du travail. Il s'agit des caractéristiques des constituants des matériaux, le résultat de la formulation et les caractéristiques des matériaux confectionnés. Il s'est avéré que la brique a un taux d'absorption de 18,5% et que le parpaing a un taux d'absorption de 1,35% de loin inférieur à celui de la brique due au fait qu'il est constitué en partie par du ciment qui bouche des vides éventuels.

CONCLUSION GENERALE

Ce travail de fin de cycle s'est inscrit dans la problématique visant à étudier le taux d'absorption d'eau entre la brique cuite et le parpaing, deux matériaux les plus utilisés dans la construction des ouvrages de maçonnerie en général, en quantifiant les taux d'absorption pour fin de comparaison.

Tous les deux pouvant servir l'un à la place de l'autre, il en découle que le taux d'absorption de la brique cuite est de 18,5 % en outre le taux d'absorption du parpaing est 1,35%, ces valeurs ont été obtenues au moyen des essais effectués au laboratoire de génie civil à la faculté des sciences et techniques appliquées.

De ceci ; il ressort que le taux d'absorption de la brique est de loin supérieur à celui du parpaing ; ce qui s'explique par la composition des deux matériaux ; le parpaing a trois composés : le sable, le lapilli et le ciment qui ont chacun une granulométrie différente, le ciment ayant les éléments les plus fins arrive à combler les vides éventuels au sein du parpaing ce qui réduit l'espace pouvant contenir de l'eau contrairement à la brique qui est uniquement composée du sol qui possède une granulométrie moins variée pour combler des vides éventuels.

La brique avec un taux d'absorption élevé adhèrera mieux à la maçonnerie et est recommandée pour des ouvrages où l'on recherche une grande résistance et le parpaing pour des ouvrages soumis au changement brusque de température et prévus pour une longue durée de vie.

Nous ne pouvons pas prétendre épuiser tous les aspects liés à l'absorption, ce travail s'est limité à une simple comparaison de l'absorption par immersion complète de la brique et du parpaing, qui démontre que la brique a le taux d'absorption supérieure au parpaing dus à la granularité de son composant. Des études futures pourraient s'articuler sur l'absorption par capillarité des deux matériaux pour connaître leur incidence sur l'humidité des bâtiments.

Bibliographie

- [1] L. ALVISET, «Matériaux de terre cuite,» chez Techniques de l'Ingénieur, traité Construction.
- [2] federation belge de la brique, «Fabrication de la brique».
- [3] «wikipedia,» [En ligne]. Available:
https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Bloc_de_b%C3%A9ton_manufactur%C3%A9. [Accès le 10 Octobre 2022].
- [4] «Techno-Science.net,» [En ligne]. Available: <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Bloc-de-beton.html>. [Accès le 15 octobre 2022].
- [5] B. H. ZENAGUI Zahra, «FABRICATION DES AGGLOMERES DES BETONS LEGERS AVEC LA POUZZOLANE CONCASSEE,» 2012.
- [6] «Toutbricoler.com,» [En ligne]. Available: <https://www.toutbricoler.com/la-fabrication-des-parpaings/>. [Accès le 4 Decembre 2022].
- [7] I. SAVADOGO, COURS DE TECHNOLOGIE de Construction, Ouagadougou: M.A.J. M. CALLAUD , 2003.
- [8] P. G. F. Fou, cours de matériaux de construction, Faculté des technologies, departements de génie civil, université ABOUBEKR BELKAID.
- [9] G. DREUX:, nouveau guide du béton et ses constituants, Eyrolles 3ème édition, 1981.
- [10] B. Irènge, revalorisation du verre dans le béton. Etude en vue du remplacement des graviers par les calcins, GOMA: ULPGL/GOMA, 2014-2015.
- [11] B. B. Alain, influence des fines particules de sable concassé sur les propriétés du béton, GOMA: ULPGL, 2020.
- [12] «DESOI,» [En ligne]. Available:
https://www.desoi.fr/catalog/fr/service/abc_dinjection/coefficient-dabsorption-deau-w-12889/#:~:text=La%20capacit%C3%A9%20d'absorption%20d,w%20%3D%20kg%2Fm2%20h0..
[Accès le 9 Octobre 2022].
- [13] Blocs de terre comprimées procédures d'essaie.
- [14] D. N. F. KEYANGUE, «COURS DE MECANIQUE DES SOLS,» 2021.

- [15] COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION , EN 772-21 Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie - Partie 21:Détermination de l'absorption d'eau des éléments de maçonnerie en terre cuite et en silico-calcaire par absorption d'eau froide, Bruxelles, 2011.
- [16] R. F. Alice, étude d'une influence du rapport ciment/eau sur la consistance et la résistance du béton, GOMA: ULPGL, 2019.
- [17] N. X. P. 18-540, Granulats – Définitions, conformité, spécification, 1997.
- [18] N. N. P. 18-555, Granulats – Mesures des masses volumiques, coefficient D'absorption et teneur en eau des sables, 2005.
- [19] F. E. Fgaier, Conception, production et qualification des briques en, Lille: PRES Université Lille Nord-de-France, 2013.
- [20] J. F. G. DREUX, Nouveau guide du béton et des constituants, Paris: EYROLLES, 1998.
- [21] «la-difference-entre.com,» [En ligne]. Available: <https://www.la-difference-entre.com/difference.php?id=parpaing-brique>. [Accès le 4 decembre 2022].