

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



693



Mémoire de Mastère

Présenté à l'Université du 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences et de la technologie

Département de: "Génie Civil & hydraulique"

Spécialité: "Génie Civil "

Option: "conception et calcul des constructions"

Présenté par: **TOUAHRIA NAOURI**

DJEBAIRIA NORA

**Thème: CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX UTILISEES DANS LE
BATIMENT EN ALGERIE (BETON, BRIQUE, GRANITE)**

Sous la direction de: **Mr CHERAITIA MOHAMED**

Juin 2011

Remerciement



*Nous remercions premièrement nos Dieu qui nous donne
l'ambition et la patience pour réaliser notre travail.*

*Nous exprimons nos remerciements sincèrement à notre Pr. cheraitia
Mohamed.*

*Nous exprimons aussi nos remerciements à monsieur Fayçal chef de
projet de l'entreprise "SERO EST".*

*Nous remercions aussi monsieur Chaouki ingénieur de l'unité de
production Chemekhi Abdelaziz.*

*Nous exprimons nos remerciements à tous les enseignants du
département de Génie civil.*

NAOURI

NORA



À deux personnes qui me sont les plus chères au monde, qui ont comblé de leurs amours et leurs affections.

À la plus belle perle au monde...ma tendre mère qui m'a toujours soutenue depuis mon premier pas jusqu'à ce moment et a toujours su trouver les mots qu'il fallait pour m'encourager.

À celui qui a toujours garni mes chemins de paix et lumière...mon trop cher père.

Au plus cher au monde, mon frère **ABDESKRIM**, lui souhaitant de réussir le chemin de ses ambitions toutes légitimes.

À toute ma famille pour l'amour et le respect qu'ils m'ont toujours accordés.

À tous mes amis spécialement mon amis **MEHDI** et ma sœur **KORA**, pour une sincérité si merveilleuse...jamais oubliable.

À toute personne qui m'a aidé à franchir un horizon dans ma vie...

gracieusement...

TOUAHRIA Naouri

Je dédie ce modeste travail...

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

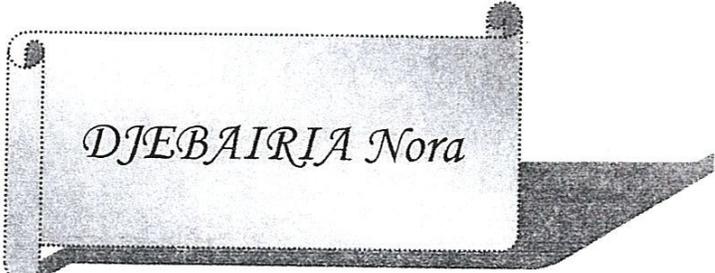
À deux personnes qui me sont les plus chères au monde, qui m'ont comblé de leurs amours et leurs affections.

À mon père qui a tout fait pour que je ne manque rien.

À ma mère qui m'a toujours soutenue depuis mon premier pas jusqu'à ce moment et a toujours su trouver les mots qu'il fallait pour m'encourager.

À ma sœur Aziza, mes frères Amer, saïfe et à toute la famille dejbairia et la famille roichdia.

À tous mes amies et mon bé homme Naouri .



DJEBAIRIA Nora

RESUME:

Le béton et la brique sont des matériaux qui façonnent nos paysages urbains. ils dominant et continuent d'être les matériaux les plus demandés et utilisés au sein d'une large population.

Cette utilisation très variée est dû à une multitude de facteurs politiques, économiques, sociaux et techniques...

Nous avons essayés d'aborder ce sujet très complexe, par une présentation, non exhaustive, des caractéristiques de ces matériaux, de leur divers usages dans le bâtiment et autres ouvrages.

Ces caractéristiques physiques et mécaniques, liées à d'autres facteurs, ont joués un rôle dominant dans l'utilisation et l'amélioration qualitative et quantitative de ces matériaux, et qui connaissent aujourd'hui un essor considérable, dynamisé par une demande croissante et des besoins en croissance ascendantes.

Nos villes et villages connaissent aujourd'hui un développement urbain considérable, elles s'étalent de plus en plus, et les besoins et variétés d'utilisation de ces matériaux, dans le secteur bâtiment, ont nécessités une amélioration des méthodes et techniques de production de tels matériaux.

Cette amélioration, de techniques de production, a générée une variété de béton, de briques et des matériaux de revêtement, et qui offrent, aujourd'hui, à l'utilisateur, les conditions presque optimales d'exploitation et de confort.

L'option développée, à travers cette réflexion, s'insère dans un débat intéressant chercheurs, professionnels et autorités autour d'un secteur moteur dans la production urbaine, celui de l'industrie de bâtiment.

Sommaire

Résumé.	
Sommaire.....	1
Liste des tableaux.....	5
Liste des photos.....	7
Liste des figures.....	9
Liste des symboles.....	10
Introduction général.....	11
Problématique.....	12
Méthodologie.....	13

Chapitre I : Le béton armé

I.1. Introduction.....	14
I.2. Définition.....	14
I.3. Les composants de béton armé.....	15
I.3.1. Les granulats.....	15
I.3.1.1. L'origine géologique des granulats.....	15
I.3.1.2. Classement des roches.....	16
I.3.1.3. Définition des granulats.....	16
I.3.1.4. Classification normalisées des granulats.....	17
I.3.1.4.1. Classification selon la provenance.....	17
I.3.1.4.2. Classification des granulats selon leur taille.....	17
I.3.1.4.3. Classification des granulats selon leur masse volumique...	18
I.3.1.5. Critère de choix des granulats.....	19
I.3.1.6. La teinte des granulats.....	22
I.3.1.7. Rôles des granulats dans le béton.....	23
I.3.2. Les adjuvants.....	24
I.3.2.1. Définition.....	24

I.3.2.2. Le mode d'action des adjuvants.....	24
I.3.2.3. Les caractéristiques et le rôle des adjuvants dans le béton.....	24
I.3.2.4. Domaine d'utilisation des adjuvants.....	26
I.3.3. Ciment.....	27
I.3.3.1. Définition.....	27
I.3.3.2. Classification des ciments.....	27
I.3.3.3. Critères de choix des ciments.....	29
I.3.4. L'eau de gâchage.....	30
I.3.4.1. Définition.....	30
I.3.4.2. Caractéristiques de l'eau de gâchage.....	30
I.3.4.3. Quantité d'eau.....	30
I.3.5. Acier.....	31
I.3.5.1. Définition d'acier.....	31
I.3.5.2. Les type des armatures.....	31
I.4. La fabrication du béton.....	32
I.5. Types de béton.....	32
I.6. Caractéristiques mécaniques et physiques de béton armé.....	34
I.6.1. Acier.....	34
I.6.1.1. Les caractéristiques mécaniques des armatures.....	34
I.6.1.2. Caractéristiques physiques des barres haute adhérence.....	35
I.6.2. Le béton.....	35
I.6.2.1. Caractéristiques de béton frais.....	36
I.6.2.2. Caractéristiques de béton durci.....	37
I.6.3. But recherché de l'association acier-béton.....	38
I.6.4. Les résistances de béton armé.....	40
I.6.5. Liaison entre l'acier et le béton.....	42
I.7. Les utilisations de béton.....	43
I.8. Exemple d'utilisation de béton armé.....	43

I.8.1. Description de l'ouvrage.....	43
I.8.2. Présentation de l'ouvrage.....	44
I.8.3. Les éléments de l'échangeur.....	44
I.9. Conclusion.....	47

Chapitre II: La brique

II.1. Introduction.....	48
II.2. Définition.....	48
II.3. La brique comme matériau de construction.....	48
II.4. Principe de fabrication des briques.....	49
II.4.1. Méthode moderne.....	49
II.5. Classification des briques.....	52
II.5.1. Classification selon la forme géométrique.....	53
II.5.2. Classification selon les types de terre.....	58
II.5.3. Classification selon l'usage.....	59
II.6. Les caractéristiques de brique.....	59
II.6.1. Caractéristiques physiques des briques.....	59
II.6.2. Caractéristiques mécaniques.....	66
II.6.3. Autres propriétés.....	70
II.7. Mise en œuvre.....	70
II.7.1. Pose traditionnel.....	70
II.7.2. Pose a joints minces.....	71
II.7.3. Maçonnerie roulée.....	72
II.8. Conclusion.....	74

Chapitre III: Le granite -étude de cas-

III.1. Introduction.....	75
III.2. Définition de granite.....	75
III.3. Domaine d'utilisation.....	75

III.4. Caractéristiques physico-mécaniques de granite.....	75
III.5. Etude de cas.....	77
III.5.1. Situation de l'unité.....	77
III.5.2. Description de l'unité.....	77
III.5.3. Le processus de fabrication.....	78
III.5.4. Les étapes de fabrication.....	79
III.6. Conclusion.....	86
Conclusion générale.....	87
Référence bibliographiques.....	89

Liste des tableaux

- Tableau I.1: Classification normalisée des granulats.
- Tableau I.2: Classification des granulats suivant leur masse volumique.
- Tableau I.3: Caractéristiques des granulats sur la qualité du béton.
- Tableau I.4: Aptitude à l'emploi selon la roche d'origine.
- Tableau I.5: Choix des granulats selon l'emploi du béton.
- Tableau I.6: La teinte des granulats.
- Tableau I.7: Produits de la firme <Granit ex>.
- Tableau I.8: Synoptique des principaux adjuvants.
- Tableau I.9: Spécifications chimiques des ciments.
- Tableau I.10: Le choix de ciment.
- Tableau I.11: Les caractéristiques mécaniques des armatures
- Tableau I.12: Caractéristiques physiques des barres.
- Tableau II.1: Facteur de transmission lumineuse.
- Tableau II.2: Coefficient de transmission thermique.
- Tableau II.3: Le poids de brique.
- Tableau II.4: La résistance au feu.
- Tableau II.5: Caractéristiques physiques température de fusion de brique.
- Tableau II.6: Briques pleines et briques perforée caractéristique dimensionnelle.
- Tableau II.7: Brique G -caractéristique dimensionnelle.
- Tableau II.8: Brique à rupture de joints caractéristique dimensionnelle.
- Tableau II.9: Brique G -caractéristique dimensionnelle.
- Tableau II.10: Tolérance admissibles pour les briques pleines et perforées.
- Tableau II.11: Tolérance admissibles pour les blocs apparents.
- Tableau II.12: Valeur de résistance à l'écrasement.
- Tableau II.13: Valeur de résistance à traction et module d'élasticité.

Tableau II.14: Valeur de résistance à la compression, flexion et module d'élasticité longitudinale.

Tableau II.15: Briques creuses de moyens et grands formats, caractéristiques mécaniques.

Tableau II.16: Brique à rupture de joints caractéristiques mécaniques.

Tableau II.17: Brique G à grand nombre d'alvéoles caractéristiques mécaniques.

Tableau II.18 : Autres propriétés.

Tableau II.19: Perméabilité à la vapeur des briques.

Tableau III.1: La production de granite en quelques années.

Liste des photos

- Photo I.1: Granulat de teinte jaune.
- Photo I.2: Granulat de teinte rose.
- Photo I.3: Granulat de teinte gris.
- Photo I.4: Echangeur au point de concours de la RN20 et RN80.
- Photo I.5: Ferrailage de poutre.
- Photo I.6: Coffrage de poutre.
- Photo I.7: Décoffrage de poutre.
- Photo I.8: Pieux forés.
- Photo I.9: Semelle.
- Photo I.10: Coffrage et ferrailage des culées.
- Photo I.11: Réalisation de culées.
- Photo I.12: Pose des poutres sur les culées.
- Photo I.13: Dalle en béton armé.
- Photo I.14: La chaussée.
- Photo II.1: Le gisement.
- Photo II.2: Transport de la matière première.
- Photo II.3: Stockage de la matière première dans la BRISE-MOTE.
- Photo II.4: Stockage de la matière dans des silos.
- Photo II.5: Cuvette des MOULEUSE.
- Photo II.6: MOULEUSE.
- Photo II.7: BRULEUR à gaz.
- Photo II.8: Zone de séchage.
- Photo II.9: Zone de la cuisson.
- Photo II.10: Courbe de zone de cuisson.
- Photo II.11: Brique à la sortie de four.
- Photo II.12: Brique dans les voies de stockage.
- Photo II.13: La construction des cheminées.

- Photo II.14: La décoration (âge, mob, G).
- Photo III.1: Les grains gris.
- Photo III.2: Les grains roses.
- Photo III.3: Les grains orange.
- Photo III.4: Les grains jaunes.
- Photo III.5: Machine à lavé.
- Photo III.6: Machine de traitement des eaux.
- Photo III.7: Les 4 canaux.
- Photo III.8: Dispositif automatique.
- Photo III.9: Tapis d'alimentation d'environ.
- Photo III.10: Unité de commande.
- Photo III.11: La presse automatique.
- Photo III.12: Machine à séparer l'eau de la pâte.
- Photo III.13: Linéaire.
- Photo III.14: Chariot.
- Photo III.15: Un pile.
- Photo III.16: Chambre de stockage.
- Photo III.17: La grésseuse.
- Photo III.18: La calibreuse.
- Photo III.19: Le culbuteur.
- Photo III.20: La polisseuse.
- Photo III.21: Tapis de coordination.
- Photo III.22: Le séchoir.
- Photo III.23: Emballage des carreaux.
- Photo III.24: Numérotation des carreaux granitos.

Liste des figures

- Figure II.1: Schéma de la fabrication des briques.
- Figure II.2: Briques pleines et perforé.
- Figure II.3: Blocs perforés.
- Figure II.4: Linteau en blocs perforés.
- Figure II.5: Bloc de terre cuite monolithe.
- Figure II.6: Différents types de briques creuses.
- Figure II.7: Débord du mur en brique sur l'appui.
- Figure II.8: Mur en briques à rupture de joints.
- Figure II.9: Briques « G ».
- Figure II.10 : Pose traditionnelle.
- Figure II.11: Pose à joints minces.
- Figure II.12: La maçonnerie à joint mince.
- Figure II.13; Préparation des mortiers.

Liste des symboles

- d : densité.
- R (MP a): Résistance.
- ϕ (mm): Diametre des barres.
- F_e (MP a): Limite élastique.
- ε (%): Allongement à la rupture.
- Ψ_s : Coefficient de scellement.
- η : Coefficient de fissuration.
- S (cm²): Section des barres.
- ρ (kg/m³): Poids volumique.
- E_i (MPa): Module d'élasticité instantané.
- F_r (MPa) : Résistance à la rupture.
- R_{cj} (MP a): Résistance de compression au jour.
- V (m/s): La vitesse de propagation du son.
- G (Kg/cm²): La charge de repture à la compression après gélévité.
- ρ (kg/m³): Masse volumique.
- θ (°c) : Température de fusion.
- M_f : Module de finesse.
- σ (MPa) : La contrainte.
- E (MPa) : Module d'élasticité.
- τ (%) : Humidité en œuvre.
- P_t (%) : Porosité.
- α (mm /m) : Dilatation potentielle à humidité.
- π (G/m.h.mmHg) : Perméabilité a la vapeur d'eau.

INTRODUCTION GENERALE:

Les constructions de bâtiment en Algérie utilisent aujourd'hui une variété de matériaux de construction, ceux qui marquent beaucoup plus notre paysage urbain sont le béton et la brique.

Ces deux matériaux de construction existent et se fabriquent aisément, les matériaux de revêtement en granito connaissent aussi un essor considérable, et forment avec la brique et le béton les matériaux de base de presque toutes les constructions civile dans nos villes et villages.

Cette utilisation abandonne est due à un certain nombre de facteurs économiques, sociaux politiques... qui ont générés un état de lieu très intéressant dans une dynamique d'évolution et de développement.

Les caractéristiques physiques, le développement industriel et les besoins sociaux ont générés une implantation d'un réseau industriel pour la manufacturassions de ces matériaux de base.

PROBLEMTIQUE:

Notre problématique s'insère au cœur d'une évolution urbaine rapide et massive en Algérie, notre paysage urbain se forge à partir de matériaux de construction utilisés avec abandon ce, et marquant la façade urbaine de tous les villes et villages.

Le béton, la brique et le granite sont les matériaux de base utilisés dans tous les constructions, les caractéristiques physiques et mécaniques, l'abondance des matières de base (richesse naturelle), la conjoncture socio-économique et la volante politique sont des facteurs déterminants dans l'implantation de ce vastes réseaux de petits et moyennes industries favorisent cet essor considérable dans l'utilisation de ces matériaux.

Nous allons tenter d'élucider les relations entre ces facteurs par :

- La présentation des caractéristiques physiques et mécaniques de ces matériaux.
- L'investigation au près de ce réseau de petites et moyennes industries dans le secteur bâtiment.
- L'étude de cas.

Ce ci nous permettra de découvrir l'impact socio-économique de l'utilisation de ce matériaux, et les divers aspects d'utilisation de ces matériaux de construction.

Le béton restera ouvert autour de ces facteurs, en interaction permanente, le paysage urbain de nos villes ne cesse d'évaluer et d'utiliser des procédés et des matériaux de construction concurrentielles.

METHODOLOGIE :

Afin d'élucider les caractéristiques physiques et mécaniques des matériaux de construction (béton, brique, granite), améliorée outil du temps par une industrie et des techniques, et l'aspect socio-économique son utilisation à travers un paysage urbain fortement marqué par la présence qu'a si permanente de ces matériaux, nous avons prospecter à travers trois chapitres:

Chapitre I:

La présentation du béton armé, de se composants et caractéristiques, les variétés de béton développées pour l'élargissement de l'utilisation dans d'autres ouvrages en plus du bâtiment en Algérie, avec étude de cas de réalisation d'un ouvrage d'art (échangeur) à Guclma.

Chapitre II:

La presentation de la brique comme matériaux de construction de permanence dans nos bâtiments, maisons individuels, jardin, a ménagements...etc. Ces caractéristiques, sa fabrication et les techniques de sa mise en œuvre.

Chapitre III:

L'étude et la présentation de granite ses caractéristiques, son champs d'utilisation dans le bâtiment et autres ouvrages en tant que matériaux de revêtements très demandé et très utilisé, son coût est à la portée de tous, une étude de cas de fabrication des carreaux granito (unité de production des carreaux granito (*CHEMEKH ABDELAZIZ* commune de *BOUMAHRA AHMED* wilaya de *GUELMA*).

Chapite I

le béton armé

I.1. INTRODUCTION:

Dans ce chapitre nous essayerons de présenter des notions introductives sur le béton, des approches sur les variétés de bétons développées à travers le temps selon les usages, ses composants et leurs caractéristiques physiques et mécaniques, cette présentation ne se serait pas exhaustive, elle est à titre indicatif, dans le but de présenter ce matériau de construction, largement utilisé dans le bâtiment et autres ouvrages, qui façonne nos paysages urbains, surtout après son association avec l'acier, par l'amélioration de ses caractéristiques, permettant ainsi de l'utiliser dans les structures et ossatures de toutes sortes de constructions.

Nous clôturons ce chapitre avec un exemple en cours de réalisation à Guelma, l'échangeur RN80 et RN20, que nous avons rapprocher de près et suivre les étapes de sa mise en œuvre.

I.2. DÉFINITION:

❖ *Historique:*

Une histoire qui commence au XIXe siècle – L'invention du béton armé est généralement attribuée à Joseph Lambot qui, en 1848, construisit une barque en « ciment armé », et à Joseph Monier, qui réalisa des bacs à fleurs en 1849 en utilisant la même méthode. Mis au point pour le génie civil, le béton est employé dès 1850 dans le bâtiment par François Coignet. Son essor véritable date toutefois de la dernière décennie du XXe siècle avec l'introduction d'armatures métalliques destinées à lui conférer une meilleure résistance à la traction. Les réalisations en béton armé vont alors se multiplier en même temps que les auteurs de systèmes, au premier rang desquels figurent François Hennebique et Armand Gabriel Considère. Dès 1906, une circulaire ministérielle fixe des « instructions relatives à l'emploi du béton armé », codifiant ainsi pour la première fois la conception et le calcul des ponts et des bâtiments avec ce matériau. Après la guerre – L'emploi du béton armé s'est généralisé, notamment pour l'effort de reconstruction. Les qualités du béton se sont continuellement améliorées sous la pression de prescriptions techniques plus précises et plus rigoureuses. Les progrès techniques ne cessent pas ; par exemple :

- L'incorporation de fibres d'acier au mélange lors de la fabrication constituant une

armature tridimensionnelle permet de lutter efficacement contre la fissuration et la microfissuration, donnant naissance à un béton de fibres. Ce béton permet de se passer d'armature constructive dans certaines pièces (dalles) et élimine les problèmes d'éclatement des bétons par la rouille.

- Apparus dans le milieu des années 1980, les bétons à hautes performances (BHP), ont ouvert un vaste champ de progrès, compte tenu non seulement de leur résistance mais surtout de leur microstructure.
- ❖ *L'association acier-béton*: est constitué par du béton et des armatures en acier judicieusement disposées. Son fonctionnement normal suppose une fine fissuration des zones tendues, qui ne porte pas préjudice à sa durabilité si l'ouverture des fissures demeure inférieure à 0,10mm en environnement agressif et à 0,30mm en milieu non agressif. De telles ouvertures évitent toute corrosion des armatures en acier, le béton empêchant la pénétration d'eau vers les aciers et constituant un milieu basique qui protège les aciers par passivation.

1.3. LES COMPOSANTS DE BETON ARME:

Le béton armé est un mélange de plusieurs composants :

- Des granulats: de forme et de densité variées ;
- Eventuellement :des adjuvants soit liquides, soit en poudre;
- Un liant : le ciment, poudre d'une très grande finesse ;
- Un liquide : l'eau de gâchage ;
- Acier: armatures en acier.

1.3.1. LES GRANULATS:

1.3.1.1. L'origine géologique des granulats:

La désagrégation des roches primitives par l'eau, le vent et le gel, entraîne la formation de dépôts sédimentaires en couches meubles plus ou moins épaisses d'éléments de grosseurs très variables, allant du sable fin aux gros blocs. Ces dépôts sont caractérisés par leur composition minéralogique, leur texture, leur état d'altération, et leur porosité. De ces caractéristiques dépendront les propriétés des granulats.

1.3.1.2. Classement des roches:

Dans la nature existe principalement trois catégories de roches :les roches éruptives,les roches métamorphiques et les roches sédimentaires.

1.3.1.2.1. Les roches éruptives: Les roches éruptives se sont formées à partir du magma fondu venu du fond de la terre et durci pendant son refroidissement exemple: granites, diorite, porphyrite.

1.3.1.2.2. Les roches métamorphiques: Les roches métamorphiques se sont formées par transformation plus ou moins profonde des roches éruptives ou sédimentaires sous l'influence de hautes températures et pressions et, parfois de réactions chimiques exemple: schiste, quartzite.

1.3.1.2.3. Les roches sédimentaires: Les roches sédimentaires proviennent de la consolidation de sédiments ou de la précipitation de minéraux en solution exemple: diatomite, calcaire.

- a- ***Les sédiments chimiques :*** se sont des roches formées au cours de la précipitation des matières minérales en solution dans les eaux et qui ont été ensuite tassées et cimentées.
- b- ***Les roches organiques :*** se sont formées des restes déposées de certaines plantes aquatiques et d'organismes vivants qui ont été par la suite tassées et cimentées.
- c- ***Les roches mécaniques (où détritiques) :*** se sont formées par suite de dépôt ou de l'accumulation des produits meubles de la désagrégation physique ou chimique des roches.

1.3.1.3. Définition des granulats:

Les granulats, ou agrégats, sont définis comme étant un ensemble de grains chimiquement inerte de dimensions comprises entre 0 et 125mm qui, mélangés à la pâte de ciment, constituent le squelette du béton. Le terme granulats est étendu à des granulats artificiels ou non, utilisés dans la construction : laitier granulé (sous produit de la sidérurgie), mâchefer, déchets de briques, matériaux expansés, vermiculite, perlite, liège, des granulats très durs (quartz, corindon, carborundum, etc.) ou très denses (barytine, magnétite).

1.3.1.4. Classifications normalisées des granulats:

1.3.1.4.1. Classification selon la provenance:

1.3.1.4.1.1. Les granulats roulés:

Ces sont en général des matériaux naturels alluvionnaires, utilisés directement sans aucun traitement mécanique exemple: les sables, graviers, et cailloux issus des rivières, le sable de mer.

1.3.1.4.1.2. Granulats naturels d'origine industrielle:

Ils proviennent du concassage de roches dures telles que le Granit, la Quartzite, le Porphyre, le Basalte, et Calcaire Oolithique dur. Ces granulats sont caractérisés par un aspect géométrique anguleux, des arêtes vives et un état de surface rugueux.

1.3.1.4.1.3. Les granulats lourds:

Ils sont essentiellement utilisés dans la confection des bétons lourds exemple: barytine, grenaille de fer.

1.3.1.4.1.4. Les granulats légers:

Ce sont des granulats utilisés dans la confection de bétons légers. Ils seront développés un peu plus loin exemple: pouzzolanes, Perlite expansée.

1.3.1.4.1.5. Les granulats réfractaires:

Ce sont des granulats qui permettent d'obtenir des bétons résistants aux températures très élevées (jusqu'à 1000°C). Exemple: le laitier de haut fourneau, la Pouzzolane.

1.3.1.4.1.6. Les granulats recyclés:

Ce sont des granulats qui proviennent de la démolition d'ouvrages dégradés ou anciens.

1.3.1.4.2. Classification des granulats selon leur taille:

La norme Algérienne NA 452 classe les granulats en trois catégories suivant leurs dimensions, qui vont de 0,08 mm à 80 mm (les sables, les graviers ou gravillons, les cailloux), (tableau I.1).

<i>Granulat</i>		<i>Ecartement des Mailles des tamis</i>	<i>Diamètre des trous des passoires (mm)</i>
<i>Fines</i>		< 0,08	
<i>Sables</i>	Fins	0,08 ÷ 0,315	
	Moyens	0,315 ÷ 1,25	
	Gros	1,25 ÷ 5	
<i>Graviers</i>	Fins		6,3 ÷ 10
	Moyens		10 ÷ 16
	Gros		16 ÷ 25
<i>Cailloux</i>	Petits		25 ÷ 40
	Moyens		40 ÷ 63
	Gros		63 ÷ 80
<i>Moellons</i>			> 80

Tableau I.1: Classification normalisée des granulats.

1.3.1.4.3. Classification des granulats selon leur masse volumique:

Le classement des granulats en fonction de leur masse volumique est illustré dans le (tableau I.2):

<i>Classification</i>	<i>Masse volumique (t/m^3)</i>
<i>Granulat léger</i>	$\varphi < 2$
<i>Granulat courant</i>	$2 \leq \varphi \leq 3$
<i>Granulat lourd</i>	$\varphi > 3$

Tableau I.2: Classification des granulats suivant leur masse volumique.

1.3.1.5. critere de choix des granulats:

Pour faire un choix judicieux des granulats, l'utilisateur doit prendre en compte principalement trois grands critères :

1.3.1.5.1. Critère 1 : Adéquation granulats/béton.

voir (tableau I.3):

<i>Caractéristiques</i>	<i>Influence sur le béton</i>
Nature minéralogique	La plupart des granulats conviennent pour le béton ; Influence défavorable des argiles, des calcaires marneux.
Présence de matières organiques	Influence défavorable sur la prise et le durcissement ; Chutes des résistances.
Teneur élevée en sulfates, sulfures, chlorures	Réaction avec le ciment, fissuration, corrosion des armatures.
Propreté des granulats	Les impuretés perturbent l'hydratation du ciment et entraînent des défauts d'adhérence granulats/pâte.
Forme des grains	Peu important généralement ; certains sables concassés peuvent parfois être défavorables à la mise en œuvre du béton et à sa compacité finale.
Granulométrie	Importante pour la composition du béton.

Tableau I.3: Caractéristiques des granulats sur la qualité du béton.

I.3.1.5.2. Critère 2 : Aptitude à l'emploi selon la roche d'origine:

Voir (Tableau I.4).

<i>Roche d'origine</i>	<i>Dilatation (µm/m/°C)</i>	<i>Propriétés</i>	<i>Possibilité d'emploi pour le béton</i>
<i>Eruptives</i>			
<i>Granites</i>	8 à 12		
<i>Diorites</i>		Dures et compactes	Oui pour la plupart
<i>Porphyres</i>		bonnes	
<i>Basaltes</i>		résistances au gel	
<i>Métamorphiques</i>			
<i>Quartzites</i>	10	Dures et compactes	Granulats de qualité utilisés pour les parements
<i>Marbres</i>	10 à 12	inattaquables chimiquement	
<i>Schistes</i>			
<i>Gneiss</i>			
<i>Sédimentaires</i>			
<i>Calcaires</i>	6 à 8	Bonne adhérence au mortier	oui
<i>Dolomies</i>			Essais préalables

Tableau I.4: Aptitude à l'emploi selon la roche d'origine.

1.3.1.5.3. Critère 3: Selon l'emploi du béton:

On peut choisir les granulats selon la nature du béton (tableau I.5).

<i>Emploi</i>	<i>Densité</i>	<i>Granulats</i>	
Bétons classiques pour le chantier ou la préfabrication		Tous granulats roulés ou concassés avec préférence pour les siliceux, calcaires ou silico-calcaires.	
Bétons apparents architectoniques	2,2 à 2,4	Tous granulats roulés ou concassés avec préférence pour les siliceux, calcaires ou silico-calcaires + porphyres, basaltes, granites, diorites.	
Bétons légers	De structure	1,5 à 1,8	Argile ou schiste expansé, laitier expansé
	Semi isolants Semi porteurs	1 à 1,5	Argile expansée, pouzzolane, ponce.
	Isolants	0,3 à 0,8	Vermiculite, liège, bois, polystère expansé, verre expansé.
Bétons lourds	3 à 5	Corindon, barytine, magnétite	
Bétons réfractaires	2,2 à 2,5	Corindon, déchets de produits réfractaires, briques silico-alumineux, laitiers, granulats spéciaux.	
Bétons ou chapes pour dallages industrielles	2,4 à 3	Corindon, carborundum, granulats métalliques.	

Tableau I.5: Choix des granulats selon l'emploi du béton.

I.3.1.6. La teinte des granulats:

Teinte de quelques granulats en fonction de leur nature minéralogique (tableau I.6).

<i>Nature du granulat</i>	<i>Teinte</i>
Silex	beige ou bistre
Diorites	bleu ou rose
Granites	Jaune, gris, vert, rose
Calcaires durs et marbres	noir, bleu, rose, beige, blanc, vert
Basaltes	noir ou bleu-noir
Grès	gris, rouge
Quartzites	noir ou bleu noir

Tableau I.6 : La teinte des granulats.

- Quelques photos sur la teinte des granulats (photo I.1, I.2, I.3).

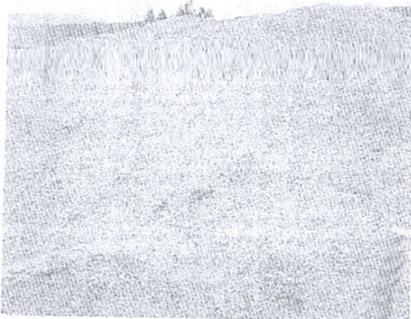


Photo I.1: Granulat de teinte jaune

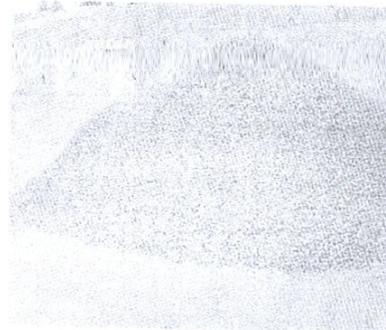


Photo I.2: Granulat de teinte rose.



Photo I.3: Granulat de teinte gris.

1.3.1.7. Rôles des granulats dans le béton:

1.3.1.7.1. Les sables: Les sables entrent dans la composition des mortiers, des bétons, des matériaux préfabriqués où ils participent à la résistance à l'écrasement, d'où la recherche d'un sable dur, et compact. C'est souvent par la médiocre qualité du sable que périssent les bétons. Il faut que les grains de sable demeurent plus durs que la pâte de ciment durci qui les enveloppe : ils donnent de la cohésion au mélange, mortier ou béton.

✓ A côté des rôles cités précédemment :

- Il permet l'économie de liant sans réduire la résistance du mélange ;
- Il facilite la prise en assurant la porosité du mortier, et son aération ;
- Il combat le retrait du ciment pur et atténue le gonflement du mortier de chaux ;
- Il constitue un excellent terrain de fondation, s'il n'est pas affouillé, du fait de son incompressibilité et de sa mobilité, ce qui permet une bonne répartition des pressions
- Il constitue un lit sous carrelage, et permet l'enrobage des canalisations.

1.3.1.7.2. Les gravillons et cailloux: Ils s'associent au mortier de sable, pour constituer un matériau nouveau : le béton, en participant également à la résistance à l'écrasement, aussi bien dans les bétons hydrauliques (béton armé et précontraint) de la construction, que dans les bétons hydrocarbonés des travaux routiers.

Ils constituent de bonnes fondations prises en masse dans le sable. Ils servent également comme hérisson nages dans les dallages. Enfin on s'en sert comme couche drainant dans les fondations. D'où la nécessité de n'employer que des granulats donnant toute la garantie de dureté et de pureté.

1.3.1.7.3. Les graves: Les graves malaxées avec un certain pourcentage de ciment (3 à 6 % selon la destination du matériau) constituent une sorte de béton maigre appelé grave-ciment. On les utilisent comme :

- Couche de base de chaussée noire ;
- Couche de fondation de chaussée en béton de ciment ;
- Sous couche pour sols d'usine, cours bétonnées, parkings, trottoir, pistes, etc.

1.3.2. LES ADJUVANTS:

1.3.2.1. Définition:

Les adjuvants sont des produits (liquides ou poudres) qui ajoutés au béton en faible quantité (moins de 5 %) permettent d'améliorer certaines propriétés : maniabilité et imperméabilité, ou qualités : compacité et résistance au gel, souhaitées soit sur béton frais soit sur béton durci. Les adjuvants sont toujours incorporés dans la masse du béton frais.

1.3.2.2. Le mode d'action des adjuvants:

- Soit mécanique : en modifiant la consistance du mélange ;
- Soit physique : en agissant sur la tension superficielle des composants ;
- Soit chimique : en modifiant la vitesse de prise et la réaction d'hydratation du ciment.

1.3.2.3. Les caractéristiques et le rôle des adjuvants dans le béton:

➤ Les adjuvants modifiant l'ouvrabilité du béton:

- **Les plastifiants:** À teneur en eau égale, ils augmentent la maniabilité du béton > Béton manufacturé, travaux de génie civil, bétonnage avec coffrages glissants ;
- **Les plastifiants réducteurs d'eau:** À même maniabilité, ils augmentent les résistances mécaniques ;
- **Les super plastifiants:** Ils provoquent un fort accroissement de la maniabilité du mélange > Réalisation de fondations, dallages, radiers, sols industriels, routes, etc., BHP et béton pompé.

➤ Les adjuvants modifiant la prise et le durcissement:

- **Les accélérateurs de prise et de durcissement:** Ils diminuent les temps de prise ou de durcissement du ciment > Bétonnages par temps froid, décoffrages rapides, scellements, travaux en galerie, travaux sous l'eau...etc. ;
- **Les retardateurs de prise:** Ils augmentent le temps de prise du ciment > Bétonnages par temps chaud, en grande masse, avec coffrages glissants, reprises de bétonnage.

➤ *Les adjuvants modifiant certaines propriétés du béton:*

- *Les entraîneurs d'air:* Ils entraînent la formation de micro bulle d'air uniformément réparties > Bétons exposés au gel, aux sels de déverglaça gé, aux eaux agressives, bétons routiers ;
 - *Les hydrofuges de masse:* Ils diminuent l'absorption capillaire des bétons et des mortiers durcis > Ouvrages hydrauliques (canaux, murs de fondation, retenues d'eau, etc.), mortiers d'étanchéité (chapes, joints de maçonnerie, galeries de tunnels) ;
 - *Les rétenteurs d'eau:* Ils augmentent l'homogénéité et la stabilité du mélange > Mélanges retardés ou mélanges à couler sous l'eau sans délavage ;
 - *Les produits de cure:* Ils protègent le béton frais de la dessiccation > Bétonnages de routes, de pistes, de dallages et planter.
- ✓ *Exemples d'adjuvants fabriqués en Algérie:* La société «Granit ex» implanté dans la commune d'Oued-Smar (tableau I.7).

Nom	Type	Présentation	Domaine d'utilisation
<i>médaplaste</i>	Super-fluidifiant	Solution liquide de couleur marron.	Maniabilité prolongée ; Augmentation des résistances mécaniques ; Amélioration de l'aspect des surfaces décoffrées.
<i>médafluid</i>	fluidifiant	Solution liquide de couleur brune, sans chlore.	Amélioration de l'ouvrabilité ; Diminution de l'absorption capillaire ; Augmentation des résistances mécaniques ; Amélioration de l'adhérence.
<i>médafuge</i>	hydrofuge	Il se présente sous forme de poudre.	Amélioration de l'étanchéité à l'eau ; Protection contre l'humidité.

Tableau I.7: Produits de la firme <Granit ex>

I.3.2.4. Domaine d'utilisation des adjuvants:

Voir (tableau I.8).

<i>Adjuvant</i>	<i>Utilisation</i>
	Décoffrage rapide ; Temps froid ; Préfabrication ;
<i>accélérateur</i>	Travaux d'étanchement, cachetage, travaux à la mer ; Réparations rapides, pistes d'aérodromes, routes, scellements.
	Temps chaud ; Injection à grande profondeur ;
	Voile d'étanchéité ; Transport de béton sur grande distance ;
<i>retardateur</i>	Reprise de bétonnage – confection de béton avec granulats apparents ; Parois moulées dans le sol.
	Transports pneumatiques du béton (béton pompé) ;
<i>plastifiant</i>	Béton coulé sous l'eau ; Béton maigre ; Sables manquant de fines ; Béton très ferrailé ; Injection.
	Bétonnage jusqu'à - 10° C (temps très froid) sous réserve de <i>antigelif</i> précautions particulières.
	Mortiers d'enduit,
<i>hydrofuge</i>	Enduit et chapes d'étanchéité pour cuvelage – Citernes – Réservoirs – Piscines – Galeries – Tunnels – Travaux souterrains (murs de cave, fondations) et maritimes.
	Toitures, terrasses.
	Nécessité d'une bonne ouvrabilité ;
<i>fluidifiant</i>	Préfabrication ; Bétons à haute résistance.

Tableau I.8: Synoptique des principaux adjuvants.

I.3.3. CIMENT:***I.3.3.1. Définition:***

Les liants hydrauliques sont des produits ayant la propriété de durcir au contact de l'eau, et qui, après durcissement, conservent leur résistance et leur stabilité même sous l'eau.

I.3.3.2. Classifications des ciments:***I.3.3.2.1. Classifications d'après la composition:***

- ✓ le ciment portland > la famille des ciments comporte principalement:
 - artificiel (CPA) , composé (CPJ) ;
- ✓ le ciment de haut fourneau > sont désignées par:
 - CHF-CEMIII/A,CHF-CEMIII/B,CHF-CEMIII/C;
- ✓ le ciment pouzzolanique >il existe deux classes :
 - la classe CPZ-CEMIV/A: pourcentage en cendres ou pouzzolanique est compris entre 10 et 35% ;
 - la classe CPZ-CEMIV/B: pourcentage en cendres ou pouzzolanique est compris entre 36 et 55% ;
- ✓ le ciment au laitier et aux cendres >il existe deux types:
 - le type CLC-CEMV/A: pourcentage du pouzzolane ou cendre volante est compris entre 18 et 30% ;
 - le type CLC-CEMV/B: pourcentage du pouzzolane ou cendre volante est compris entre 31 et 50%.

I.3.3.2.2. Classifications d'après leur classe de résistance:

	classel = 32,5
Classe de résistance (MPa) >	classeII = 42.5
	classe III = 55

I.3.3.2.3. Classifications d'après les spécifications chimiques:

voir (tableau I.9).

<i>Propriété</i>	<i>Type de ciment</i>	<i>Classe de résistance</i>	<i>Exigence%</i>
<i>Perte au feu</i>	CPA-CEM I	Toutes classes	≤ 5
	CHF-CEM III		
	CLK-CEM III		
<i>Oxyde de magnésium</i>	CPA-CEM I	Toutes classes	≤ 5
	CPA-CEM I CHF-CEM III CLK-CEM III	Toutes classes	≤ 5
<i>Sulfates (SO₃)</i>	CPA-CEM I	32,5 - 32,5R - 42,5	$\leq 3,5$
	CPJ-CEM II	42,5R - 52,5 - 52,5R	< 4
	CPZ-CEM IV		
	CPA-CEM V		
	CHF-CEM III	Toutes classes	
<i>chlorures</i>		Toutes classes souf	$\leq 0,1$
	Tous types	52,5R	
		52,5R	$\leq 0,05$
<i>pouzzolanité</i>	CPZ-CEMIV	Toutes classes	Satisfait a l'essai

Tableau I.9: Spécifications chimiques des ciments.

I.3.3.3. Critères de choix des ciments:

Voir (Tableau I.10).

	<i>Désignation</i>	<i>Emploi</i>	<i>Contre-indications</i>
<i>Sans constituants secondaires</i>	CPA45 et 45R	Béton armé exigeant des résistances élevées avec un court délai de décoffrage.	Travaux en grande masse (fondtions) présence d'eaux agressives.
			Travaux souterrains
	CPA45 et 55	Tous travaux de béton armé	
<i>Avec constituants secondaires</i>	CPJ45 et 45R	Travaux en béton armé dans l'air, dans le sol ou dans l'eau.	Béton de grande masse (retrait).
	CPJ35	Produits en béton non armé (entrevous)	Béton précontraint.

Tableau I.10: Le choix de ciment.

1.3.4. L'EAU DE GACHAGE:

1.3.4.1. Définition:

L'eau de gachage est la quantité d'eau totale ajoutée au mélange sec de béton. Elle est nécessaire pour l'hydratation du liant, le mouillage des granulats et la facilité de mise en place du béton. L'eau doit être propre et ne pas contenir d'impuretés nuisibles (matières organiques, alcalis). L'eau potable convient toujours.

Note: Le gâchage à l'eau de mer est à éviter, surtout pour le béton armé.

1.3.4.2. Caractéristiques de l'eau de gachage:

1.3.4.2.1. Caractéristiques physiques:

L'eau de gachage des bétons peut être une eau non potable (eau de rivière par exemple) ou, dans certaines régions du globe, une eau du littoral. Il doit être propre, c'est-à-dire ne pas contenir de matières en suspension au-delà de certaines valeurs permises. Les tolérances réglementaires pour les matières en suspension sont :

- 2g/litre pour les bétons des types A et B;
- 5g/litre pour les bétons du type C.

1.3.4.2.2. Caractéristiques chimiques:

Les sels dissous dans l'eau interviennent dans la rhéologie du béton, la prise du ciment et la durabilité du matériau durci. L'eau de gachage des bétons ne doit pas contenir des taux de sels en dessus des seuils normatifs:

- 15g/litre pour les bétons des types A et B;
- 30g/litre pour les bétons du type C : *Avec:*

- *Type A:* béton à résistance mécanique élevée (ouvrages en béton armé);
- *Type B:* béton à faible perméabilité (barrages, réservoirs, tuyaux);
- *Type C:* béton à résistance mécanique faible (massifs de fondation).

1.3.4.3. La quantité d'eau:

La quantité d'eau à introduire doit assurer: d'une part l'hydratation complète du ciment et d'autre part permettre une mise en œuvre convenable du béton dans les moules. Cette quantité d'eau dépend donc dans une large mesure de la technique de mise en œuvre retenue.

I.3.5. ACIER:

I.3.5.1. Définition d'acier:

Le matériau acier est un alliage fer et carbone en faible pourcentage. Les aciers utilisés en béton armé sont les aciers de nuance douce (0,15 à 0,25 % de carbone) et les aciers de nuance mi-dure et dure (0,25 à 0,40 % de carbone).

I.3.5.2. Les types des armatures:

I.3.5.2.1. Les ronds lisses (Symbole ϕ) :

Ce sont des aciers doux, laminés à chaud et de surface lisse, ne présentant aucune aspérités. Les nuances utilisées sont les Fe E 215 et Fe E 235.

I.3.5.2.2. Les armatures à haute adhérence (Symbole HA) :

Ils sont obtenus par laminage à chaud d'un acier naturellement dur. soit dont les caractéristiques mécaniques sont dues à une composition chimique appropriée. On n'utilise plus, en béton armé, des aciers obtenus par laminage suivi d'un écrouissage. Ces aciers existent dans les nuances Fe E 400 et Fe E 500.

I.3.5.2.3. Les treillis soudés (Symbole TS):

Si les autres types d'acier se présentent en barres, ces derniers sont soit en rouleaux, soit en panneaux et de dimensions normalisées. Leur largeur standard est de 2,40m. La longueur des rouleaux est de 50m et celle des panneaux est de (4,80m ou 6m).

1.4. LA FABRICATION DU BETON:

Avant d'aborder la fabrication du béton, il n'est pas inutile de rappeler qu'il s'agit d'un matériau obtenu en mélangeant un ensemble de constituants présentant des états et des caractéristiques très différents : (granulats, adjuvants, ciments...etc.).

L'air qui se trouve enfermé dans le béton frais lors de sa fabrication, joue un rôle non seulement sur sa plasticité, mais également sur ses déformations et ses propriétés finales.

Un matériau homogène Pour élaborer un béton, matériau homogène, il faut tenir compte au cours des phases de fabrication et de transport, de l'homogénéité de ses constituants. Il faut aussi réaliser un mélange efficace, qui ne puisse pas subir ensuite de ségrégation ou de décohésion. Parmi les facteurs influant sur l'homogénéité du mélange béton, on peut notamment souligner :

- la régularité de chaque constituant : les données retenues pour fixer les paramètres de dosage ou de mélange ne doivent pas être remises en cause par d'éventuelles variations de ceux-ci ;
- la détermination d'une composition de béton tenant compte de sa destination et des constituants utilisés : type et classe de ciment, nature et granularité des granulats, adjuvants ;
- la teneur en eau ;
- le type de matériel utilisé pour le malaxage ;
- le temps de malaxage ;
- les conditions et temps de transport du béton entre sa fabrication et sa mise en œuvre.

Généralement les méthodes de fabrication du béton sont adaptées à la nature du chantier et aux types de béton à réaliser.

Le béton est fabriqué principalement dans des centrales de BPE, dans des centrales de chantier, dans des bétonnières pour les petits chantiers.

1.5. LES TYPES DES BETONS: Le béton varie en fonction de la nature des composants, des colorants, des traitements de surface, et peut ainsi s'adapter aux exigences de chaque réalisation, par ses performances et par son aspect.

1.5.1. Les Bétons usuels armés ou non:

Une gamme de résistance 20 à 40 MP a.

1.5.2. Les bétons courants:

sont les plus utilisés, aussi bien dans le bâtiment qu'en travaux publics. Ils présentent une masse volumique de 2500 kg/m^3 environ. Ils peuvent être armés ou non, et lorsqu'ils sont très sollicités en flexion, précontraints.

1.5.3. Les Bétons précontraints:

pour réaliser des pièces fortement sollicitées à la flexion.

1.5.4. Les bétons lourds:

Dont les masses volumiques peuvent atteindre 6000 kg/m^3 servent, entre autres, pour la protection contre les rayons radioactifs.

1.5.5. Les bétons de granulats légers:

Une gamme 800 à 2000 kg/m^3 pour la réhabilitation, l'isolation thermique et chaque fois que le gain de poids est prépondérant pour un ouvrage. dont la résistance peut, néanmoins, être élevée, sont employés dans le bâtiment.

1.5.6. Les bétons cellulaires:

peuvent répondre aux problèmes d'isolation dans le bâtiment.

1.5.7. Les bétons fibrés :

Plus récents, correspondent à des usages très variés : dallages, éléments décoratifs, mobilier urbain.

1.5.8. Les Bétons à Hautes Performances (BHP):

Une gamme de résistance 60 à 100MP a. Ils sont également plus durables, plus étanches grâce à une porosité très faible.

1.5.9. Les Bétons à caractère architectural :

Grâce à leurs colorations et aux nombreux traitements de surface possibles : bouchardage ; désactivation ; sablage ; polissage.

I.6. LES CARACTERISTIQUES DE BETON ARME:

I.6.1. ACIER:

I.6.1.1. Les caractéristiques mécaniques des armatures: (tableau I.11).

Type d'acier	Désignation	Limite élastique (MPa)	Résistance (MPa)	Allongement (%)	Coeff de scellement α_s	Coeff de Fissuration η	Diamètres courants (mm)
Aciers ronds lisses	Fe E 215	215	330	22	1	1	6, 8,
Symbole ϕ	Fe E 235	235	410	22	1	1	10, 12
Armatures à haute adhérence	Fe E 400	400	480	14	1.5	1.6	6, 8, 10, 12, 14, 16,
Symbole HA	Fe E 500	500	550	12	1.5	1.6	20, 25, 32, 40
Treillis soudés lisses		500	550	8	1	1	3,5 à 9mm
Symbole TSL							avec un pas de 0,5mm
Treillis soudés haute adhérence		500	550	8	1,5		$\phi < 6\text{mm}$ 3,5 à 12mm
Symb. TSHA							$\phi \geq 6\text{mm}$ pas de 0,5mm 14 et 16mm
							Comman de

Tableau I.11: Les caractéristiques mécaniques des armatures.

1.6.1.2. Caractéristiques physiques des barres haute adhérence: (tableau I.12).

<i>Diamètre</i>	<i>Section cm²</i>	<i>Périmètre cm</i>	<i>Poids Kg/ml</i>
6	0,283	1,88	0,222
8	0,503	2,51	0,395
10	0,785	3,14	0,617
12	1,13	3,77	0,888
14	1,54	4,40	1,21
16	2,01	5,03	1,58
20	3,14	6,28	2,47
25	4,91	7,85	3,85
32	8,04	10,1	6,31
40	12,57	12,6	9,87

*Tableau I.12: Caractéristiques physiques des barres***1.6.2. LE BETON.**

- les principales caractéristiques des bétons sont :
 - une bonne résistance en compression simple ;
 - une mauvaise résistance en traction ;
 - un poids volumique compris entre 22 et 24kN/m³ environ pour le béton, et 25kN/m³ pour le béton armé ;
 - un coefficient de dilatation thermique identique à celui de l'acier de 10⁻⁵/°C.
- ✓ Le béton est un matériau facile à mouler quelles que soient les formes de l'ouvrage, à l'épreuve du temps, économique, résistant au feu et nécessitant peu d'entretien. Matériau composite, mis en œuvre de multiples manières, il répond à un grand nombre de spécifications : résistance mécanique, notamment à la compression, isolation thermique et phonique, étanchéité, aspect, durabilité, sécurité incendie. Pour utiliser au mieux le béton, il faut bien connaître ses propriétés : d'une part à l'état frais, alors qu'il est plastique et qu'on peut le travailler ; d'autre part, à l'état

durci, alors que sa forme ne peut plus être modifiée mais que ses caractéristiques continuent à évoluer durant de nombreux mois, voire des années.

1.6.2.1. Caractéristiques de béton frais:

➤ ***La propriété essentielle du béton frais est son ouvrabilité,*** qui le rend apte à remplir n'importe quel volume, à condition que sa composition ait été étudiée en conséquence et que les moyens de mise en oeuvre soient appropriés. L'ouvrabilité caractérise l'aptitude d'un béton à remplir les coffrages et à enrober convenablement les armatures.

On a de nombreux facteurs influent sur l'ouvrabilité :

- ✓ ***Type et dosage en ciment,*** forme des granulats, granulométrie, emploi d'adjuvants et, bien entendu, dosage en eau. Il ne faut cependant pas considérer que le dosage en eau peut être augmenté au delà d'une certaine valeur dans le seul but d'améliorer l'ouvrabilité,
- ✓ ***Un excès d'eau se traduit,*** entre autres inconvénients, par un phénomène de « ressuage », qui est la création à la surface d'une pièce en béton, d'un film d'eau, générateur de fissures après évaporation. Les autres conséquences d'une trop forte teneur en eau sont :
 - la diminution de la compacité et, corrélativement, des résistances ;
 - une porosité accrue ;
 - un risque de ségrégation des constituants du béton;
 - un retrait augmenté ;
 - un état de surface défectueux se traduisant notamment par du bullage.

La teneur en eau doit être strictement limitée au minimum compatible avec les exigences d'ouvrabilité et d'hydratation du ciment.

La grandeur qui caractérise l'ouvrabilité est la consistence : sa mesure peut être effectuée facilement sur chantier.

1.6.2.2. Caractéristiques de béton durci:

- **La porosité:** Une caractéristique essentielle du béton durci est sa porosité (rapport du volume des vides au volume total). L'importance de cette caractéristique sur la résistance du béton aux agents agressifs, sur la carbonatation et sur la tenue au gel a été démontrée depuis. C'est donc un facteur déterminant de la durabilité du béton.
- ✓ La recherche d'une porosité minimale doit nécessairement passer par :
 - l'augmentation de la compacité du béton frais grâce à une bonne composition du béton et à des moyens de mise en oeuvre adaptés.
 - l'augmentation du dosage en ciment et le choix de son type ont une influence favorable sur la diminution de la porosité ; les hydrates formés par l'hydratation du ciment ont un rôle essentiel de colmatage des capillaires
- ✓ La faible porosité d'un béton présente de nombreux avantages déterminants pour sa durabilité.
 - Un béton en contact avec un milieu agressif (eau pure, eaux séléniteuses, eau contenant des acides organiques) subira une attaque beaucoup plus lente si les capillaires du béton sont moins nombreux et plus fins.
 - Dans le cas du béton armé, une faible porosité est indispensable, pour protéger les armatures contre les risques de corrosion.
- **Variations volumiques:** au cours de son évolution, le béton est l'objet de modifications physico-chimiques qui entraînent des variations dimensionnelles.
- **Le retrait hydraulique:** avant prise et en cours de prise Il est dû à un départ rapide d'une partie de l'eau de gâchage, soit par évaporation (rapport élevé surface/volume des pièces, en atmosphère sèche, par temps chaud ou vent violent), soit par absorption (coffrage, granulats poreux).
- **Le retrait thermique:** Il est dû à des baisses rapides de température provenant :
 - ✓ soit du ciment lui-même lors de son hydratation aux premiers âges, qui provoque une élévation de température, suivie de son refroidissement ;
 - ✓ soit des variations climatiques du milieu.

Note: Ces deux causes additionnent parfois leurs effets.

- **Le module d'élasticité instantané E_i :** au jour j d'un béton courant est lié à sa résistance en compression au même âge par une relation empirique telle que:

$$E_i = 11000^3 \sqrt{R_{cj}} \text{ en MPa selon les règles (BAEL 91).}$$

R_{cj} = résistance à la compression au jour J (en MPa).

E_i est le plus souvent compris entre 30000 et 35000 MPa.

- **Déformations sous charge de longue durée:** le fluage Au-delà d'une certaine charge (approximativement la moitié de la résistance ultime à la compression), le béton se comporte comme un corps plastique. Après suppression de la charge, il subsiste une déformation résiduelle permanente, c'est ce qu'on appelle le phénomène du fluage.

On admet que cette déformation due au fluage, qui se poursuit durant de nombreux mois (voire années), est de l'ordre de trois fois la déformation instantanée.

1.6.3. BUT RECHERCHE DE L'ASSOCIATION ACIER-BETON:

Deux matériaux complémentaires et solidaires: Le béton armé est une association hétérogène de deux matériaux, le béton et l'acier. Cette association est rendue possible grâce à leur coefficient de dilatation très proche qui permet aux deux matériaux de travailler conjointement lors des effets thermiques :

- (10×10^{-6}) pour le béton.
- (11×10^{-6}) pour l'acier.

Cette association est non seulement rendue possible mais efficace grâce à leur liaison sans laquelle les deux matériaux travailleraient séparément. Le béton armé permet la réalisation d'ouvrages capables d'accepter :

- ✓ des charges plus importantes que le béton ordinaire :
- ✓ des sollicitations plus variées, notamment les efforts de traction que ne supporte pas bien le béton ordinaire. En effet :
- ✓ le béton ordinaire (non armé) résiste mal aux efforts de traction, car il n'est pas ductile. En revanche, il est susceptible de supporter et de transmettre les efforts de compression :

- ✓ l'acier, matériau doué d'élasticité, est le produit idéal pour supporter et transmettre les efforts de traction.

Note : Les propriétés mécaniques opposées se complètent pour atteindre le but visé, mais cette solidarité n'est possible que si le béton adhère parfaitement à l'acier.

1.6.3.1. Adhérence acier-béton:

La transmission des efforts du béton aux armatures, ou inversement, est rendue possible par le phénomène dit « d'adhérence » qui se manifeste entre ces matériaux. L'adhérence résulte en fait d'un processus de frottement entre l'acier et le béton.

1.6.3.2. Explication du phénomène :

- L'adhérence est le moyen de transfert d'efforts entre le béton et l'acier. L'adhérence dépend :
- d'une part, de l'action mécanique provoquée par le serrage du béton, qui enrobe l'acier ;
- d'autre part, du collage de l'acier par le ciment du béton ou par la chaux libérée au cours de la prise des ciments et l'oxyde de fer recouvrant l'armature : il y a formation d'un oxyde salin protecteur, un film passivant de ferrite. Cette liaison de frottement tangentielle est le phénomène primordial de l'association béton-acier. Ces forces de frottement sont égales au produit de la somme des efforts normaux par le coefficient de frottement béton acier qui vaut 0,4. Elles s'opposent alors au glissement de la barre sous l'effet des sollicitations, et ce, jusqu'à la limite de la résistance du béton au cisaillement.

1.6.3.3. Optimisation du phénomène d'adhérence :

- ✓ L'état de surface des armatures est un facteur important.
- ✓ Ainsi, on améliore l'adhérence tangentielle en utilisant des aciers à reliefs (nervures, verrous, torsades, etc.) justement appelés « aciers à haute adhérence ».
- ✓ La propreté des armatures est indispensable si l'on veut que le béton colle à l'acier. Elles devront être dépourvues :
- de terre, en réalisant un parc de stockage surélevé du sol ;
- de rouille en plaques non adhérentes, en brossant éventuellement les barres :

longitudinales dans toutes les pièces soumises à une traction pour reconstituer une section capable de travailler en traction.

Les deux matériaux étant solidaires, il faut que les déformations soient égales.

- Dans un premier temps, la déformation élastique est instantanée, puis différée, et s'étend jusqu'à la limite de rupture du béton. Celui-ci, par adhérence, admet de subir une déformation trois ou quatre fois plus élevée que celle qu'accepterait un béton non armé. Cette déformation élastique du béton est uniforme, et l'extension de l'acier accroît sa résistance à la traction : le béton en contact, sollicité par adhérence, raccourcit, enserrant davantage la barre tendue.

L'armature permet donc au béton d'être mieux utilisé, et réciproquement cette possibilité d'étirage du béton, lorsqu'il est armé, permet de faire travailler l'acier à un taux convenable.

- Dans un deuxième temps, le béton accompagne plastiquement l'acier jusqu'à la rupture.
- Les fissures des zones tendues du béton armé sont inévitables. Le béton armé, dès sa mise en service, est normalement un système fissuré dont les éléments prennent appui les uns sur les autres et sont reliés par les armatures.
- Elles sont la conséquence du fonctionnement mécanique de l'ouvrage, mais ne doivent compromettre ni la résistance, ni la durabilité de l'ouvrage, en particulier en facilitant la corrosion des aciers, d'où la nécessité que ces fissures soient très fines et bien réparties. Pour ce faire, il faut agir sur le nombre et la dimension des aciers et déterminer par le calcul l'espacement des fissures en limitant le taux de travail réel de l'acier.
- La structure interne du béton est néanmoins modifiée : il se produit une certaine distension se traduisant par une porosité accrue.
- La résistance à la traction est environ égale au dixième de la résistance à la compression.

1.6.4.3. Résistance à la compression :

- ✓ Le béton, comme la pierre qu'il était censé remplacer à ses débuts, possède une bonne résistance à la compression. Un béton est défini par la valeur de sa résistance caractéristique à la compression à 28 jours.
- ✓ Les bétons courants ont une résistance de 20 à 30 MPa, ceux de qualité supérieure de 40 à 50 MPa, et les bétons à haute performance peuvent dépasser 100 MPa.

1.6.5. LIAISON ENTRE L'ACIER ET LE BETON:

1.6.5.1. Principe de fonctionnement du béton armé:

Le béton est un matériau capable de supporter des efforts de compression importants (15 à 60 MPa) alors que sa résistance aux efforts de traction est très faible (de l'ordre du dixième de sa résistance à la compression). C'est donc pour pallier cette insuffisance qu'est née l'idée de placer, dans les zones soumises à des efforts de traction, des barres d'acier (armatures) qui elles, sont résistantes aussi bien en compression qu'en traction. Le matériau résultant de l'association du béton et de l'acier est appelé « béton armé ».

1.6.5.2. Protection des armatures:

Afin d'éviter les problèmes de corrosion des aciers, il convient de les enrober par une épaisseur de béton suffisante. Cette épaisseur, l'enrobage, dépend des conditions d'exposition de l'ouvrage. On adoptera les valeurs suivantes:

- **5cm** : pour les ouvrages exposés à la mer, aux embruns ou aux atmosphères très agressives (industries chimiques),
- **3cm** : pour les parois soumises à des actions agressives ou à des intempéries ou des condensations.
- **1cm** : pour des parois situées dans un local couvert et clos et qui ne seraient pas exposées aux condensations.

I.7. LES UTILISATIONS DE BETON:

Performances et souplesse d'emploi permettent au béton d'être présent dans tous les domaines du bâtiment et du génie civil.

I.7.1. Le béton fait partie de notre cadre de vie :

Il a mérité sa place par ses caractéristiques de résistance, ses propriétés en matière thermique, sa résistance au feu, son isolation phonique, sa durabilité, ainsi que par la diversité qu'il permet dans les formes, les teintes et les textures. Le béton a sa place dans les bâtiments d'habitation (logements, écoles, hôpitaux, etc.) aussi bien que dans les constructions liées à l'activité professionnelle (usines, ateliers, commerces, bureaux) ou dans des réalisations diverses (socio-culturelles, sportives ou de loisir, etc.).

I.7.2. Le béton structure et participe de manière visible à l'architecture:

Le béton n'est plus une « pierre artificielle », mais un matériau adapté aux formes élancées, propres aux ouvrages d'art, au même titre qu'aux exigences des réalisations actuelles des architectes.

I.7.3. Le béton est dans les routes:

Supprimant pratiquement toutes les servitudes inhérentes à l'entretien, le béton routier s'est fait sa place dans tous les types de voiries, de l'autoroute au chemin de vignoble, en passant par les pistes cyclables. Dans les villes, les dalles et les pavés en béton apportent leur esthétique particulière, en harmonie avec le mobilier urbain.

I.8. EXEMPLE D'UTILISATION DE BETON ARME:

I.8.1. Description de l'ouvrage:

Est un échangeur reliant les wilayas de Guelma, Constantine et skikda, Se trouvant à l'entrée de **Guelma** au point de concours de la RN20 et RN80 voir (photo I.4).

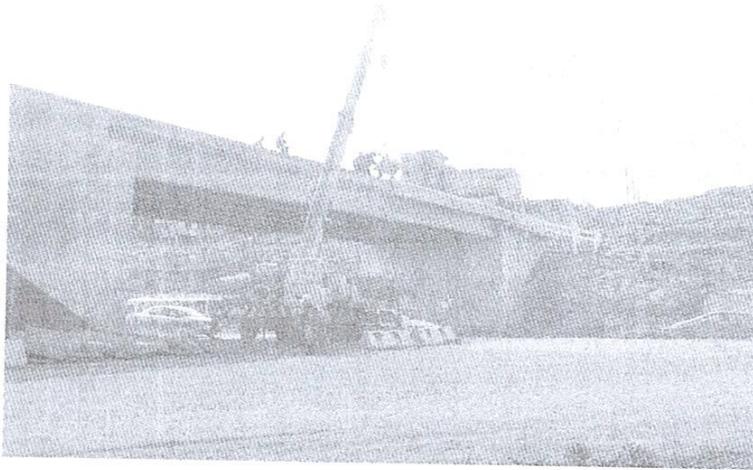


Photo I.4: Echangeur au point de concours de la RN20 et RN80.

1.8.2. Présentation de l'ouvrage:

- ✓ Ouvrage en béton armé à une seule travée appuyé sur deux culées similaires sur des semelles type fondation profonde sur pieux forés et un tablier pose sur des poutres précontraintes avec un gabarit à vide de 5.80m du corps de chaussée.
- ✓ *Les composants de béton sont:*
 - *Les ciments :*
 - CRS: ciment résister ou sil fat.
 - CPA: ciment portland
 - *Les granulats:* les sables et les graviers (multi diamètre).
 - *Les adjuvants:* les accélérateurs de prise pour obtenir une bonne résistance contre les fissurations.
 - *L'eau de gâchage:* il doit être propre.
 - *L'acier Fe E 400:* les diamètre des barres comprise entre (10 et 35) mm.
- Tous ces composants donne un béton R25 dont sa résistance est comprise entre (25 et 30) MPA et son dosage est de l'ordre de 350 Kg/m³.

1.8.3. Les éléments de l'échangeur:

Les éléments préfabriqués sont : les poutres ; les bourdurs ; les dalles transition les dallettes ; les corniches. les photos(I.5, I.6, I.7) présentent la préfabrication d'un élément (poutre), firrillage, coffrage, décoffrage.

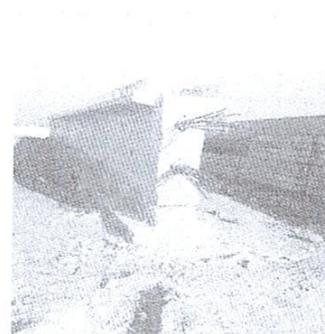
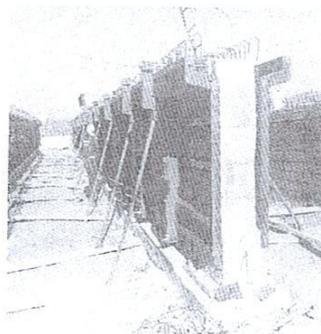
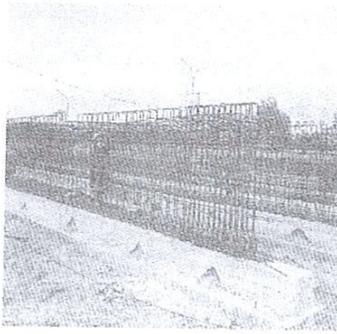


Photo 1.5: ferrailage de poutre. Photo 1.6: coffrage de poutre. Photo 1.7: décoffrage de poutre

✓ **Les fondations:**

- 02 semelles: hauteur = 1,50m ; largeur = 6,00m; longueur = 1,2m
voir (photo 1.8).
- 12 pieux forés (06 par appuis) \varnothing 12mm d'une profondeur de 22m sous les semelles
voir (photo 1.9).

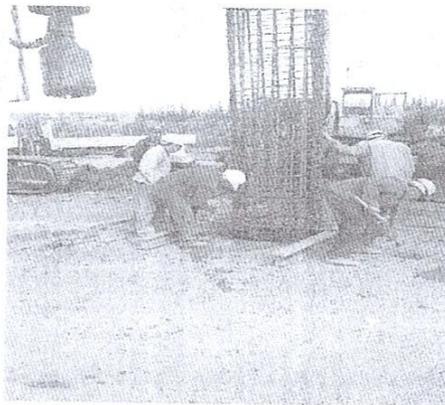


Photo 1.8: Pieux forés.



Photo 1.9: Semelle.

✓ **Culées (02 similaires)** voir les photos ces- dessous:

- 04 murs en retour: hauteur 9,06m; longueur 2,40m; épaisseur 50cm ;
- 02 murs frontaux: hauteur = 7,09m; épaisseur = 1,20m; longueur = 10,20m ;
- 04 murs en ailes (en forme de trapèze) longueur = 6m; épaisseur = 30cm; hauteur
1 = 0,50m; hauteur2 = 1,50m;
- 04 murs cache dais: hauteur = 1,20m; épaisseur = 20cm; largeur = 10,20m ;

- 02 murs garde grève : hauteur = 1,97m; épaisseur = 30cm; largeur = 10, 20m ;
- 02 corbeaux (en forme de trapèze) : longueur = 9,20m; hauteur = 1, 87m ;
hauteur = 30cm : épaisseur = 60cm :
- 14 dais dèss appuis : longueur = 60cm; largeur = 50cm; épaisseur = 10cm :
- 06 plats parasismiques : longueur = 87cm ; largeur = 60cm; épaisseur = 30cm ;
- 06 dalle de transition : longueur = 4,00m; largeur = 2,70m; épaisseur = 30cm.

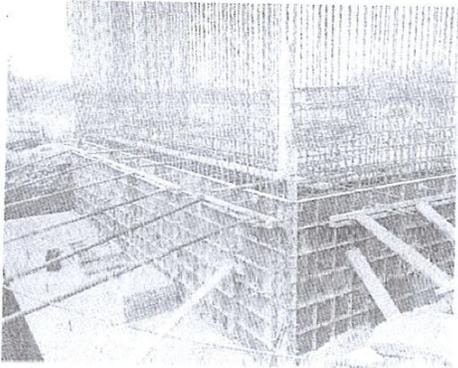


photo 1.10: coffrage et ferraillage des culées.

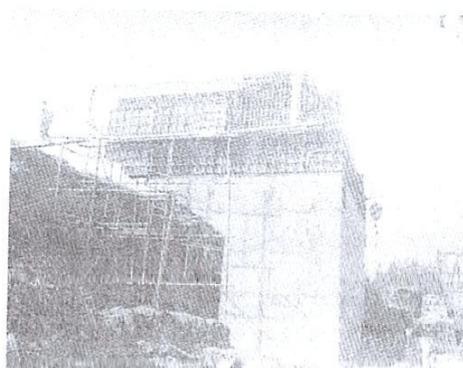


Photo 1.11: réalisation des culées.

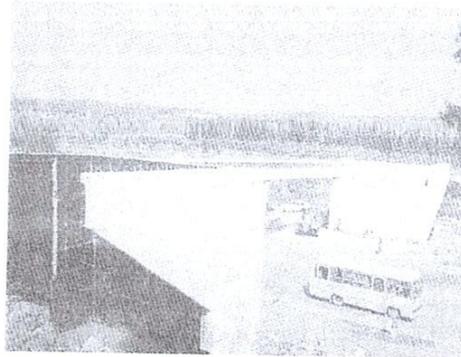


photo 1.12: pose les poutres sur les culées

✓ **Tabliers:** voir les photos ces-dessus.

- 07 hauteur précontraintes (en post _tension) d'une portée de 33.40m.
- Dalle en béton armé : longueur = 33.40 m; largeur = 10.40 m; épaisseur = 30 cm.
- largeur de la chaussée = 8.00 m +(2 * 1.20 m) trottoir.



Photo 1.13: dalle en béton armé.



Photo 1.14: la chaussée.

I.9. CONCLUSION:

Le béton est un matériau de base dans la construction, ses propriétés physiques et mécaniques varient selon le type et l'usage des constructions. Les composants du béton (granulats, adjuvants, ciment...) doivent faire l'objet d'une vérification et d'un contrôle technique permant, pour s'assurer de la performance de ses caractéristiques, lui permettant de résister aux contraintes.

Adhéré à l'acier, le béton permet la réalisation de l'ossature des ouvrages et bâtiment, et devient ainsi le matériaux de construction dominant.

La méthode de fabrication nous permet de s'assurer des propriétés nécessaires selon l'usage et les contraintes.

Chapite II

La brique

II.1. INTRODUCTION:

C'est depuis l'apparition de formes urbaines de vie et de civilisation que l'homme a découvert l'argile comme matériau de base pour la fabrication et l'usage d'outils et de matériaux pour la construction de son abri et d'outils.

La brique comme matériaux de construction utilisée pour l'homme l'antiquité ne cesse d'être le matériau « noble par excellence » permettant au regroupement urbain un remplissage d'espace et de paysage à travers le monde.

Aujourd'hui, et malgré le développement industriel et technologique géant de l'humanité, l'utilisation de matériaux divers et une variété importante de procédés de construction, l'homme ne cesse de découvrir que la brique reste un matériau facile à obtenir, économique, écologique et façonne d'une manière irrésistible nos paysage urbain.

II.2. DEFINITION:

Les briques sont les produits céramiques, dont la matière, premières sont des argiles, avec ou sans additifs. La forme des briques est généralement parallélépipède rectangle. Elles sont couramment utilisées dans la construction des maisons individuelles, des bâtiments, des travaux publics et le revêtement décoratif. Par rapport aux autres matériaux, c'est un des plus anciens matériaux de construction.

II.3. LA BRIQUE COMME MATERIAU DE CONSTRUCTION:

On distingue les briques crues, séchées au soleil, des briques cuites dans des fours (briqueterie), elles résistent à l'humidité et à la chaleur, et peuvent durer plus longtemps que la pierre. Leur couleur varie selon l'argile employée. Elles peuvent être revêtues d'une pâte colorées a fonction décoratives ; certains briques d'argiles réfractaire servant pour le revêtement des conduits de cheminées ou les fours. D'autres types comprennent les briques en verre et les briques textures ou vérifiées. Matériau courant, facile a mettre en œuvre, la brique ordinaire s'emploie pour les murs intérieurs, en parement, on préféré une brique plus impériale et moins gélive pour les murs extérieurs.

II.4. PRINCIPE DE FABRICATION DES BRIQUES:

II.4.1. Méthode moderne:

Les briques sont obtenues par cuisson de certaines argiles à une température de environs 1000 C°. Par combinaison chimique à partir de 700 C°, l'argile en perdant son eau, se transforme en terre cuite. L'oxyde de fer des argiles donne la coloration aux briques. En général la fabrication des briques se compose des cinq opérations principales comme indiquées sur le schéma suivant :

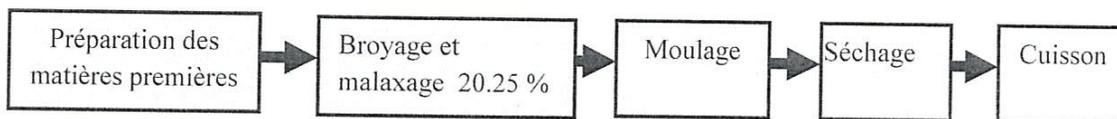


Figure II.1: Schéma de la fabrication des briques.

La fabrication d'une brique passe par les grandes étapes suivantes :

II.4.1.1. Le gisement:

On commence par le gisement (Le champ de terre) Ou l'argile sera transportée par des camions jusqu'aux zones de stockage (photo II.1 et II.2).



Photo II.1: Le gisement.



Photo II.2: Transport de la matière première.

II.4.1.2. La zone de préparation :

C'est la zone où l'argile sera passée par une machine qui s'appelle BRISE-MOTE. A l'aide d'un engin c'est le chargeur et stocke dans des silos 1 et 2. En suite c'est la phase de BROYAGE à marteau à fin d'avoir une argile finie (poudre) Toute cette opération se déroule par des tapis de transmission. Après et à l'aide toujours des tapis cette matière finie arrive au mélangeur pour la mélanger avec un peu d'eau. A l'aide d'un autre tapis, l'argile mouillée passe au silo 3 voir (photo II.3 et II.4).

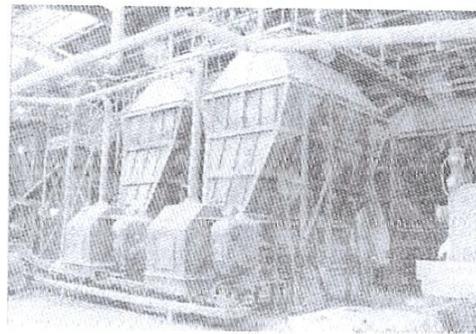


Photo II.3: Stockage la matière sur la BRISE-MOTE. Photo II.4: Stockage la matière dans des silos.

II.4.1.3. La zone de moulage:

Après la zone de préparation on trouve la zone de moulage c'est la zone principale pour le contrôle physique et mécanique de la brique. Cette machine qui s'appelle MOULEUSE se compose d'un bloc mécanique qui est menu d'un axe principale qui fait tourner des hélices à l'aide d'un moteur de grande puissance et à sa tête se trouve la filière (moule) et aussi une chambre à vide voir (photo II.5 et II.6).

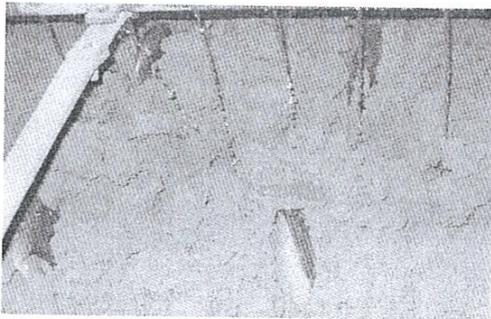


Photo II.5: Cuvette des MOULEUSE.

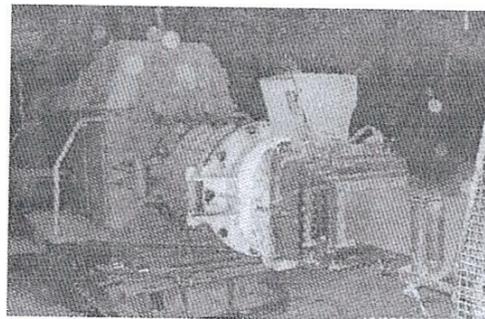


Photo II.6: MOULEUSE.

II.4.1.4. Zone de séchage:

Cette zone qui s'appelle séchoir est très sensible pour la pièce du brique parce que c'est là où se fait le contrôle de la température et de l'humidité, le séchoir de brique comprend 3 canaux et chaque canal possède deux voies et chaque voie a 32 chariots voir (photo II.7 et II.8).

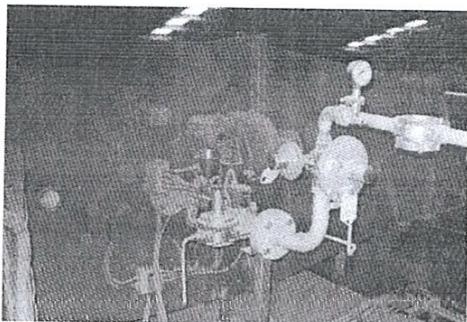


Photo II.7: BRULEUR à gaz.

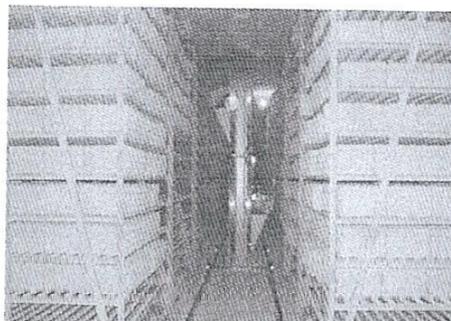


Photo II.8: Zone de séchage.

II.4.1.5. La zone de cuisson:

C'est une zone composée de 3 parties :

- 1- zone de préchauffage
- 2- zone de cuisson
- 3- zone de refroidissement

Pour la zone de préchauffage, la brique commence à s'échauffer à des températures qui augmentent à un rythme constant : 150° C - 340° C - 396° C - 494° C.

Dans la zone de cuisson c'est là où la brique sera complètement cuite dans une température qui atteint la valeur de 900° C, après la zone de cuisson on doit refroidir la brique, et c'est la zone de refroidissement qui a des températures moins élevées

Voir (Photo II.9, II.10, II.11, II.12).



Photo II.9: Zone de la cuisson.

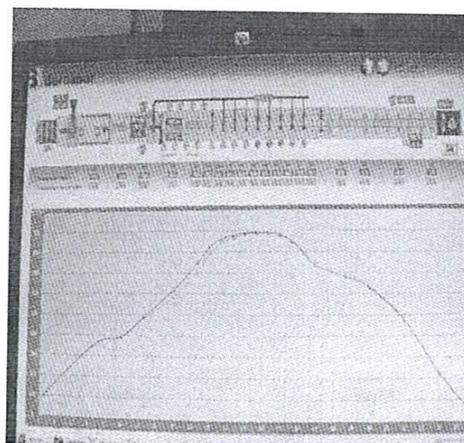


Photo II.10: Courbe de zone de cuisson.

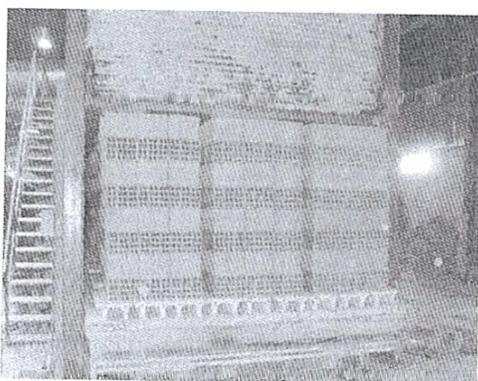


Photo II.11: Brique à la sortie de four.

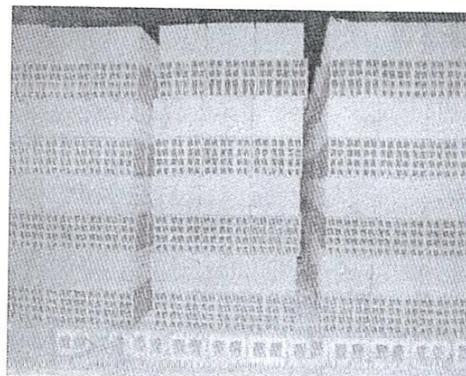


Photo II.12: Brique dans les voies de stockage.

II.5. LA CLASSIFICATION DE BRIQUE:

La brique est un parallélépipède rectangle de terre argileuse crue et séchée au soleil ou par cuisson de terres argileuses au four, utilise comme matériau de construction, l'argile est souvent mêlée, deux types de produit sont fabriqués : les briques plaines ou perforées et les briques creuses.

Pour ces dernières, il faut distinguer les blocs à perforations verticales et les briques creuses à alvéoles horizontales. Un nombre élevé d'améliorer l'isolation thermique. D'autre part, indépendamment de la résistance mécanique des éléments, les produits de terre cuite doivent présenter une bonne résistance au gel, en particulier lorsqu'ils sont utilisés à l'extérieur.

II.5.1. Classification selon la forme géométrique:

II.5.1.1. Les briques plaines ou perforées:

Sauf fabrications spéciales, les briques pleines ou perforées sont des parallélépipèdes rectangles obtenus par pression ou par filtrage, ce dernier procédé garantit une meilleure qualité des produits voir (figure II.2).

Les briques sont humidifiées et posées à bain de mortier de telle manière qu'il reflue sur les côtés, puis mises en place avec une pression uniforme afin que l'épaisseur du joint soit de l'ordre de 8 à 20mm.

Dans cette catégorie de produits, on distingue les trois sous-familles suivantes :

- Les briques destinées à rester apparentes (briques de façade).
- Les briques destinées à être enduites.
- Les briques pour conduits de fumée.

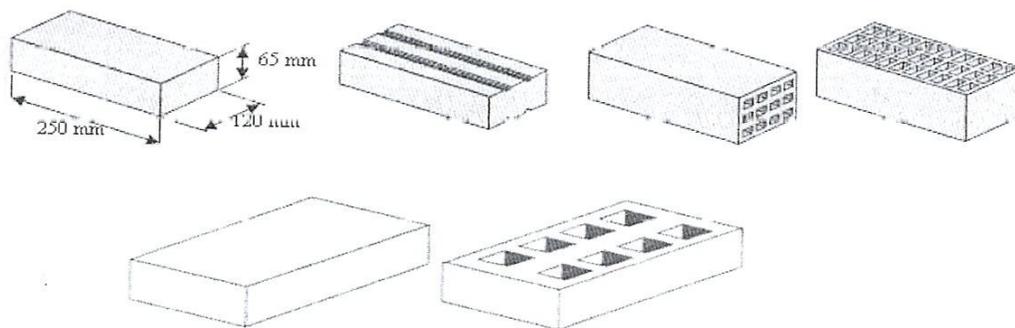


Figure II.2: Briques pleines et perforées.

II.5.1.2. Les blocs perforés à perforations verticales:

Les blocs perforés correspondent à l'épaisseur de la paroi à bâtir et comportent des perforations perpendiculaires à la face de pose. La somme des sections des trous est inférieure ou égal à 60% de la section totale. En général, ces blocs sont destinés à être enduits. Toutefois, certains présentent une face qui peut rester apparente. Selon leurs caractéristiques thermiques, il existe deux sortes de produits : les blocs normaux et les blocs de type « G » voir (figure II.3).

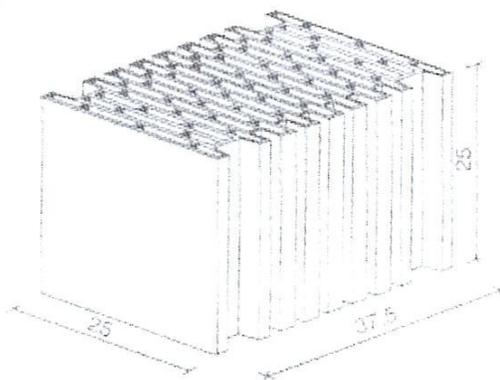


Figure II.3: Blocs perforés.

Pour favoriser la résistance thermique utile R_U , ces derniers ont un nombre élevé d'alvéoles longues et étroites (de 12 à 20 alvéoles suivant l'épaisseur). Les attaches sont disposées en quinconce afin d'allonger le trajet du flux thermique. Les blocs sont posés sur un lit de mortier dont l'épaisseur est de 15mm environ, avec interposition d'une bande d'isolant en partie centrale pour améliorer l'isolation thermique de la paroi. Les maçonneries porteuses sont montées avec un mortier de ciment dosé à 400kg de ciment par mètre cube de sable sec. Pour les travaux courants, il est conseillé d'utiliser un mortier bâtard à base de chaux et de ciment, semblable à celui utilisé pour les briques pleines. Lorsque les maçonneries doivent rester apparentes, des précautions sont prises, comme pour les parois en briques pleines voir (figure II.4).

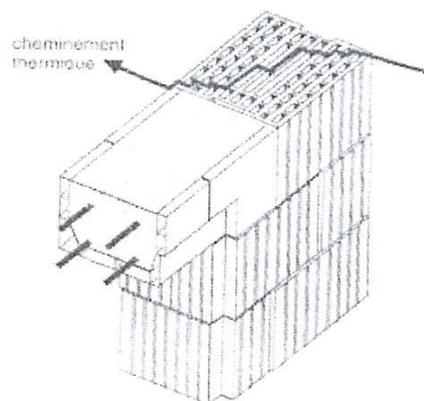


Figure II.4: Linteau en blocs perforés.

Des blocs monolithes d'étage permettent une mise en œuvre rapide voir (figure II.5).

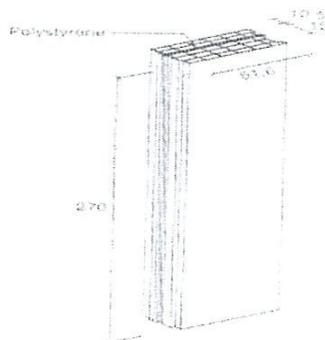


Figure II.5: Bloc de terre cuite monolithe.

Ils ont une section de 60*30 cm et sont composés comme suit :

- Sur la face intérieure, un élément porteur en terre cuite de 15cm d'épaisseur à 3 rangés d'alvéoles ;
- En partie centrale, un isolant thermique en polystyrène de 5cm d'épaisseur ;
- Sur la face extérieure, un élément en terre cuite de 10cm d'épaisseur à 2 rangées d'alvéole. Chaque paroi de brique est collée sur l'isolant, assurant la cohésion du panneau sandwich.

II.5.1.3. Les briques creuses à perforations horizontales :

Les éléments comportent des alvéoles parallèles au plan de pose, dont la somme des sections est supérieure à 40% de la section totale. Plusieurs produits sont disponibles voir (figure II.6).

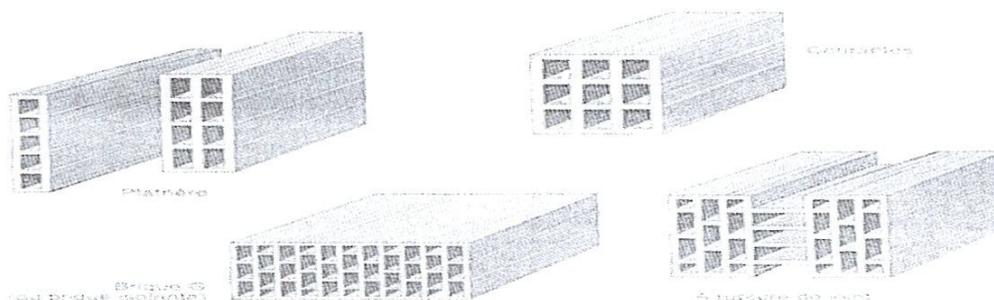


Figure II.6: Différents types de briques creuses.

- **On distingue différents types des briques creuses d'après la forme :**
 - a. **Les briques plates:** D'épaisseur de 3,5 à 7,5 cm, elles sont utilisées pour bâtir des cloisons de distribution ou de doublage et de distribution. Leur nom vient de ce qu'elles sont généralement montées au plâtre.
 - b. **Les briques de moyens et de grands formats :** Sont utilisées pour bâtir des parois porteuses ou non, des parois de remplissage, dont l'épaisseur est conditionnée par des caractéristiques de résistance mécanique.

Comme les produits précédents, elles ne doivent pas présenter de défauts systématiques tels que fissure, cassure, épaufrure, déformation ou cloquage.

Les briques sont humidifiées, surtout en période de forte chaleur, puis posées, à joints décalés, sur un lit de mortier dont l'épaisseur est de 10 à 15 mm.

Le débord de la première assise ne doit pas excéder 2,5 cm sur l'ouvrage support, une seule paroi étant en porte-à-faux voir (figure II.7).

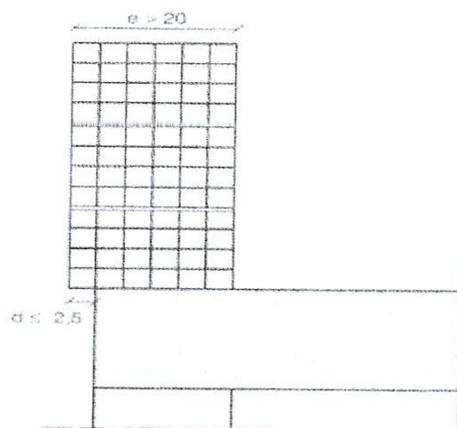


Figure II.7: Débord du mur en brique sur l'appui.

Les maçonneries porteuses sont hourdées au mortier de ciment dosé à 400Kg de ciment par mètre cube de sable sec. Les travaux courants sont réalisés avec un mortier bâtard fait de chaux et de ciment, semblable aux cas précédents.

Les maçonneries destinées à rester apparents demandent les mêmes précautions que les parois en briques pleines.

L'utilisation de pièces spéciales pour les tableaux de baies, les angles de murs et les linteaux assure une meilleure mise en œuvre.

c. **Les briques à rupture de joints :** (briques RJ) sont des briques qui, utilisées en parois extérieures, améliorent la thermique.

La mise en œuvre est similaire à celle des briques de grands formats, les joints horizontaux et verticaux étant interrompus au droit de la partie centrale de la brique voir (figure II.8).

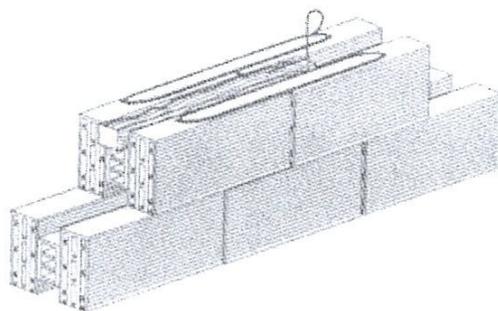


Figure II.8: Mur en briques à rupture de joints.

d. **Les briques « G » :** Sont caractéristiques par le nombre élevé des alvéoles (7 à 15 dans le sens du flux) et leurs parois minces (6 à 8mm). Elles présentent une bonne résistance thermique utile R_U . Deux séries de formats sont fabriquées suivant qu'elles sont utilisées en murs simples ou en murs avec doublage voir (figure II.9).

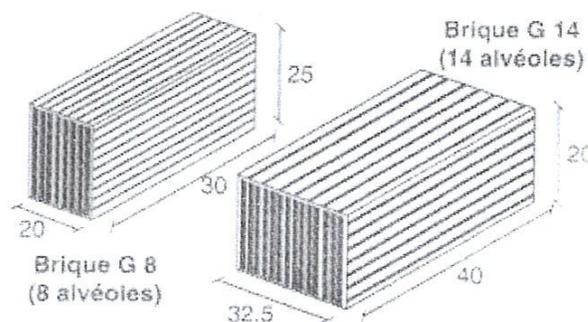


Figure II.9: Briques « G ».

Elles respectent les mêmes règles de mise en œuvre que les briques de grand format. Toutefois, compte tenu de leurs performances thermiques, il est indispensable d'utiliser des accessoires qui limitent les ponts thermiques tels que briques de tableaux de baies, d'angles, d'about de planchers ou de linteaux, bâtir.

Le constituant principal peut être des granulats ordinaires ou des granulats légers pouzzolane, argile expansée...etc. Qui améliorent la résistance thermique utile R_U , mais qui présentent une résistance mécanique moindre.

• *On distingue différents types de briques creuses d'après la résistance :*

a. **Brique ordinaires :** Les briques ordinaires sont celles pour lesquelles la catégorie de résistance à l'écrasement n'est pas garantie, mais elles doivent néanmoins présenter une résistance au moins égal à 2,8 MPa (28 bars) en moyenne et à 2,3MPa (23bars) au minimum.

Ces produits permettent en général la réalisation de pavillons à un ou deux niveaux.

b. **Briques à résistance garantie :** Il s'agit de produits pour lesquels le fabricant garantit une catégorie de résistance donnée.

II.5.2. Classification selon les types de terre:

- La brique de terre crue, qui peut aussi contenir de fibres (pailles, lin, crin...);
 - La brique de terre compressée ;
 - La brique cuite pleine, matériau traditionnel très ancien ;
 - La brique cuite creuse, inventée au XIX siècle, plus légère et isolante, le plus utilisée ;
 - La brique de chanvre, ayant de très bonnes propriétés d'isolation thermique ;
 - La brique non gélive ;
 - La brique réfractaire pour la construction des fours chaudières, foyers, cheminées,
- Et pour la décoration voir (photo II.13et II.14).

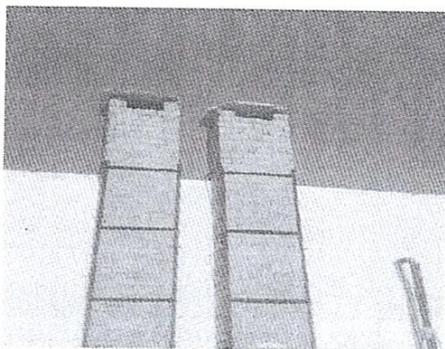


Photo II.13: La construction des cheminées. Photo II.14: La décoration (âge, mob, G).

II.5.3. Classification selon l'usage:

La brique est un matériau de terre cuite utilisé comme élément de construction pour maçonnerie, Les Prescriptions pour les éléments de maçonnerie opère une distinction entre :

- ✓ *Les produits de faible masse volumique (LD)* : les briques utilisées pour toute utilisation en maçonnerie protégée dont le poids volumique sec est inférieur ou égal à 1000 kg/m^3 .
- ✓ *Les produits de masse volumique élevée (IID)* : les briques utilisées pour toute utilisation en maçonnerie non protégée ou les briques dont le poids volumique sec est supérieur à 1000 kg/m^3 .

II.6. LES CARACTERISTIQUES DE BRIQUE:

II.6.1. Caractéristiques physiques des briques :

A/ Caractéristiques physiques:

II.6.1.1. Le verre :

Composition : le verre silicosodo-calcique utilisé est obtenu par fusion vers 1550°C d'un mélange de silice (corps vitrifiant), de soude (le fondant) et de chaux (le stabilisant), etc.

II.6.1.2. Les briques de verres isolants:

Réalisées par soudure à chaud à plus de 800°C de deux demi briques creuses obtenues par pressage vers 1050°C d'une goutte de verre. Ces briques, recuites à 560°C pour éliminer les tensions internes, contiennent un air raréfié.

a. **Facteur de transmission lumineuse:** voir (tableau II.1).

Verre incolore :	brique 198 (19 x 19 x 8cm)	81%
	brique 1910 (19x19x10cm)	80%
	brique 248 (24 x 24 x 8cm)	85%
	brique 2411 (24 x 11,5 x 8cm)	77%
	brique 2410 (24 x 24 x 10cm)	84%
	brique 3010 (30x30x 10cm)	60%
Verre teinté :	en moyenne	60%

Tableau II.1: facteur de transmission lumineuse.

d. Résistance au feu: voir (tableau II.4).

brique 198	(19 x 19 x 8 cm)	coupe/feu 1/4 h - pare/flamme 1 h
brique 1910	(19 x 19 x 10 cm)	coupe/feu 1/4 h - pare/flamme 1 h 1/2
brique 248	(24 x 24 x 8 cm)	coupe/feu 1/4 h
brique 2411	(24 x 11 ,5 x 8 cm)	coupe/feu 1/4 h
brique 2410	(24 x 24 x 10 cm)	coupe/feu 1/4 h - pare/flamme 1 h 1/2
brique 3010	(30 x 30 x 10 cm)	coupe/feu 1/4 h - pare/flamme 1 h 1/2

Tableau II.4: la résistance au feu.

<i>température de fusion 8 (°c)</i>		
argile primaire (faïence)	argile secondaire (grés)	argile réfractaire
1000	1250	1600 à 1750

e. Température de fusion: voir (tableau II.5).

Tableau II.5: Caractéristiques physiques température de fusion de brique.

II.6.1.3. Dimensions:

✓ **Briques pleines et briques perforées :** La brique pleine est celles qui ne présentent pas de perforation ou celles dans lesquelles les perforations représentent moins de 20% du volume de celles-ci. Pour les briques perforées, le pourcentage de perforations est compris entre 15 et 40% du volume voir (tableau II.6, II.7, II.8, II.9).

Type	Longueur (cm)	largeur. (cm)	hauteur (cm)	Poids (Kg)	Quantité (m ²)
Briques pleines	220	105	54	2.4	63
	215	100	50	1.8	71
	215	100	55	2.1	64
	210	100	50	1.5	74
	220	105	55	2.6	66
	220	103	66	2.4	57
	220	110	50	1.9	72
Briques perforées	220	105	54	1.8	63
	200	105	65	2.2	54
	220	105	50	1.4	72
	227	105	65	1.8	45
Blocs perforées	220	220	65	3.8	54
	270	200	65	4.5	45
Mulots pleins	220	54	54	1.2	63
Mulots perforées	220	54	54	1	63
	220	50	50	0.9	72

Tableau II.6: Briques pleines et briques perforée caractéristique dimensionnelle.

<i>type</i>	<i>E</i>	<i>H</i>	<i>L</i>
	8	20	40
	8	25	40
	10	20	40
<i>Brique creuse</i>	10	25	40
<i>moyen et grand</i>	11	20	40
<i>format</i>	15	20	40
	20	20	40
	25	20	40
	30	20	40

E dimension dans le sens de l'épaisseur de la maçonnerie
H : dimension dans le sens de la hauteur de la maçonnerie
L : dimension dans le sens parallèle à la maçonnerie

Tableau II.7: Brique G -caractéristique dimensionnelle.

<i>type</i>	<i>E</i>	<i>H</i>	<i>L</i>
<i>Brique à</i>	20	15	40
<i>rupture de</i>	22.5	15	40
<i>joints</i>	22.5	20	40
	25	15	40
	25	20	40
	27.5	15	40
	27.5	20	40

E dimension dans le sens de l'épaisseur de la maçonnerie
H : dimension dans le sens de la hauteur de la maçonnerie
L : dimension dans le sens parallèle à la maçonnerie

Tableau II.8: Brique à rupture de joints caractéristique dimensionnelle.

admissibles sont différents selon qu'il s'agit de briques destinées à être enduites ou de briques qui resteront apparentes. Pour ces dernières, lorsque la couleur du tesson, différente de celle des faces qui resteront apparentes, les rend plus visibles, aucun cratère n'est admis sur les faces apparentes des briques.

- **Efflorescence:** L'essai, qui ne concerne que les briques apparentes, ne doit pas laisser apparaître d'efflorescences ne disparaissant pas sous l'action de l'eau.
- **Tolérance dimensionnelle:** Pour les briques pleines ou perforées (dimensions courantes 6x11x22), les tolérances admissibles sont précisées dans le tableau suivant (tableau II.10).

Type de brique	Tolérances applicables			Ecart admissible entre		
	dimensions			produits	d'une	même
	Longueur	Largeur	Haut	Longueur	Largeur	Hauteur
Briques apparentes calibrées	±3 %	±3%	±3m m	3%	3%	3mm
Briques apparentes spéciales	Pas d'exigence		±4m m	Pas d'exigence		5mm

T tableau II.10: Tolérance admissibles pour les briques pleines et perforées.

a. Brique apparente calibrée : Il s'agit des briques à caractéristiques géométriques régulières et qui sont donc soumises à des tolérances dimensionnelles.

b. Briques apparentes spéciales : À l'inverse des précédentes, les caractéristiques géométriques de ces briques, fabriquées pour des raisons esthétiques de façon « irrégulière », ne sont pas soumises à des tolérances dimensionnelles, sauf pour leur hauteur. Les tolérances dimensionnelles figurent dans le tableau suivant:

Voir (Tableau II.11).

<i>Tolérances applicables</i>			<i>Ecart admissible entre produits d'une même fourniture</i>		
Longueur	Largeur	Hauteur	Longueur	Largeur	Hauteur
L±3% (10mm maxi)	L±3% (10mm maxi)	h±3%	12,5mm	10mm	3mm

Tableau II.11: Tolérance admissible pour les blocs apparents.

II.6.2. Caractéristiques mécaniques :

En fonction de leur résistance à l'écrasement, les briques se répartissent à travers quatre catégories. Sauf pour les briques ordinaires, les valeurs de résistance qui figurent dans les tableaux (Tableau II.12, II.13, II.14) suivants sont toujours précisées sur chaque palette de produits.

<i>Types</i>	<i>Désignation</i>	<i>Résistance à l'écrasement en section brute (en MP a)</i>	
		Moyenne	Minimum
<i>Briques pleines ou perfores</i>	1 Briques ordinaires	12.5	10
	BP 200	20	16
	BP 300	30	24
	BP 400	40	32
<i>Blocs perforés</i>	Pas de catégorie	10	8
	BP 150	15	12
	BP 200	20	16
	BP 300	30	24
	BP 400	40	32

Tableau II.12: Valeur de résistance à l'écrasement.

<i>Contrainte à la traction</i>			<i>Module d'élasticité</i>		
\square (MP a)			E (MP a)		
Catégorie	Catégorie	Catégorie	Catégorie	Catégorie	Catégorie
A	B	C	1	2	3
4 à 10	10 à 18	> 18	7000 à 1800	1800 à 2900	2900 à 4000

Tableau II.13: Valeur de résistance à traction et module d'élasticité

<i>Contrainte de compression</i>	<i>Module d'élasticité longitudinal</i>	<i>Contrainte de flexion</i>
\square (MP a)	E (MP a)	\square (MP a)
12.5 à 80	15000 à 25000	8 à 25

Tableau II.14. Valeur de résistance à la compression, flexion et module d'élasticité longitudinale

- **Dilatation conventionnelle à l'humidité:** Pour l'ensemble de ces briques, la dilatation à l'humidité par essai accéléré ne doit pas dépasser 1,6 mm/m à l'autoclave et 0,6 mm/m en moyenne et 0,8 mm/m au maximum à l'eau bouillante.
- **Absorption d'eau:** Le coefficient d'absorption d'eau (par ascension capillaire) fournit une indication sur la propension du produit à absorber l'eau des mortiers de pose. Ce coefficient –différent de l'indice de porosité de l'ancienne norme- ne constitue pas un indice représentatif du comportement de la paroi par rapport à la pénétration de l'eau de pluie. Il ne doit pas dépasser les valeurs ci-dessous :
 - Brique perforées : 30 ;
 - Briques pleines (filées à la mouilleuse horizontale) :40 ;
 - Briques pleines (pressées) :60 ;
 - Briques pleines (filées à la mouilleuse verticale) :80.

- **Impact environnement:** La brique est un produit chimiquement « inerte » sur lequel même une atmosphère très agressive n'a que pas ou peu de prise.
- **Energie :** L'énergie non renouvelable est constituée à 56% par du gaz naturel, combustible fossile le moins polluant. Des matières premières secondaires énergétiques sont incorporées dans la brique apparente pour limiter la consommation de matière première naturelle (argile) et d'énergie.
- **Résistance au gel :** Les briques, après imbibition dans l'eau, doivent, sans dégradation, sans perte de poids et sans chute de résistance, résister à 25 cycles de gel et dégel voir (tableau II.15, II.16, II.17).

Type		Catégorie	Résistance moyenne (MP a)	Résistance minimale (MP a)
Briques creuses	Ordinaire	Pas de catégorie	2.8	2.3
	à résistance garantie	C 40	4	3.2
		C 60	6	4.8
		C80	8	6.4

Tableau II.15: Briques creuses de moyens et grands formats, caractéristiques mécaniques.

Type		Catégorie	Résistance moyenne (MP a)	Résistance minimale (MP a)
Briques creuses	Ordinaire	Pas de catégorie	2.8	2.3
	à résistance garantie	RJ 40	4	3.2
		RJ 60	6	4.8
		RJ 80	8	6.4

Tableau II.16: Brique à rupture de joints caractéristiques mécaniques.

Type	Catégorie	Résistance moyenne (MP a)	Résistance minimale (MP a)
Briques	Ordinaire	Pas de catégorie	2.3
G	à	C 40	4
	résistance	C 60	6
	garantie	C 80	8

Tableau II.17: Brique G à grand nombre d'alvéoles caractéristiques mécaniques.

- **Consommation d'eau :** La consommation d'eau provient essentiellement des étapes amont de la production des briques apparentes. La consommation d'eau sur le site ne représente que 2% de la consommation totale. La mise en œuvre ne consomme, elle, que 10% de la consommation totale.
- **Changement climatique :** Ces sont les émissions de CO₂ dues à la combustion des briques apparentes qui, à hauteur de 97%, contribuent à cet impact.
- **Acidification atmosphérique :** Les émissions de SO_x, dues à la présence de pyrite lors de la combustion des briques, contribuent à hauteur de 58% à cet impact, les émissions de NO_x, à hauteur de 40%.
- **Pollution de l'air:** Les émissions de CO₂ proviennent des transports internes au site de production. Elles représentent 50% de cet impact dont 12% correspondent aux émissions de poussières liées au transport des briques apparentes vers les chantiers.
- **Pollution d'eau:** Les émissions chlorées, liées à la production de gaz naturel, constituent 99% de cet impact.
- **Destruction de la couche d'ozone stratosphérique:** Aucune incidence particulière n'est à noter.
- **Formation d'ozone photochimique:** La contribution à la formation d'ozone photochimique est négligeable.

II.6.3. Autres propriétés : voir (tableau II.18, II.19).

Humidité en œuvre r%	Porosité Pt%	Dilatation potentielle à humidité		
		α (mm/m)		
		Catégorie A	Catégorie B	Catégorie C
0.5	18à26	0.8	1.2	1.6

Tableau II.18: Autres propriétés.

Perméabilité à la vapeur d'eau	
Matériaux	π (g/m.h.mmHg)
Briques creuses	1000.10^{-5} à 2000.10^{-5}
Paroi de brique creuses de 0,22m	500.10^{-5}
Paroi de briques pleines de 0.20m	900.10^{-5}
Paroi de blocs creux de béton de 0.20m	650.10^{-5}

Tableau II.19: Perméabilité à la vapeur des briques.

II.7. MISE EN ŒUVRE:

II.7.1. Pose traditionnel:

1- Réalisation du 1er rang réalisez un premier lit de mortier sur le sol en formant un cône. Posez les briques sur le lit de mortier et réglez le niveau à l'aide d'un maillet. Les joints verticaux doivent être garnis.

2- Pose des rangs suivants déposez un lit de mortier sur le premier rang de briques et posez le rang suivant en prenant soin de décaler les joints d'une demi-brique par rapport au premier rang. A l'aide d'un maillet ou du manche de la truelle, tassez les briques pour assurer le contact parfait avec le mortier. Le joint horizontal obtenu ne doit pas être inférieur à 8 mm. Vérifiez régulièrement l'aplomb de votre montage.

3-Nettoyage retirez avec une éponge les souillures provoquées par la projection accidentelle des mortiers de hourdage ou de jointement à l'eau claire au fur et à mesure du montage. Protégez la maçonnerie fraîche des intempéries jusqu'à la prise complète du mortier voir (figure II.10).

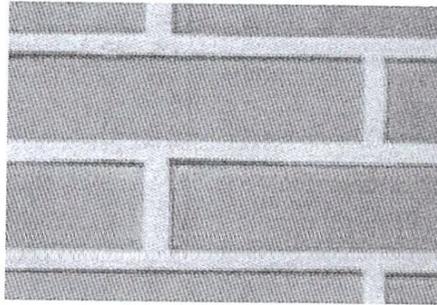


Figure II.10 : Pose traditionnelle.

II.7.2. Pose a joints minces:

1-Mélangez le mortier colle (15 à 20kg de mortier sec par m²) sur le rang de briques inférieur de manière à obtenir un mortier colle de 12 à 15 mm de diamètre.

2-Réalisez 2 cordons parallèles sur le premier rang de briques en veillant à ce que le cordon extérieur soit en retrait d'environ 3 cm du bord. Les joints verticaux peuvent ne pas être garnis.

3-Posez les briques en prenant soin de décaler les joints d'une demi-brique par rapport au premier rang. Pour faciliter la pose, une cordelette nylon d'un diamètre correspondant à l'épaisseur du joint est positionnée côté parement voir (figure II.11).

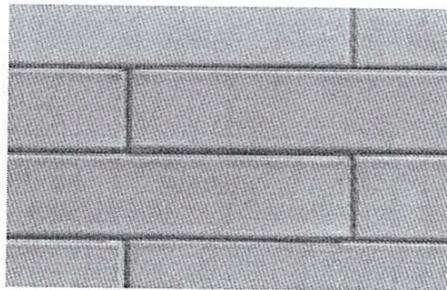


Figure II.11: Pose à joints minces.

II.7.3. Maçonnerie roulée:

II.7.3.1. Définition de maçonnerie roulée:

La technique de la maçonnerie dite "roulée" ou "à joint mince" constitue à elle seule une petite révolution dans la profession du bâtiment. Au point que la plupart des matériaux (bloc béton, béton cellulaire, etc.) se sont adaptés à cette nouvelle façon de maçonner.

Le mortier est déposé en épaisseur de 3 mm sur le champ des alvéoles par une sorte de rouleau associé à un réservoir rempli de mortier. Le produit est livré en sac avec les briques. Il suffit d'y ajouter la quantité d'eau indiquée et de gâcher le tout avec une hélice. Le poids de la brique sur le joint ainsi déposé suffit à le ramener par compression à 1 cm d'épaisseur.

La réussite de cette technique est conditionnée :

- d'une part, par la parfaite planéité de l'arase de départ, réalisée en mortier classique et contrôlée rigoureusement (niveaux, platines métalliques et grande règle de chantier);
- d'autre part, par la parfaite planéité des briques dont les tolérances sont ramenées (en usine) à + ou - 0,5mm. Une fois le premier rang parfaitement posé, la suite ne demande qu'attention et contrôles.

II.7.3.2. Avantages de la maçonnerie dite "à joint mince":

Ce type de maçonnerie est une grande source d'économies :

La réalisation d'un joint mince (1mm) permet de réduire la consommation de mortier de + de 90 % par rapport à la réalisation d'une maçonnerie en joints traditionnel.

Économies directement perceptibles puisque le mortier livré en sacs avec les briques est également compris dans leur prix. Donc, plus de camions de sable ou de ciment à intervenir sur le chantier et surtout grosse réduction des quantités d'eau nécessaires pour le gâchage et le nettoyage.

Un autre avantage important découle de la maçonnerie à joint mince c'est le gain de temps réalisé par ce type de maçonnerie.

La précision d'application du joint au rouleau évite les reprises et récupérations de mortier.

Le parfait calibrage des briques contribue à la simplicité de la pose donc à une rapidité d'exécution que ne pouvait autoriser la pose classique à joint épais. L'économie de matière évite le renouvellement des préparations et l'aller-retour de brouettes à la bétonnière du chantier. En effet, il faut seulement 10 l de mortier spécial pour maçonner à joint mince, 6m² de briques de 20cm. Ainsi, seulement 170kg de mortier spécial joint mince sont utilisés pour 20 tonnes de briques au lieu des 15 tonnes de mortier ordinaire pour joint épais nécessaires pour 26 tonnes d'aggloméré ciment pour un chantier identique, soit une économie de manutention de près de 15 tonnes.

La maçonnerie à joint mince offre une meilleure résistance que celle à joint épais. Des tests de laboratoires la chiffrent à 50 % supérieure.

Les joints verticaux à emboîtement, alliés à la finesse des joints horizontaux de la maçonnerie roulée suppriment les pertes thermiques des joints épais de la maçonnerie traditionnelle et participent à la performance des briques alvéolées en améliorant sensiblement le coefficient thermique "U" du mur fini.

Enfin ce type de maçonnerie permet de garder facilement un chantier propre, les quantités d'agréats et de déchets de matériaux se trouvant très réduits.

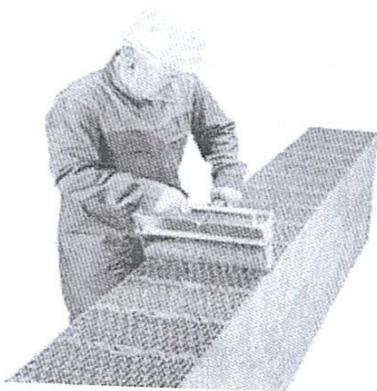


Figure II.12: La maçonnerie à joint mince



Figure II.13: Préparation des mortiers.

III.1. INTRODUCTION:

Dans un objectif de prospection, et pour une finalité de connaissance approfondie et détaillée de la production des carreaux de granito, au niveau de la wilaya de Guelma, nous avons essayés de se rapprocher de l'unité de production de carreau granito située dans la commune de *BOUMAHRA AHMED* wilaya de Guelma -unité de production des carreaux de granite « *CHEMMEKH ABDELAZIZ* »-.

L'objectif de notre étude de cas est de s'informer sur les variétés de carreau granito écoulés sur le marché de la construction, comme un matériau de revêtement utilisé largement dans le bâtiment à Guelma.

La connaissance, des moyens et des sources de la matière premier pour la fabrication de ce matériau, nous permettra, aussi, de s'informer sur sa disponibilité, son coût et son influence sur le domaine de construction comme matériau très demandé dans le bâtiment, et à la portée de tous, (coût, forme, esthétique).

III.2. DIFENITION DE GRANITE:

Le granit est un matériau de construction utilisé pour les revêtements des sols dans les constructions, fabriqué à partir des matières premières (les grains à différents couleurs, les adjuvants, ciment blanc).

III.3. DOMAINE D'UTILISATION:

Il est utilisé pour les revêtements des sols dans les constructions telles que (bâtiments à usage d'habitation, bâtiments administratifs, revêtement de trottoirs et de passage piéton...etc.).

III.4. CARACTERISTIQUES PHYSICO-MECANIQUES DE GRANITE:

Le granite est un élément important dans la construction grâce à sa caractéristique : physique, mécanique, chimique... et sa vision.

✓ *Les propriétés des carreaux granitos:*

Les propriétés physiques et mécaniques des granits sont mesurées par des essais en laboratoire. La signification que nous en donnons ci-dessous peut vous être utile

pour la compréhension des caractéristiques des granits qui sont indiquées à la rubrique.

- **La masse volumique apparente:**

Elle donne une indication sur le degré de compacité d'un carreau granito et permet d'évaluer sa masse pour un volume connu.

La masse volumique varie de $1\,500\text{ kg/m}^3$ pour les carreaux les plus tendres à $2\,900\text{ kg/m}^3$ pour certains granits.

- **La porosité:**

Cette caractéristique est insuffisante pour déterminer la résistance au gel d'un carreau granito.

La porosité varie de (1,67 à 2%) pour certains granits .

- **Le coefficient d'absorption d'eau par capillarité:**

Cet essai permet de choisir en fonction de l'emploi, la capillarité est adaptée à la destination de l'élément dans l'ouvrage.

Le coefficient d'absorption d'eau par capillarité varie de (1,3) pour les carreaux granitos les plus tendres à (3) pour les carreaux les plus dures.

- **La vitesse de propagation du son:**

La vitesse de propagation du son est fonction des propriétés élastiques du matériau et de son état comme la porosité, le taux d'humidité, les microfissures.

La vitesse de propagation du son varie de $1\,500\text{ m/s}$ pour un granite très tendre à $6\,000\text{ m/s}$ pour les granitos marbrières.

- **La résistance à l'usure:**

Cette mesure permet d'évaluer la résistance d'un carreau granito à l'usure par abrasion en revêtement de sol et à déterminer son usage selon l'intensité du trafic piétonnier (individuel, collectif modéré, collectif intense ou voirie).

la résistance à l'usure est de $0,953\text{ g/cm}^2$.

- **La résistance en compression:**

Cette mesure permet de choisir, en fonction des sollicitations auxquelles le matériau sera soumis dans l'ouvrage et du coefficient de sécurité correspondant, le carreau granito ayant la résistance suffisante.

La résistance en compression varie de 5 MP a pour les carreaux les plus tendres à 62,7MP a pour les carreaux les plus dures.

- **La résistance en traction par flexion:**

Cet essai permet de choisir, en fonction des sollicitations de traction demandées pour l'ouvrage et du coefficient de sécurité correspondant, le carreau granito ayant la résistance de traction suffisante.

La résistance de flexion varie de 0,5 MP a pour les carreaux les plus tendres à 30 MP a pour les carreaux les plus dures.

- **La charge de rupture à la compression après gélivité:**

C'est un essai de vieillissement accéléré qui permet d'estimer la durabilité du granit vis à vis du gel, et la charge varie de 985Kg/cm².

- **La résistance aux chocs:**

Un carreau granito pour un revêtement de sol doit avoir une résistance au choc supérieure à 3,2MP a.

- **La compacité :** la compacité de certain carreau granito est de 98,37%.

III.5. ETUDE DE CAS:

III.5.1. Situation de l'unité:

L'unité de production de granite *CHEMMAKH ABDELAZIZ* est située au sein de la commune de *BOUMAHRA AHMED* wilaya de *GUELMA*.

III.5.2. Description de l'unité:

- ✓ L'unité a été inaugurée en 1984 année de début de production du granite avec plusieurs caractères : à partir de choix de client ;
- ✓ Cette unité n'utilise pas la publicité ;
- ✓ La surface de cette unité est : 2 hectares, et elle divisé à 3 parties :
 - partie pour l'administration;
 - partie pour la production de qualité monocouche;
 - partie pour la production de qualité bicouche;

- ✓ L'unité emploie 48 travailleurs, répartis en ingénieurs (électricité informatique, comptabilité..) et ouvriers, chargés de la pose de granite dans les camions ;
- ✓ Le transport de la matière première de granulats se fait à l'aide des grands camions (semi remorque) ;
- ✓ le processus de fabrication est semi-automatique ;
- ✓ La production du granite couvre jusqu'à 80% de la commande locale de la wilaya ;
- La production de granite au niveau de cette unité dans quelques années est regroupée dans le tableau suivant: voir (tableau III.1).

années	1984	1994	2004	2011
production	400m ² / semaine	900m ² / semaine	1200 m ² / jour	2000m ² / jour

Tableau II.1: La production de granite en quelques années.

- La production est en évolution ainsi que la qualité ;
- En 1984 les dimensions des carreaux de granite est (20*20) cm² et en 2011 la surface d'un seul carreau est (30*30 ou 40*40) cm² ;
- écoulement de la production : Au départ, durant les premières années de sa création, l'unité écoulait le produit vers les wilayas: Skikda, Tébessa,... ; actuellement la production s'écoule vers le marché local de Constantine, Annaba.

III.5.3. Le processus de fabrication:

- ✓ La fabrication des carreaux granitos s'effectue selon les étapes suivantes :
 - a- La préparation de la matière première (les grains) ;
 - b- Le bétonnage ;
 - c- Le moulage ;
 - d- Le traitement des carreaux granitos ;
 - e- Le séchage ;
 - f- Emballage et stockage de produit finale.

III.5.4. Les étapes de fabrication :

III.5.4.1. zone de stockage et préparation de la matière premier):

- ✓ on obtient la matière premier à partir d'un site se trouvant à fil-fila (wilaya de Skikda) et d'autres sites tels que à Ghazaouet, les grains onyx de West par des camions jusqu'aux zones de stockage, cette matière en multi-couleurs

Voir (photo III.1, III.2, III.3, III.4) ;



Photo III.1: Les grains gris.

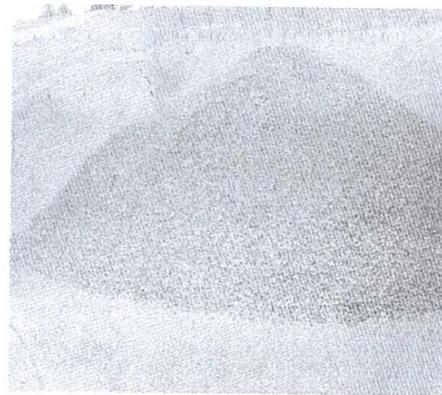


Photo III.2: Les grains roses.

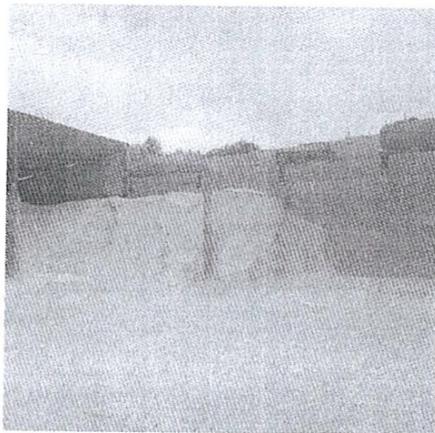


Photo III.3: Les grains orange.

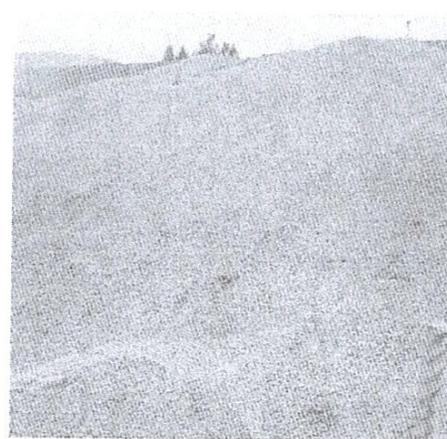


Photo III.4: Les grains jaunes.

- ✓ Avant l'opération de bétonnage il faut le lavage des grains par la machine à lavé pour but d'éliminer les éléments de pollution et l'excès de fines, et on a système de traiter l'eau et d'assurer la protection de l'environnement Voir (photos ces-dessus;

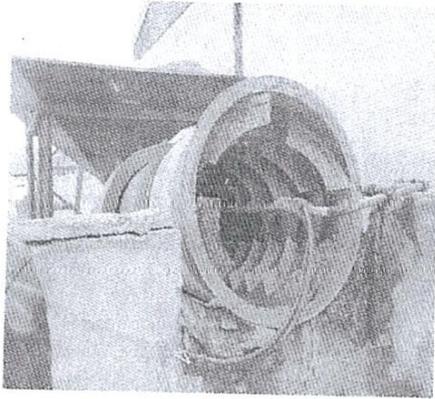


Photo III.5: Machine à lavé.

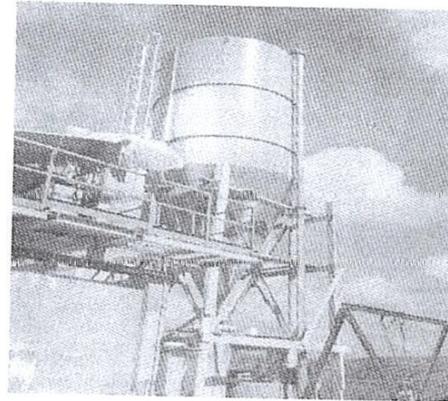


Photo III.6: Machine de traitement des eaux.

III.5.4.2. La zone de bétonnage :

- ✓ En suite les grains passent par une machine qui s'appelle « CENTRE DE BETON ». Ce centre est contient de :
 - (4) canaux vibrant pour les poudres et les granulats voir (photo III.7);
 - (1) dispositif automatique de passage multiple de cellule de charge voir (Photo III.8) ;
 - (1) passeur réversible ;
 - (1) malaxeur ;
 - (1) dispositif de passage de ciment voir (photo III.9).
- ✓ Pour produire une seul unité de granite il faut:
 - deux types de grain ;
 - Ciment (CPZ, CPA) ;
 - Ciment blanc (150Kg, 200Kg).
- ✓ On peut ajouter un autre type de grain à partir de la demande de client ;
- ✓ On pose les 4 types de grains dans les 4 canaux, ensuite la phase de vibrations de dispositif automatique, de passage multiple des charges ;

- ✓ Dans un malaxeur les grains mélangent avec le ciment et l'eau pendant 30 secondes. en fin la pâte passe par un tapis d'alimentation d'environ 8 m pour chargement de dosseur de première couche ;
- ✓ Toutes ses opérations commandées par une unité de commande voir (photo III.10).

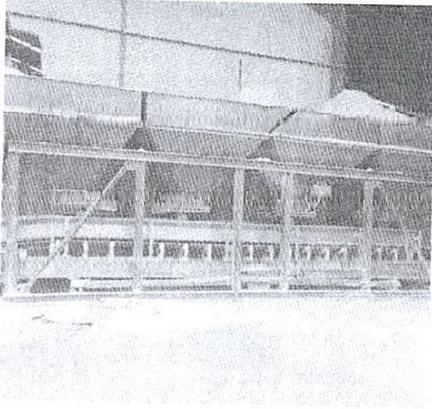


Photo III.7: Les 4 canaux.

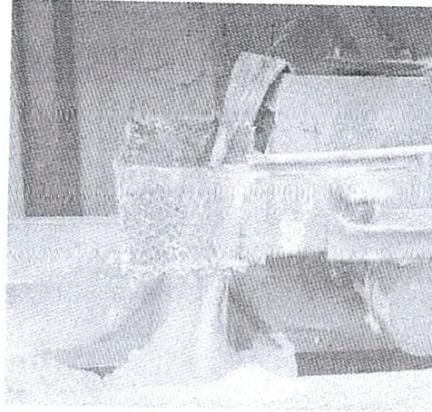


Photo III.8: Dispositif automatique.

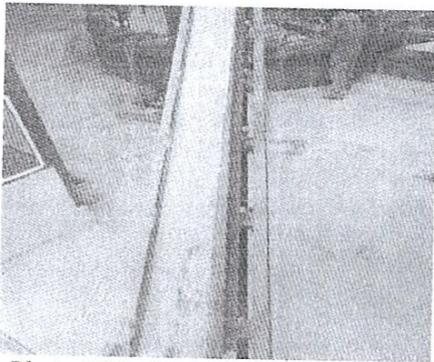


Photo III.9: Tapis d'alimentation d'environ.

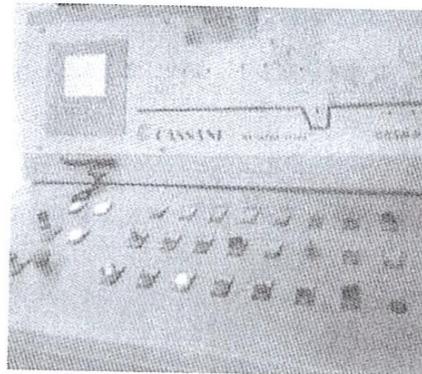


Photo III.10: Unité de commande.

III.5.4.3. La zone de moulage (presse):

- ✓ Après la zone de bétonnage, on trouve la zone de moulage, la machine s'appelle « La presse automatique » qui se compose d'une 6 station équipée pour la fabrication de granite en technologie (mono couche, bicouche) avec rotation dans le sens des aiguilles d'une montre pont supérieur et inférieur en acier coulé de haute résistance, cylindre de pressage en acier fermetures pneumatique de moules et centrale électrique voir (photo III.11) ;

- ✓ On a une autre machine pour séparer l'eau dans la pâte qui moulée voir (photo III.12).

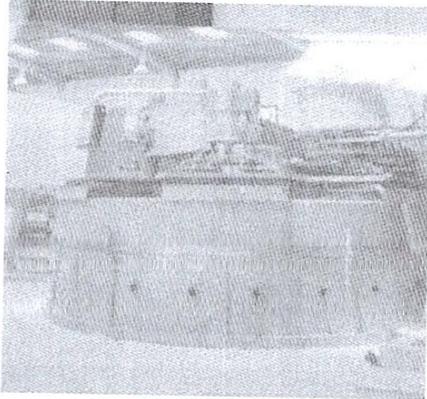


Photo III.11: La presse automatique.



Photo III.12: Machine à séparer l'eau de la pâte.

III.5.4.4. Les zones de traiter les carreaux de granite « recyclage »:

1- linéaire

- ✓ Les carreaux de granites passent par une machine qui s'appelle « linéaire » voir (photo III.13) ;
- ✓ les carreaux frais restent dans une chambre de stockage jusqu'à qu'ils soient dures à la température de 60°C dans un temps de 6 heures voir (photo III.14) ;
- ✓ Après le stockage, les carreaux durcis seront recyclés. le transport des carreaux à partir d'un chariot voir (photo III.15) ;
- ✓ les machines est travaillent à l'aide de l'air ;
- ✓ Pour le traitement des dalles sortant de la presse, qui doit être stockées en vue de leur durcissement naturel ou artificiel avant d'être réintroduits dans le cycle de travail en vue de leur grésage, grenailage, palettisation...etc. voir (photo III.16).

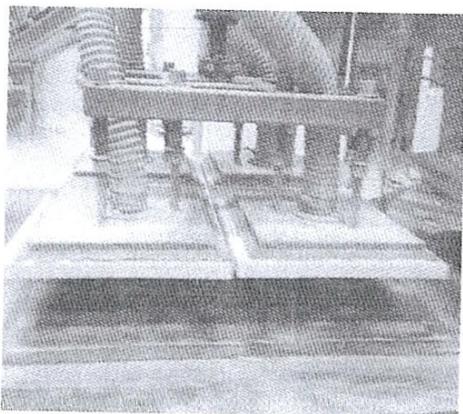


Photo III.13: Linéaire.



Photo III.15: Chariot.

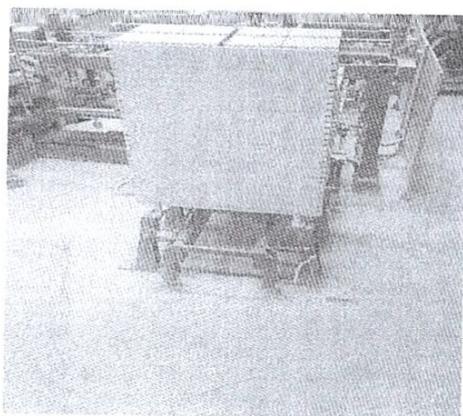


Photo III.16: Un pile.

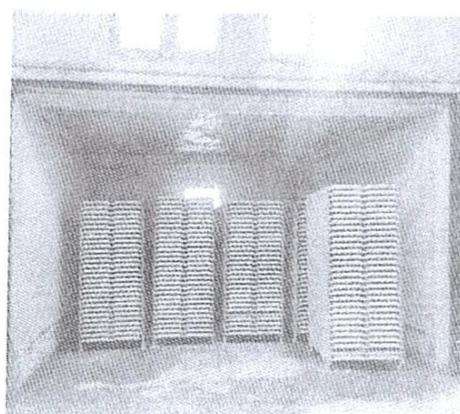


Photo III.14: Chambre de stockage.

2- La calibreuse :

S'appelle aussi « RECTILIGNE » son rôle est de calibrer la phase inférieure des carreaux de granite voir (photo III.17).

3- Le Culbuteur :

Son rôle est réversible les carreaux à son phase supérieur voir (photo III.18).

4- Gréseuse à 4 têtes :

La « gréseuse » contient 4 télés dotées, le moteur électriques, le convoyeur à rouleaux de 2m de longueur avec moto variateur entre la gréseuse et la polisseuse voir (photo III.19).

5- La polisseuse à 10 têtes

- ✓ Avec un pont mobile pour une finition de qualité élevée voir (photo III.20).

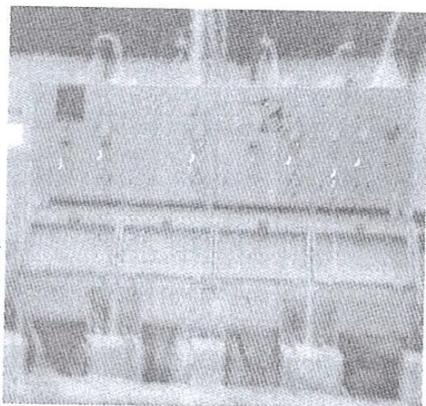


Photo III.17: La grésseuse.

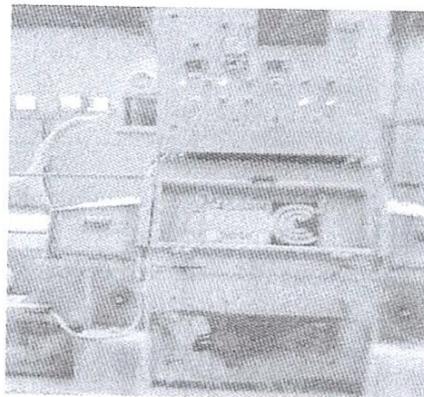


Photo III.18: La calibreuse.

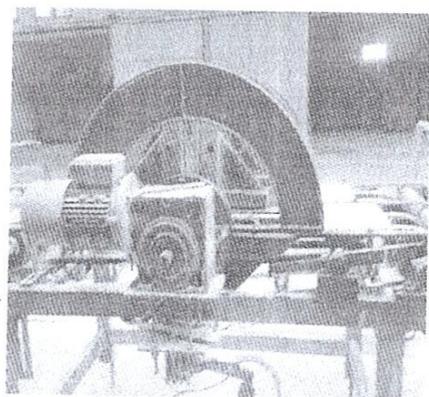


Photo III.19: Le culbuteur.

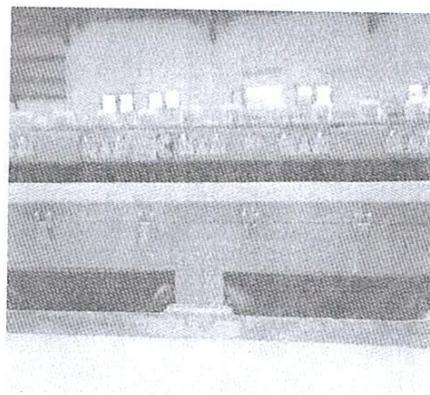


Photo III.20: La polisseuse.

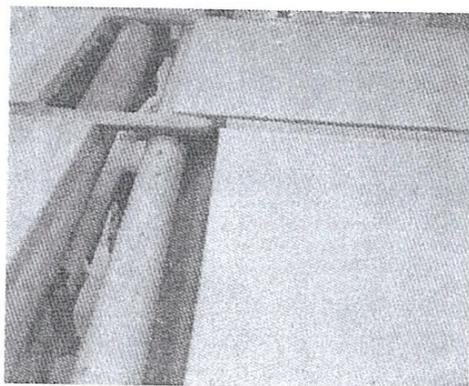


Photo III.21: Tapis de coordination.

III.5.4.5. La zone de séchage :

- ✓ Un séchoir pour le séchage des carreaux de granite
- ✓ Une piste de séchage avec (3 ou 4) ventilateurs voir (photo III.22).

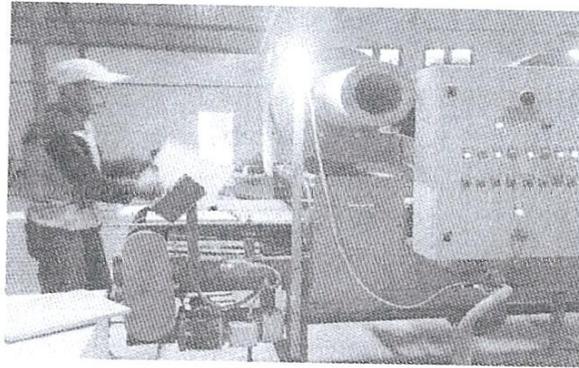


Photo III.22: Le séchoir.

Note : Il y a un consentement entre toutes les machines

III.5.4.6. Zone d'emballage :

- ✓ Ces une opération de couvrir les carreaux de granite avec une machine spéciale qui s'appelle « EMPILEUSE » voir (photo III.23).

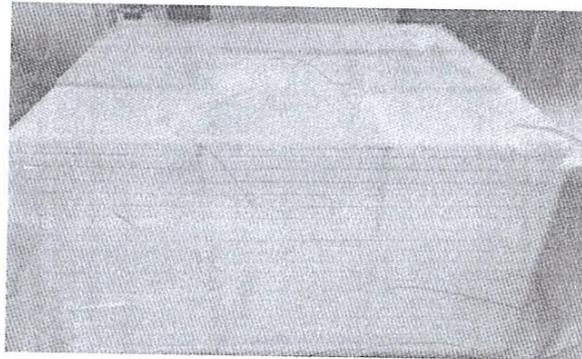


Photo III.23: Emballage des carreaux.

Note: Après la fabrication de granite l'ingénieur numérote les carreaux de granite à partir d'une recette (1C, 2C, ..., 19C...etc.).

- ✓ *Exemple de numérotation des carreaux:* voir (photo III.24).
- ✓ Une recette de (5C) contient un :
 - marbre 8-15 et marbre de couleur noir
 - 45Kg de ciment CPA
 - 60Kg de ciment blanc

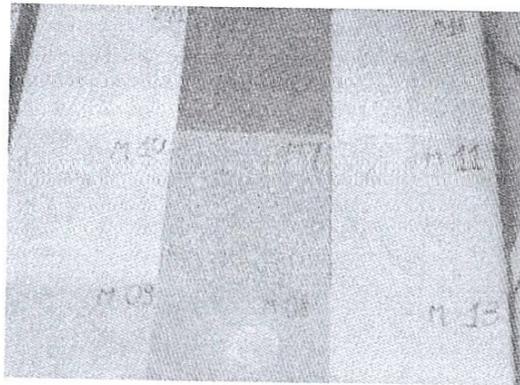


Photo III.24: Numérotation des carreaux granitos.

III.6. CONCLUSION:

D'après la visite de l'unité de production de granite "CHAMAKH ABDAZIZ " nous avons conclu que :

- ✓ Les modalités de fabrication de granite sont semi automatique ;
- ✓ Ses capacités de production et écoulement sont considérable (elle couvre toute la wilaya et quelque wilayas limitrophes) ;
- ✓ Sa production est limitée dans deux types de granites (monocouche, bé couche) ;
- ✓ La production est demandée dans différent secteur de construction (les constructions a usage d'habitation, la décoration des différents structures) ;
- ✓ L'unité de production permet d'offrir des postes de travail et de bonne qualité de granite.

CONCLUSION GENERAL:

Les matériaux de construction (béton-brique-granite) dominent notre paysage urbain et façonnent une extension urbaine sans équivalent, depuis l'indépendance de notre pays.

Conjugués, volontairement ou non, à d'autres facteurs, ces caractéristiques ont favorisées des actions de développement d'un secteur industriel, à travers le territoire national par l'implantation d'un réseau d'unités « matériaux de construction.

Les caractéristiques physiques performantes de la matière première, élément de base pour la fabrication de ces matériaux, ont favorisées un développement industriel et technique de mise en œuvre, rendant ainsi possible une utilisation à la portée de tous dans le secteur bâtiment, été performance lui a valu une permanence d'utilisation sans concurrent.

Adhéré à l'acier, le béton connaît depuis lors un essor gigantesque, il participe dans la quasi-totalité des constructions civiles et industrielles.

La brique comme matériau de construction, fabriquée à base d'argile, possède des caractéristiques physiques et mécaniques lui permettant une large utilisation dans le domaine de bâtiment, les appréciations de l'homme envers ce matériau ne cessent de lui donner une place considérable au sein d'une variété de matériaux utilisés dans les constructions à usages d'habitation ou autres.

Le granite, participe dans le secteur du bâtiment, comme matériaux de revêtement par excellence, il offre aux designers des aménagements splendides pour l'espace, la vision et le confort, ces caractéristiques physiques permettent son utilisation pour une variété de type de revêtement.

Le développement industriel et technologique a permis une utilisation rationnelle de richesses naturelles (gisements et autres), dans la fabrication d'un matériau à usage facile et à moindre coût.