

## ***1.1. INTRODUCTION***

A partir des années 70, et pendant les plans tribunaux et quinquennaux, l'Algérie a opté pour l'implantation d'un réseau industriel regroupant les pôles urbains les plus influents, provoquant par la une migration massive de population rurale venant chercher emploi, stabilité et services.

L'état Algérien a engagé des réformes économiques dès les années 80. Il s'agissait à l'époque de réorganiser l'économie par la création de plusieurs filiales, à l'image de SONATRACH qui s'est vu se démembrer en 09 entreprises. Cette restructuration qui s'assimile plus à une destruction du tissu industriel, faut-il le souligner, a mis en quasi faillite ces nouvelles entités économiques en un rapide laps de temps. Des nouvelles entreprises, appelées filiales, ont été érigées à la place. Mais elles vont vite se noyer dans le passif des entreprises mères endettées et bureaucratiquement gérées.

L'état Algérien entame la première génération des réformes en mettant les entreprises nationales sous la tutelle des « Fonds de participations » avec comme crédo la rentabilité. La loi de janvier 1988 stipule de tirer le maximum de dividendes dans la gestion de ces entreprises avec la nécessité d'une entraide entre entreprises, compte tenu des inégalités de richesses

C'est dans le milieu des années 1990 que le plan de réajustement structurel entre en vigueur, avec en prime la dissolution de 1500 entreprises, considérées comme déficitaires, et le licenciement de près d'un million de travailleurs.

Les entreprises restantes sont destinées à la privatisation. Une ordonnance est promulguée et adoptée dans ce sens au cours de l'année 1995 par le conseil national de transition. Des holdings sont mis en place pour mettre en œuvre cette politique de privatisation, appelée les réformes de la deuxième génération.

Politique du développement socio économique ; politique de liquidation et de privatisation des entreprises publiques, générant ainsi une nouvelle situation.

Pour ce qui concerne l'industrie légère et notamment pour le secteur du bâtiment et matériaux de construction, la reprise de l'activité était sans bavures importante, elle suivait les grands investissements urbains.

La simplicité des conversions vers de nouveaux modes de gestion et de production, basés essentiellement sur une main d'œuvre locale, une technique de fabrication à la portée et des équipements de production légers et maîtrisables, plus encore une matière première en abondance, renouvelable et peu coûteuse.

### ***1.2. La planification, choix politique pour un développement social et économique en Algérie***

En se référant à la plate forme du Soummam et à la charte nationale, l'Algérie indépendante ayant un choix politique socialiste, dégage des objectifs pour asseoir cette idéologie et son corollaire économique. L'objectif matrice étant d'élever le niveau de vie des travailleurs (objectif social).

Pour y arriver, il y'a nécessité d'accroître la productivité du travail, de définir une orientation des investissements afin de satisfaire les besoins des travailleurs, de définir un mode d'organisation spatiale de l'activité économique et ceci dans le but d'éviter les effets néfastes de l'industrialisation sur l'urbanisation.

Ainsi les objectifs cernés, il s'agit de mettre en place une politique de placement des investissements qui reste l'outil efficace et incontournable pour atteindre les objectifs définis au départ.

### ***1.3. La planification et la question urbaine***

La crise urbaine observée dans la plupart des villes algériennes, représente une suite logique de grandes mutations économiques et sociales, en effet la réappropriation de l'espace par la société algérienne a radicalement bouleversé le rythme de croissance urbaine dans nos villes (30 à 70% des citoyens sont nés hors la ville) [01].

Pour l'Algérie indépendante, le volontarisme politique qui a opté pour l'implantation d'un grand réseau industriel, a généré une distribution nouvelle de la population à travers les

grandes agglomérations, créant un déséquilibre dont les prémices existaient au lendemain de l'indépendance.

Par leur capacité, ces agglomérations n'étaient pas préparées à recevoir ce flux migratoire important, et l'espérance de la population à une vie meilleure trouve sa pleine justification dans les souffrances des populations pendant toute la période coloniale.

La nouvelle société, qui émerge de l'indépendance, éprise de modernité, bâtit un développement économique rapide et massif qui bouscule fortement l'espace. [02]

Dans le cadre de la stratégie de développement, le planificateur Algérien, grâce à la rente pétrolière et au socialisme comme politique de l'état, détermine des objectifs économiques (valorisation des ressources par le biais de l'industrialisation), Politiques(indépendance économique...) et sociaux( éducation, formation, emploi...) ainsi cette volonté a soumis l'espace socio économique à des transformations profondes, marquées par une implantation de réseau industriel, réseau administratif, réseau urbain couvrant l'ensemble du pays, engendrant par la suite un déséquilibre dans la répartition d'une population fragilisée par le fait colonial et un éclatement urbain difficile à maîtriser.

#### ***1.4. Choix économique des pôles urbains***

Durant les deux premières décennies de l'Algérie indépendante, l'option industrie industrialisant dégageant la branche économique comme priorité, a orienté le développement sur l'armature urbaine existante, concentrée sur la partie Nord du pays en vue de l'utilisation immédiate de l'infrastructure existante, les pôles d'Arzew et Skikda (pétrochimie) et le pôle d'Annaba (Sidérurgie), encadrés par des villes proches connaissant un développement urbain accéléré.

Guelma est ainsi définie ville- relais pour le pôle Annaba, pour les besoins en logements et services.

A ces pôles urbains s'est greffée une trame urbaine constituée de ville de l'intérieur, Saida (steppe), Sétif et Batna (Pleine et montagne), Tizi ouzou dans les massifs montagnards...

Au sein de cette euphorie industrielle, un souci d'équilibre régional s'est manifesté, il a ainsi été concrétisé dans le premier plan quinquennal, à travers la loi du 8/11/71.

Outre l'objectif de restructuration foncière et de contrôle des mouvements fonciers, cette loi a opéré une transformation des rapports de production dans les campagnes, une production d'éléments de la vie urbaine à travers la réalisation des villages agricoles Celle-ci devrait réduire l'exode rural et atténuer la pression sur les villes.

L'étape suivante pour ce choix d'industrialisation, a vu naître une répartition des activités productrices dans les petites villes, ce qui a amené des déséquilibres urbains, notamment dans l'occupation des périmètres par l'industrie, les zones d'habitat, les équipements publics et une densification du tissu urbain souvent au détriment de l'ensemble.

### ***1.5. La question foncière***

Durant le deuxième plan quinquennal 1974 – 1977, l'état Algérien met en place une nouvelle organisation administrative du territoire.

Celle-ci va générer un engagement de l'état pour le développement, mais l'héritage d'un régime foncier complexe et ambiguë, qui entrave souvent le déroulement des opérations a poussé l'état à promulguer l'ordonnance du 20/02/74, qui porte sur la constitution de réserves foncières au profit des communes. Cette ordonnance revêt une importance capitale en matière de législation foncière, de législation sur l'urbanisme et les formes de gestion et de production de l'espace [03]

Ce nouvel instrument, d'une importance capitale pour le développement urbain, va jouer un rôle déterminant dans la politique de planification urbaine naissante.

En effet les collectivités publiques disposent désormais de toutes latitudes pour la maîtrise des questions relatives à l'espace.

### ***1.6. L'habitat***

Les réformes de taille engagées par l'état (réformes agraires, nouveau découpage territorial, lois des réserves foncières, textes relatifs à l'urbanisme opérationnel ZHUN, ZI, GHI, lotissements) annonçaient une tendance à une plus grande maîtrise de la croissance

urbaine, d'où profusion des ZHUN et des ZI qui construisent la périphérie avec le cortège de conséquences connues.

Conséquences que devaient supporter les anciens tissus urbains du fait de la dépendance de ces nouvelles zones en services.

De cette nouvelle approche du fait sont nés 120 plans d'urbanisme, seuls garants d'une croissance urbaine équilibrée et une réelle « réconciliation de l'habitat avec la ville »

Cette nouvelle approche confirme le rôle du plan d'urbanisme qui définit un plan d'occupation fonctionnelle des sols. Celui-ci associe les collectivités locales qui bénéficient des avantages de la politique de décentralisation administrative. Les prémices d'une politique de la ville sont là.

La politique de l'habitat essentiellement centrée sur le collectif est soutenue par la construction individuelle à travers la politique de l'épargne et les avantages qui s'en suivent.

Les opérations de zones d'habitat vont accentuer la dualité urbaine, héritage de la période coloniale, par un dédoublement des villes existantes.

Sur le plan de l'organisation de l'espace urbain, l'accentuation du rôle de centre ville ex colonial, investi par le commerce privé, ne pourrait que continuer à se renforcer, ce qui accroîtrait les déséquilibres entre le centre ville et les périphéries sous équipées [04]

Si les multiples outils de maîtrise de croissance urbaine existent, il n'en demeure pas moins que leur utilisation d'une façon cohérente est loin de rejaillir sur l'aménagement urbain. La variété des intervenants, la faiblesse des moyens humains des collectivités locales, le foisonnement des projets, le décalage entre le discours technico-politique et la réalité, l'absence d'une politique claire dans le domaine...ne facilitent guère une compréhension correcte de l'évolution équilibrée des structures urbaines [05]

Entre temps, l'élargissement de l'application d'un des outils de l'urbanisme le PUD à toutes les nouvelles agglomérations,( héritage colonial d'ordre juridique et technique), délimite le périmètre urbain, et divise les extensions en secteurs urbanisables et secteurs non urbanisables.

A partir des années 80, et durant le premier plan quinquennal 1980-1984, va naître la loi relative au permis de construire et au permis de lotir, loi N° 82/02 du 06/02/1982, qui abroge l'ordonnance N° 75/67 du 29/9/1975.

De nouvelles notions apparaissent avec cette loi : l'hygiène, la salubrité, l'habitabilité.

Les instruments de planification et de gestion urbaine s'enrichissent de plus en plus, en ces périodes d'urbanisation rapide.

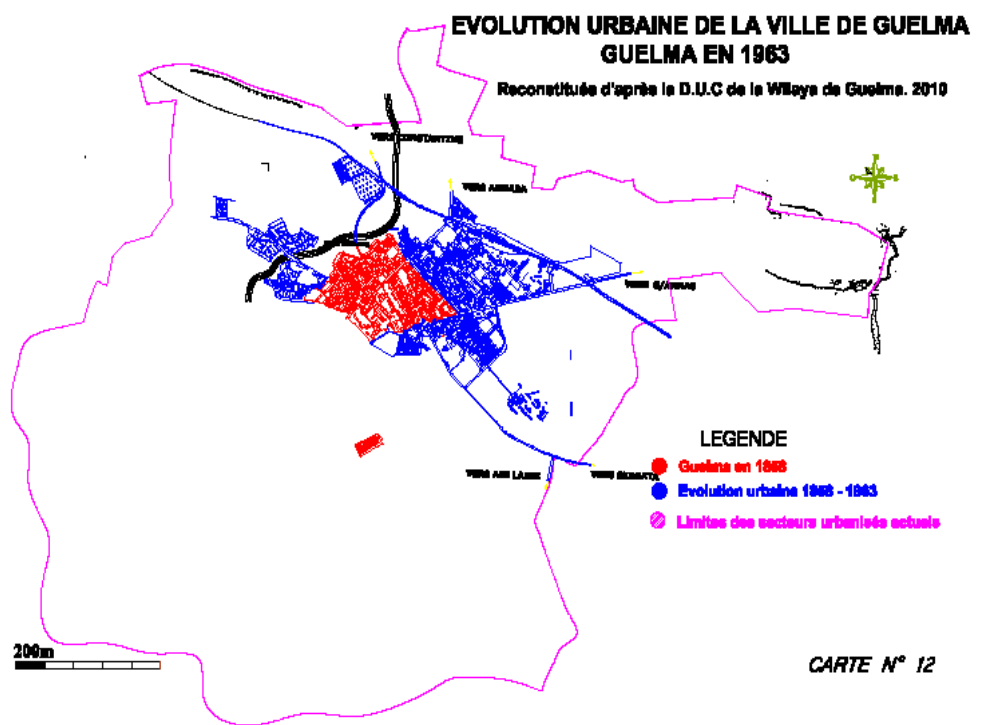
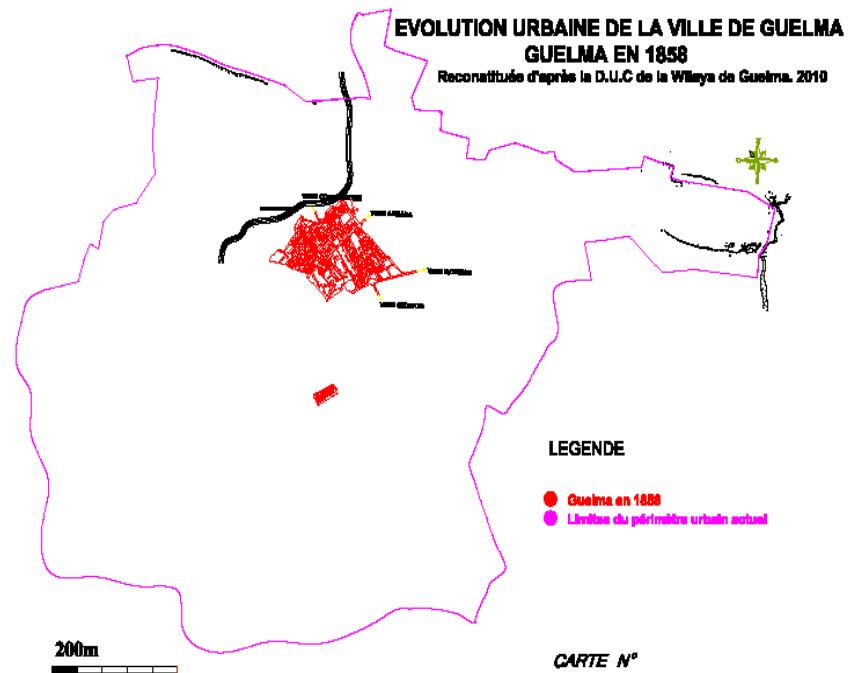
Un autre découpage administratif vient marquer les années 80, le nombre de wilayas est augmenté de 31 à 48, la promotion de 69 agglomérations au rang de chef lieu de Daïra, et 836 au rang de chef lieu de commune [06]

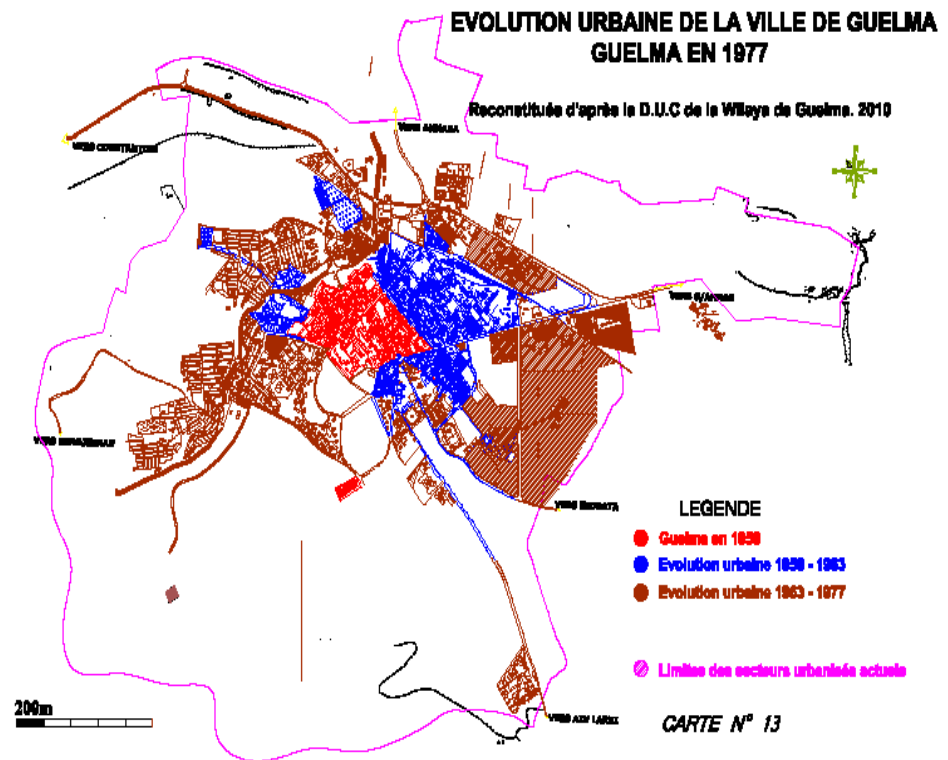
### ***1.7. L'évolution urbaine (cas de Guelma ville)***

La volonté politique d'engager des actions de développement économique et social, s'est concrétisée par la réalisation de structures d'accueil et de gestion de territoire de wilaya, et on a vu naître une série de plans de réglementation et d'usage de sol (PAW, PUD, PDAU, POS, permis de construire...), conjuguée à d'autres facteurs tels que la migration vers les pôles urbains et chefs lieu de Wilaya, la croissance démographique etc., le territoire communal urbanisé a évolué d'une manière spectaculaire depuis l'indépendance jusqu'à nos jours (voir cartes évolution urbaine).

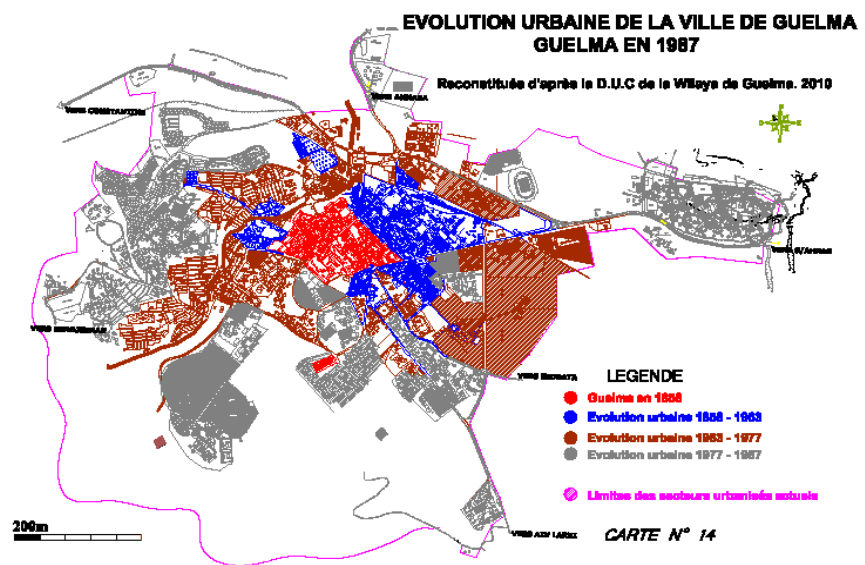
Le nombre de population habitant le territoire communal est passé de 27000 habitants à 150.000 habitants en 2010 [07].

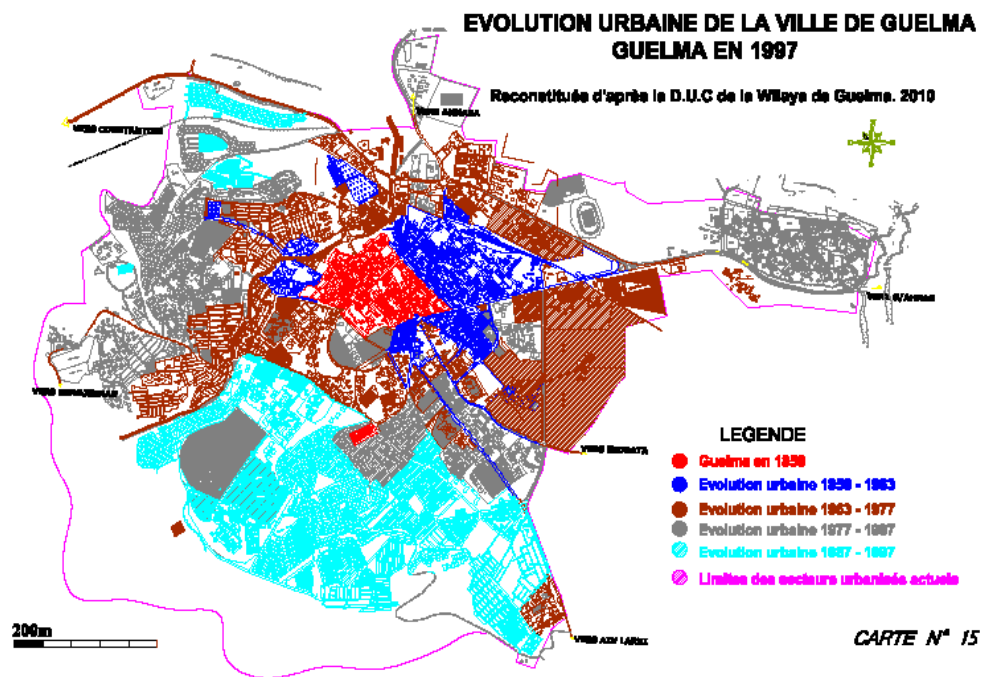
Cette évolution urbaine a été accompagnée par la mise à la disposition de nos chantiers de milliers de tonnes de matériaux de construction, dont les besoins sont en évolution permanente.

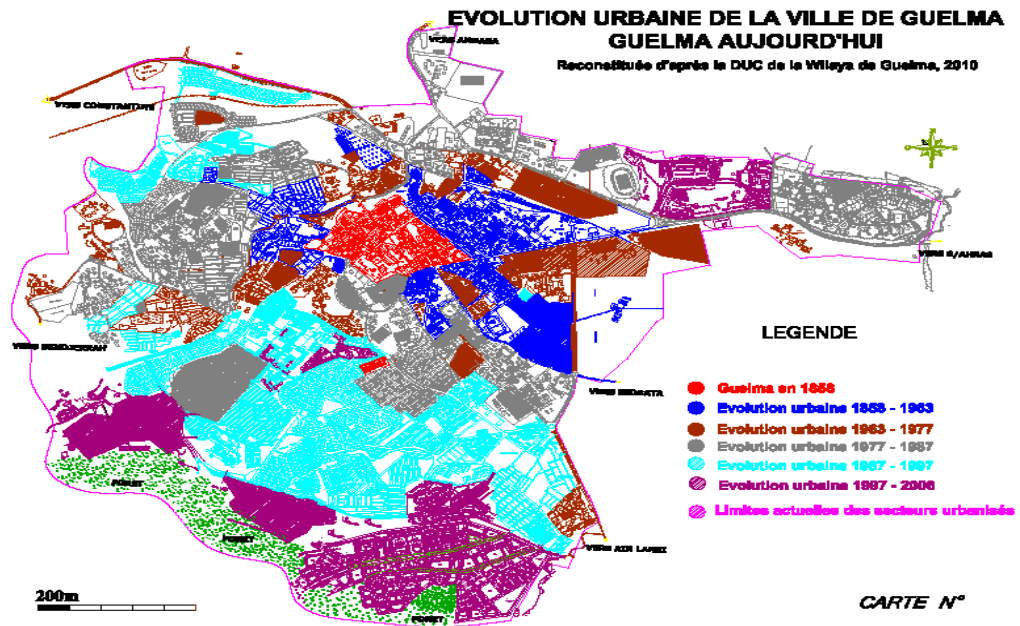












### *1.8. Développement de l'industrie légère (secteur matériau de construction)*

#### *1.8.1. Matériaux de construction*

L'évolution et la permanence en matière de production des matériaux de construction est dû essentiellement :

- Aux politiques d'encouragement engagé par l'état, pour la création de ce type d'industrie Aux réunions de condition naturelles permettant la production d'une large gamme de matériaux de construction (richesses naturelles).
- Aux besoins permanents de ce type d'industrie légère et artisanale dans le secteur bâtiment et travaux publics.
- Aux procédés et méthodes de production maîtrisables et abordables, ne nécessitant pas de technologies couteuses.
- Aux caractéristiques physiques et mécaniques très favorables dans le secteur bâtiment et travaux publics.
- Aux facteurs durabilité, coût et usage.

Ces critères réunis permettent à ce type d'industrie d'évoluer et d'approvisionner le marché national en matériaux de construction, utilisés en grande envergure, dans tous les chantiers à travers le territoire national.

### ***1.8.2. L'industrie de béton et béton armé en Algérie, les caractéristiques et spécificités :***

Le béton est un matériau largement utilisé en Algérie, pratiquement il n'y a pas de matériau qui peut, aujourd'hui, concurrencer le béton, nos chantiers (constructions individuelles, équipements publics, ouvrages d'art...) forgent le paysage urbain par l'utilisation de ce matériau, la facilité de la mise en œuvre, la disponibilité de la matière première, le coût et surtout cette volonté politique qui a pu réunir les conditions économiques favorables à une production d'acier et de ciment, comme matières indispensables dans la réalisation de structures en béton armé.

Cette large utilisation de béton est due essentiellement à :

- La facilité de la mise en œuvre.
- Les caractéristiques techniques performantes.
- Le coût et la disponibilité.
- Les efforts d'investissement engagés par les autorités publiques dans le secteur.
- Les richesses naturelles à travers le territoire.

### ***1.7.3. Niveau d'industrialisation***

Le béton est fabriqué à partir d'un mélange constitué de ciment, sable, gravier et eau, les aciers pour armature de béton armé.

Les produits essentiels, et qui nécessitent un investissement conséquent et délicat sont le ciment et les aciers.

#### ***A. Les cimenteries***

L'Algérie dispose d'un réseau de cimenterie implanté à travers le territoire, ce réseau approvisionne la quasi-totalité de nos chantiers en ciment, les unités sont réparties de manière à assurer et faciliter l'approvisionnement.

La technologie de fabrication est basée sur l'utilisation du gaz comme énergie, néanmoins le degré de pollution atmosphérique et environnante, due essentiellement au rejet de certains éléments dans l'air, nécessitant un traitement particulier afin de limiter les effets de la pollution partielle du processus.

Le territoire Algérien est doté de quinze cimenterie<sup>1</sup> (voir tableau et carte), ce qui a permis un niveau d'industrialisation satisfaisant, dans la mesure de permettre un approvisionnement régulier de nos chantiers, la capacité de production est estimée à plus de 14 millions de tonnes/ an.

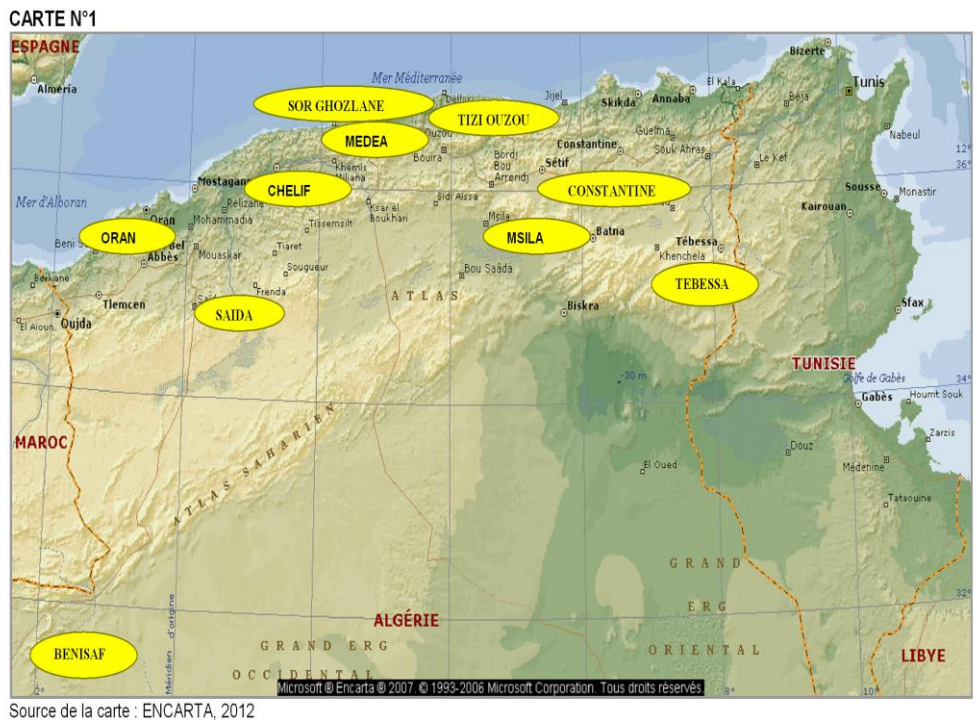
#### Cimenteries d'Algérie

| <b>DENOMINATION DE L'ENTREPRISE</b>                 | <b>LOCALISATION</b>      | <b>Capacité de production/an</b> | <b>Energie utilisée</b> |
|---|--------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Entreprise des Ciments CHELEF                       | Oued sly- Chélif         | 02MT/AN                          | Gaz                     |
| Groupe Industriel et Commercial SCGDE               | Meftah – Tizi ousou      | 1.05MT/AN                        | Gaz                     |
| Groupe Industriel et Commercial H SCGDE Rais        | Rais hamidou - MEDEA     | 0.35MT/AN                        | Gaz                     |
| Groupe Industriel et Commercial SCGDE               | Sour El Ghez             | 01MT/AN                          | Gaz                     |
| Groupe Industriel des Ciments ET DERIVES Ouest      | Senia d'Oran             | 1.2MT/AN                         | Gaz                     |
| Groupe Industriel des Ciments ET DERIVES Est – ERCE | Constantine, HADJAR SOUD | 01MT/AN                          | Gaz                     |

|   |                              |                 |     |
|---|------------------------------|-----------------|-----|
| Groupe Industriel des Ciments d'Algérie                   | Meftah _ Tizi ousou          | 1.975MT/AN      | Gaz |
| Entreprise des ciments et dérivés ERCE Hama               | Hamma Bouziane – Constantine | 1.2MT/AN        | Gaz |
| Société des ciments de Béni Saf                           | BéniSaf - Béchar             | 1.2MT/AN        | Gaz |
| Entreprise des ciments et dérivés L'Ouest                 | Saida                        | 01MT/AN         | Gaz |
| Entreprise des ciments et dérivés L'Ouest – Zahana - Oran | Oran                         | 1.2MT/AN        | Gaz |
| Société des ciments de Tébessa – Eulma Labiod             | Tébessa                      | 01MT/AN         | Gaz |
| Algérien ciment campan - M'silla                          | Msila                        | 02MT/AN         | Gaz |
| Oras cum construction industries (OCI)                    | Msila                        | 02MT/AN         | Gaz |
|   | <b>Total</b>                 | <b>≈18MT/AN</b> |     |

Tableau I.1.dénomination de l'entreprise

### Localisation des cimenteries d'Algérie



#### A.1. L'approvisionnement

Les matières premières proviennent des gisements situés en général à proximité des usines de production, certaines cimenteries ne disposent pas de leurs propres gisements, elles s'approvisionnent auprès de fournisseurs divers.

La production nationale durant l'année actuelle est de l'ordre de 14 million de Tonnes destinées essentiellement aux produits ciments pour fabrication des bétons.

#### A.2. La Réglementation

La réglementation régissant l'activité, repose sur les principaux textes et normes suivants :

Les textes juridiques :

La loi sur la normalisation du 23 juin 2004, qui confie aux secteurs les tâches de normalisation

Les décrets d'application du 06 décembre 2005

Les arrêtés du Ministre de l'Habitat :

Du 20-07-1996 qui approuve les règles de conception de calculs pour les compositions chimiques ciments

Les normes et documents techniques :

Les normes Algériennes édictées par l'IANOR (Cf. point 12 : La normalisation du sous secteur))

Les documents techniques réglementaires du Centre National de recherche appliquée en génie Parasismique / CGS :

Règles parasismiques / RPA99-version 2003

### **A.3. Les impôts et taxes**

Les impôts relatifs à l'activité, en Algérie sont actuellement les suivants :

➤ TAP (Taxe sur l'activité professionnelle)) :

2% sur 70% des ventes en gros

2% pour les ventes en détail

➤ IBS : (Impôt sur les bénéfices des sociétés)

25% avec réfaction de la moitié si réinvestissement.

➤ IRG : (Impôt sur revenus des actionnaires) : 15%

➤ VF : (Impôt sur les salaires) : 0% (supprimé)

Par ailleurs, il est à noter que pour les gisements, les unités qui les exploitent, doivent :

Payer à l'Agence Nationale du Patrimoine Minier 6% de la valeur marchande du produit extrait obtenu à partir de la première transformation (1ère broyage).

Provisionner 0.5%/ an pour la remise en état des lieux et 1 à 2%/ an pour la reconstitution



**B. Les aciers :**

Alliage de fer et carbone en faible pourcentage, les aciers utilisés en BA 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), ils sont classifiés, selon l'usage en :

Les ronds lisses : Symbole  $\square$  ou RL

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

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.

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.

L'unité principale de fabrication des ronds à béton est L'ARCELOR METAL, située à ELHADJAR dans la Wilaya d'ANNABA, cette unité industrielle importante approvisionne la totalité du marché de la construction en Algérie (voir carte 02)

*Localisation de l'unité de fabrication des ronds à béton en Algérie*

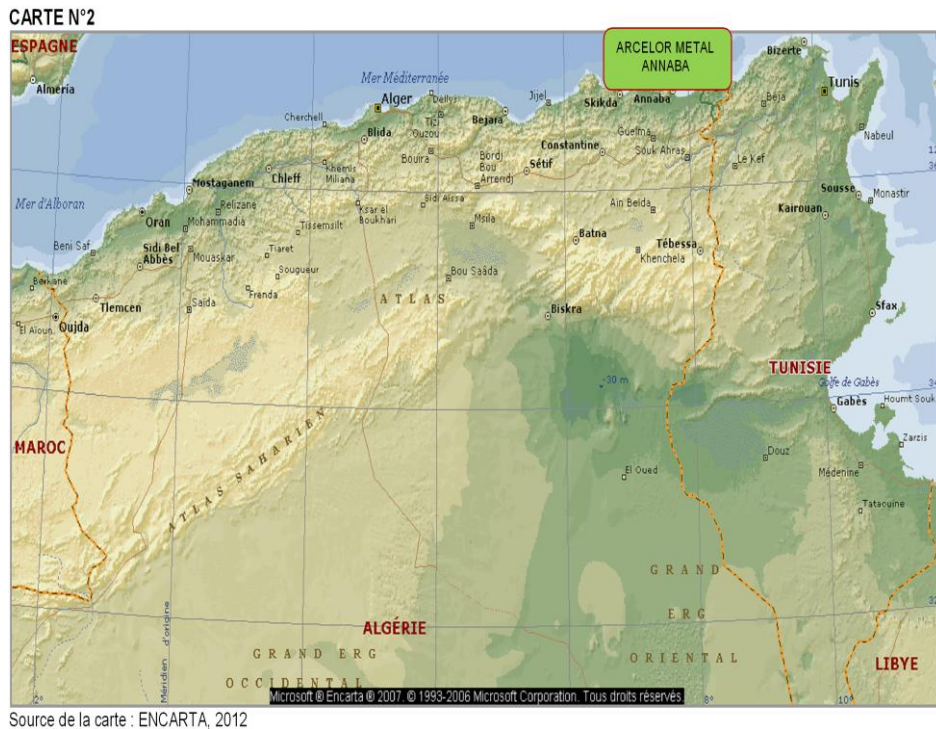


Photo 02 : localisation du complexe sidérurgique en Algéri

**B.1. Présentation de l'unité**

Le complexe sidérurgique intégré Arcelor Métal Annaba, dont 30% des actions sont détenues par SIDER et 70% par Arcelor métal est situé à 12 km d'Annaba (ELHADJAR), s'étalant sur une assiette d'une superficie de 832 Hectares

Sa capacité de production est d'environ 1.8 million de tonnes de produits sidérurgiques, elle dispose de ses propres installations maritimes reliées au réseau ferroviaire pour le transport des matières premières et les expéditions des produits finis.

Arcelor Mittal Annaba dispose :

D'un réseau commercial composé de 12 points de vente à travers le pays.

Réserves minières exploitables de 86 millions de Tonnes.

**B.2. Production des ronds à béton**

Les ronds à béton produits de l'entreprise pour l'approvisionnement des chantiers, à travers le territoire Algérien, concerne :

L'armature pour béton armé : 6mm, 8mm, 10mm, 12mm en couronnes de 1.5

Tonnes à 1.520tonnes.

L'armature pour béton armé : 10mm, 12mm, 14mm, 16mm, 20mm, 25mm, 32mm en barres de 12m de long.

Rond à béton nervure haute adhérence soudable, nuance: ISO 6935-2 et NA 8634 aciers RB 400W (Fe E 400), RB 500W (Fe E 500).

#### ***a. L'approvisionnement***

Les matières premières proviennent des Deux mines de fer d'une capacité totale de 3 millions de tonnes par an situées à 200 km d'Annaba, gérées par Arcelor Métal Tébessa et reliées à l'usine par une ligne ferroviaire.

#### ***b. La Réglementation***

La réglementation régissant l'activité, repose sur les principaux textes et normes suivants :

##### *Les textes juridiques :*

La loi sur la normalisation du 23 juin 2004, qui confie aux secteurs les tâches de normalisation

Les décrets d'application du 06 décembre 2005

##### *Les arrêtés du Ministre de l'Habitat :*

Du 20-07-1996 qui approuve les règles de conception de calculs pour les compositions chimiques ciments

##### *Les normes et documents techniques :*

Les normes Algériennes édictées par l'IANOR (Cf. point 12 : La normalisation du sous secteur))

*Les documents techniques réglementaires du Centre National de recherche appliquée en génie Parasismique / CGS :*

Règles parasismiques / RPA99-version 2003

***c. Les impôts et taxes***

Les impôts relatifs à l'activité, en Algérie sont actuellement les suivants :

- TAP (Taxe sur l'activité professionnelle) :  
2% sur 70% des ventes en gros  
2% pour les ventes en détail
- IBS : (Impôt sur les bénéfices des sociétés)  
25% avec réfaction de la moitié si réinvestissement.
- IRG : (Impôt sur revenus des actionnaires) : 15%
- VF : (Impôt sur les salaires) : 0% (supprimé)

***1.8.4. Objectifs***

Les bétons, matériaux de base pour toutes sortes de constructions, ont le privilège d'être utilisés en abondance à travers nos chantiers en Algérie, et ce, malgré les développements technologiques liés au secteur de la construction, les défis sont de taille et le pays est de phase de lancer de très grands chantiers, du jamais vu depuis l'indépendance.

Les besoins dépendent en conséquence de l'importance du programme d'habitat et d'équipements divers, décidé par les différents Maîtres d'Ouvrages et du rythme de réalisation induit par les possibilités de financement et la qualification des entreprises.

*L'évolution de la demande globale va dépendre donc :*

- Des retards enregistrés en matière de constructions
- De la croissance démographique
- De l'objectif arrêté pour le taux d'occupation du logement (TOL)

- De la disponibilité des moyens financiers
- Du niveau du pouvoir d'achat

Il faut noter aussi que 70 % environ du volume des réalisations concerne les logements et les équipements sociaux.

Le TOL estimé à fin 2010 serait de 5,5 environ il était de 6,40 en 1998 (8)

C'est un effort important qui a été fait et qui continue avec la mise en œuvre du programme de 1 200 000 logements initié en 2006, ce qui permettra d'atteindre un TOL de 5 et peut être moins dans certaines Wilaya tes.

Le programme de logement en cours et/ou non lancé se situerait à la fin de l'exercice 2006 à 750 000 logements environ,

Il y a lieu d'ajouter la part des équipements divers qui représenteraient 30 % environ du programme de logements.

Au delà, il est difficile de situer la tendance de la demande car dépendant de plusieurs paramètres et aussi des retombées des programmes actuels de construction.

Il est possible que des secteurs, comme celui du tourisme ou l'habitat (Réhabilitation du vieux bâti, nouvelles villes, ...) vont proposer des plans de charge consistants. D'autres verront le volume de leur programme stagner ou même diminuer, comme celui de l'Education (conséquence de la baisse du taux de croissance démographique, réalisations effectuées).

#### ***1.8.5. Les caractéristiques et spécificités du sous secteur matériaux de revêtement en Algérie***

Ils sont les matériaux préférés en Algérie, en raison de :

- La facilité de leur utilisation dans la construction,
- Les bonnes caractéristiques techniques,
- L'adaptabilité au climat.

##### ***1.8.5.1 Niveau d'industrialisation***

Elles ont évolué depuis le 19<sup>e</sup> siècle, suite à la mécanisation de la production et à l'introduction de fours modernes utilisant l'énergie fossile (charbon, fuel, gaz) et/ou l'énergie électrique.

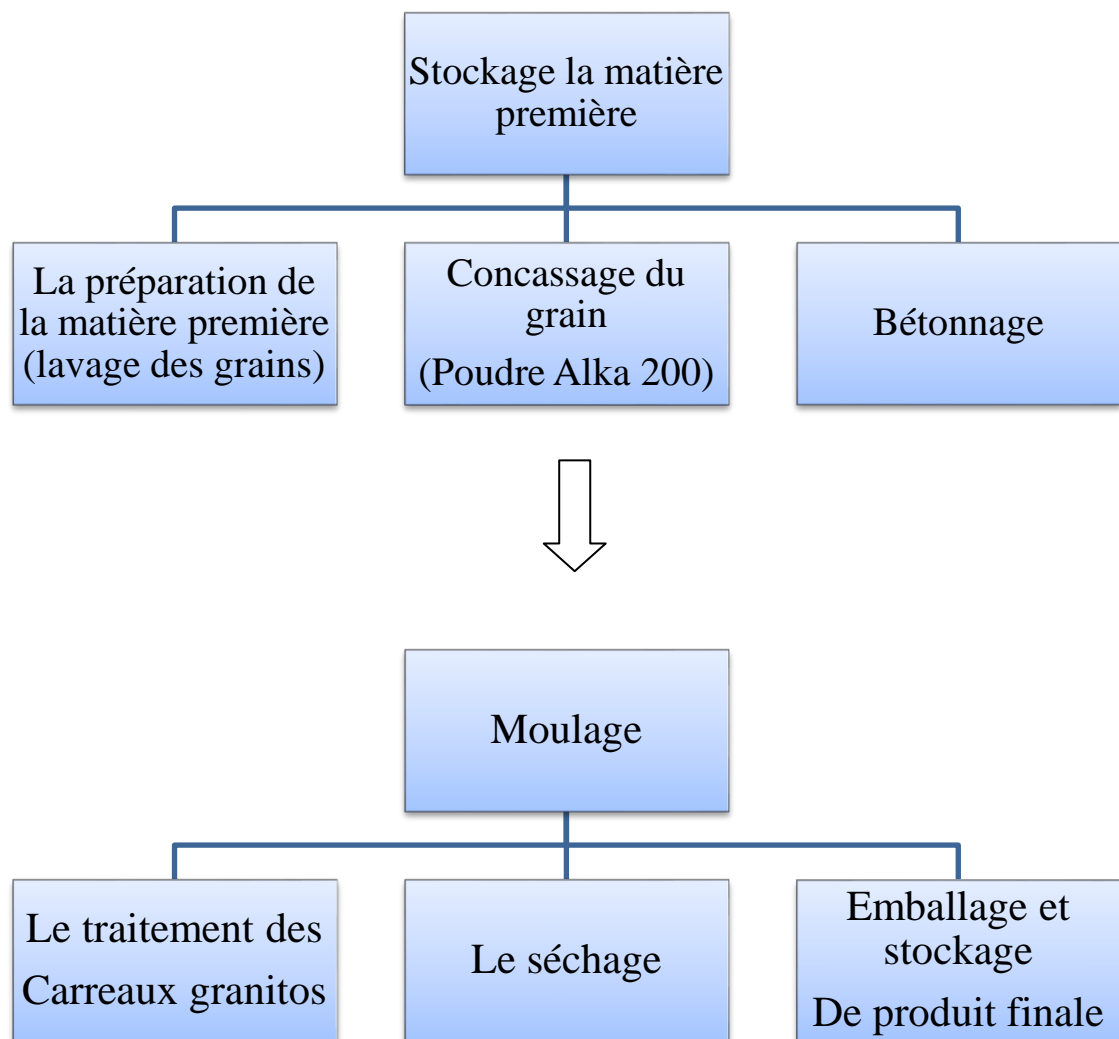
La technologie de fabrication a encore progressé avec l'automatisation entière ou partielle du processus. Le dimensionnement des usines a été rendu aussi possible, ce qui a permis d'avoir plusieurs tailles, allant de la plus petite de quelques dizaines de Tonnes/an à la plus grande ayant une capacité de plusieurs centaines de Tonnes/an.

#### ***1.8.5.2 Le Processus de Production***

Se fondent sur la Préparation de la barbotine (mélange d'argile, d'autres matières premières et d'additifs dont le kaolin, feldspath, ...), le Moulage ou Coulage de la barbotine ainsi obtenue, puis, le cas échéant, l'Emaillage.

Intervient, ensuite, la Cuisson à haute température pour : solidification d'une pâte humide plastique, ou agglutination (ou frittage) d'une poudre sèche préalablement comprimée, sans passer par une phase liquide.

La fabrication des produits de revêtement se déroule schématiquement comme suit :



**Diagramme I.1 : Le Processus de Production**

Il est à remarquer que la production fonctionne en flux continu et que chaque phase génère un stock intermédiaire.

### ***1.8.5.3 L'approvisionnement***

Les matières premières du sous-secteur sont essentiellement l'argile et le sable et proviennent des gisements situés en général à proximité des usines de production, certaines unités ne disposent pas de leurs propres gisements d'argile, elles s'approvisionnent auprès de fournisseurs divers.

La production nationale durant l'année 2003 était de l'ordre de 27192 Tonnes d'argile [09] destinées essentiellement aux produits rouges et en partie au ciment et à la céramique.

#### ***1.8.5.4 La Réglementation***

La réglementation régissant l'activité, repose sur les principaux textes et normes suivants :

##### *Les textes juridiques :*

- La loi sur la normalisation du 23 juin 2004, qui confie aux secteurs les tâches de normalisation
- Les décrets d'application du 06 décembre 2005

##### *Les normes et documents techniques :*

- Les normes Algériennes édictées par l'IANOR (Cf. point 12 : La normalisation du sous secteur) **DI 26.30**
- Les documents techniques réglementaires du Centre National de recherche appliquée en génie Parasismique / CGS.
- Règles parasismiques / RPA99-version 2003 (chapitre 9)

#### ***1.8.5.5. Les impôts et taxes [10]***

Les impôts relatifs à l'activité, en Algérie sont actuellement les suivants

##### ❖ TAP (Taxe sur l'activité professionnelle):

2% sur 70% des ventes en gros

2% pour les ventes en détail

##### ❖ IBS : (Impôt sur les bénéfices des sociétés)

25% avec réfaction de la moitié si réinvestissement.

##### ❖ IRG : (Impôt sur revenus des actionnaires) : 15%



❖ VF : (Impôt sur les salaires) : 0% (supprimé)

Par ailleurs, il est à noter que pour les gisements d'argile, les unités qui les exploitent, doivent :

Payer à l'Agence Nationale du Patrimoine Minier 6% de la valeur marchande du produit extrait obtenu à partir de la première transformation (1ère broyage).

Provisionner 0.5%/ an pour la remise en état des lieux et 1 à 2%/ an pour la reconstitution.

#### ***1.8.5.6. La Politique de Privatisation du sous-secteur***

Le sous-secteur est un des premiers concernés par la politique de privatisation mise en œuvre dans le Pays.

Les briqueteries des Entreprises Publiques ont été pour la plupart toutes privatisées à l'exception de quelques-unes pour des raisons diverses.

Celles rattachées aux SGP Régionaux le sont aussi mais à un rythme plus long.

Evolution 2005/ 2006 Nombre d'entreprises dans les Industries Matériaux de Constructif.

|  | <b>Entreprise<br/>(nombre)<br/>Afin 2006</b> | <b>Créations<br/>semestre 1<br/>Année 2007</b> | <b>Radiations<br/>Semestre1<br/>Année 2007</b> | <b>Réactivations<br/>Semestre1<br/>Année 2007</b> | <b>Entreprises<br/>(norme) Au<br/>premier<br/>semestre 2006</b> |
|--|--|--|--|---|---|
| <b>Secteur des industries<br/>de matériaux de<br/>construction</b> | 36 ,369                                      | 214  | 14   | 17  | 6,586   |
| <b>% De variation du<br/>secteur</b>                               | -  | 3,4%   | 0,2%   | 0,3   | 3,4%  |
| <b>Moyennes nationales</b>   | -  | 5,3%   | 0,4%   | 0,5%  | 5,4%  |

**Tableau I.2.Evolution 2005/ 2006 Nombre d'entreprises dans les Industries Matériaux de Constructif**

#### *I.8.5.7. Etat des lieux des Produits Fabriqués par Gamme*

| <b>Gamme de<br/>produits</b>   | <b>produits</b>        | <b>Fabriqué<br/>en Algérie<br/><br/>(oui/non)</b> | <b>Projeté à<br/>moins de 2<br/>ans (oui/non)</b> | <b>Projeté à plus<br/>de 2 ans<br/>(oui/non)</b> | <b>BENCH mark de<br/>comparaison</b> |                                 |
|--|------------------------|---|---|--|--------------------------------------|---------------------------------|
|  |                        |   |   |  | <b>Allemagne<br/><br/>(oui/non)</b>  | <b>Maroc<br/><br/>(oui/non)</b> |
| <b>Produits céramique réfractaire<br/>code 2624</b>  |                        | nd  |   |  |                                      |                                 |
| <b>Carreaux<br/>en<br/>céramiques<br/>sons et code<br/>2630 ons<br/>15,6 résidus<br/>de<br/>meunerie</b> | <b>Carreaux muraux</b> | -   |   |  |                                      | -                               |
|  | <b>plinthes</b>        | -   |   |  |                                      | -                               |
|  | <b>frises</b>          | -   |   |  |                                      | -                               |
|  | <b>Dalle de sol</b>    |   | -   |  |                                      | -                               |

**Tableau I.3:L'état des lieux des Sources : office national de recensement (ONS)**

### ***1.8.11. Données sur la marche***

Il est à signaler que les **importations algériennes de produits finis** (Carreaux et Appareils Sanitaires) ont presque **doublées** en

L'espace de trois années seulement, entre 2001 et 2003, passant de 2,2 millions de m<sup>2</sup> à **4,1** millions de m<sup>2</sup>, dont :

- 3,2 millions de m<sup>2</sup> issus d'Espagne et
- 550.000 m<sup>2</sup> provenant de Tunisie.

A dire d'expert les importations algériennes seraient de 5 millions de M<sup>2</sup> en 2005.

### ***1.8.12. Les caractéristiques de la demande du sous secteur***

#### **L'évolution de la demande globale est fonction des paramètres suivants**

- La croissance démographique (1,5 % par an) et la demande ainsi induite, en termes de logements et d'équipement collectif
- Les niveaux de revenus qui rendent, ainsi, cette demande solvable (ou non, selon les strates de revenus)
- Les programmes publics de construction, vu la politique étatique de relance économique par l'accroissement de la dépense

Publique en matière d'équipement (Logements sociaux, Logements aidés, Hôpitaux, Ecoles, ...)

- Les réalisations (nouvelles ou de rénovation) des auto-constructeurs et des promoteurs immobiliers publics et privés.
- L'évolution, ressentie mais difficile à évaluer de façon précise, des demandeurs de logements en matière de surcroûts d'esthétique et de design intérieur des logements.
- La prise en compte des différences perceptibles dans les rythmes de réalisation des chantiers, selon la nature des constructeurs et les sources de financement

### **L'estimation de la Demande globale en carreaux céramique**

Elle est surtout fonction des prévisions de réalisation de logements, toutes origines de financements confondus.

- Le programme national de relance prévoit 1 million de logements sur 5 ans soit **200000 logements/an**. Pour une consommation moyenne de 80 m<sup>2</sup> / logement à financement public, les besoins annuels de ce programme seraient de 16 millions de m<sup>2</sup>/an.

- **Les équipements collectifs** (Hôpitaux, Ecoles, Universités, DGSN,...) représenteraient, à hauteur de 30% des besoins précédemment cités, 5 millions de m<sup>2</sup>/an.

**La demande de l'auto-construction** (neuve ou de rénovation) et des promoteurs privés est estimée égale aux programmes

Publics de logements, soit **16 millions de m<sup>2</sup>/an**.

La Demande annuelle serait donc de 37 millions de m<sup>2</sup>/an environ, soit 1,1 m<sup>2</sup>/hab/an.

### ***1.9. Sous secteur matériaux de revêtement dans la Wilaya de Guelma***

#### ***1.9.1. Informations Générales recueillies (Guelma)***

La wilaya de Guelma a une superficie de 3910.51 Km<sup>2</sup>

Elle se compose de dix (10) DAIRATES et trente cinq (35) communes. Sa population est estimée à 524 896 Habitants au 31/12/2006, se répartissant comme suit:

- Urbaine : 299323
- Rurale : 225573
- Le taux d'accroissement démographique serait de 1,23 %.

#### ***Sur les programmes de Construction***

Les programmes de construction se présentent actuellement comme suit :

### **C. L'Habitat :**

Le programme de logements en cours de réalisation est constitué de [11]:

- Urbain : 14000 logements
- Rural : 6 000 logements

### **D. Lotissements urbains non achevés : plus de 12000 lots à travers la wilaya de Guelma.**

Le Taux moyen d'occupation d'un logement (TOL) est actuellement de six (06) personnes, ce qui est appréciable, mais encore insuffisant.

### **E. Les constructions d'équipements :**

Elles sont constituées essentiellement d'équipements sociaux (écoles, hôpitaux, maisons de jeunes et centres culturels, directions de wilaya...).

Leur équivalent en logement est estimé à 25 % environ du programme d'habitat.

Il faut noter qu'il n'y a pas de constructions importantes qui sont réalisées, comme cela existe dans les grandes villes.

### **1.9.2. Sur l'utilisation des matériaux de Construction**

Les matériaux de construction utilisés pour les travaux de revêtement, pour les locaux à usages variés et les espace publics, placettes et jardins, sont essentiellement de carreaux granito.

### **1.9.4. Divers champs d'utilisation des carreaux de revêtement comme matériaux de construction**

Le carreau granito est un matériau de construction très léger, permettant un usage facile dans la construction, il possède des caractéristiques physico chimiques et mécaniques performants, peu coûteux et durable, son utilisation est variée, elle concerne notamment :

- Les constructions à usage d'habitation collectives ou individuelles
- Les équipements socio culturels (Ecoles, Lycées, centres culturels...)
- Les équipements sanitaires (Hôpitaux, cliniques, salles de soin...)

- Les équipements commerciaux
- Les équipements administratifs
- Etc....

C'est un matériau de décoration pour les placettes publiques, les jardins public...

## ***II.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 rait 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 rapproché de près et suivre les étapes de sa mise en œuvre.

## ***II.2. Rappel sur le béton***

### ***II.2.1. Historique***

L'invention du béton armé est généralement attribuée à Joseph Lambton, qui, en 1848, fit flotter une barque en ciment armé, et à Joseph Monier, qui construisit indépendamment, grâce à ce matériau, des bacs à fleurs en 1849. L'emploi du béton armé dans les structures s'étend dès lors rapidement en France sous l'impulsion de Joseph Monier, mais aussi de Poignet, de François Hennebique et d'Armand Gabriel Considère. Des 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.

Un nouvel essor est apporté par l'invention, vers 1930, du béton précontraint par Eugène Freyssinet. Un pas conceptuel important est alors franchi, qui constitue " une véritable révolution dans l'art de construire ", tant par la mise en pratique de la notion de précontrainte que par l'approfondissement de la compréhension du comportement mécanique et rhéologique du béton. L'utilisation de la précontrainte autorise, en effet, la maîtrise de la distribution des contraintes dans la matière. Elle permet, en particulier, de tirer profit de la

grande résistance à la compression du béton tout en évitant les inconvénients dus à sa faible résistance à la traction.

La reconstruction qui suit la Seconde Guerre mondiale voit la généralisation de l'emploi du béton précontraint pour la réalisation des ouvrages d'art français. Yves Guyon et Pierre Le belle précisent alors les principes de calcul des structures précontraintes et mettent à la disposition des ingénieurs les méthodes nécessaires à leur conception. [A]

### ***II.2.2. Définition***

Le béton est un matériau composite aggloméré, constitué de granulats durs de diverses dimensions collées entre eux par un liant. Les composants sont très différents: leurs masses volumiques vont, dans les bétons courants de 1 pour l'eau eau à plus de 3 pour le ciment (en  $t/m^3$ ). Si le type de liant utilisé n'est pas un ciment, on parle alors, soit de liant composé binaire, ternaire ou quaternaire.

En bref le béton est un:

Mélange d'agrégat (sable plus granulats) et de la pâte composée: de ciment, d'eau et d'adjuvant

- pâte 30 à 40%
- Ciment portland 7% to 15% par volume
- Eau 14% to 21% par volume
- Agrégats 60% à 80%
- Gros granulats
- Granulats fins
- Adjuvants chimiques [b]

### ***II.3. Présentations du matériau béton***

#### ***II.3.1. Les Constituants du béton***

La fabrication du béton nécessite deux ingrédients de base : les granulats, d'une part, qui vont constituer le squelette granulaire et représentent environ les deux tiers du béton en



volume, et la pâte de ciment, d'autre part, qui va servir à coller ces granulats entre eux, l'objectif étant d'avoir un matériau modulable qui après durcissement se rapproche d'une roche naturelle. Le cas échéant, l'apport d'adjuvants, et éventuellement d'additions minérales, de fibres, permet d'obtenir telle ou telle caractéristique.

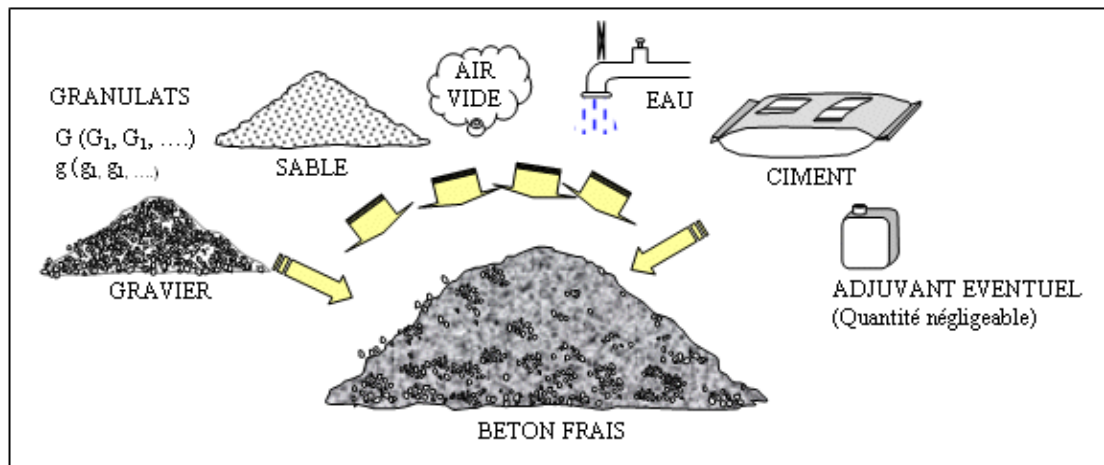


Figure II.1: les composants du béton frais.

### II.3.1.1. Le ciment

Le ciment est un produit moulu du refroidissement du clinker qui contient un mélange de silicates et d'aluminates de calcium porté à 1450 – 1550 °C, température de fusion.

Le ciment usuel est aussi appelé liant hydraulique, car il a la propriété de s'hydrater et de durcir en présence d'eau et par ce que cette hydratation transforme la pâte liante, qui a une consistance de départ plus ou moins fluide, en un solide pratiquement insoluble dans l'eau. Ce durcissement est dû à l'hydratation de certains composés minéraux, notamment des silicates et des aluminates de calcium.

L'expression de «pâte de ciment durcissant» sera utilisée pour désigner la pâte de ciment dans la transformation d'un état plus ou moins fluide en un état solide.

### ***II.3.1.1.1. Constituants de bas du ciment***

#### ***Le clinker***

Le clinker est un constituant du ciment, qui résulte de la cuisson d'un mélange composé d'environ 75 % de calcaire et de 25 % de silice : la «farine» ou le «cru». Cette cuisson, le clinker assation, se fait à une température d'environ 1450°C.

Le clinker se présente sous la forme de nodules durs et cristallisés, de teinte gris foncé pour les ciments habituels et verte pour le clinker de ciment blanc.

La composition minéralogique du clinker obtenu après cuisson des matières crues dépend de la composition du mélange, de la température, du combustible utilisé, du temps de cuisson et des conditions de refroidissement (trempe à l'air).

#### ***Constituants secondaires***

- ✓ Laitier granulé de haut fourneau (S)
- ✓ Pouzzolanes naturelles (Z) ou naturelles calcinées (Q)
- ✓ Cendres volantes siliceuses (V) ou calciques (W)
- ✓ Schistes calcinés (T)
- ✓ Calcaires (L, LL)
- ✓ Fumées de silice (D)
- ✓ Sulfate de calcium

Constituants secondaires :

Les constituants secondaires sont des matériaux minéraux naturels ou des matériaux minéraux dérivés du processus de fabrication du clinker ou des Constituants décrits dans les paragraphes ci-dessus (sauf s'ils sont déjà inclus en tant que constituants principaux du ciment). Ils ne peuvent excéder 5 % du poids total du ciment.

#### ***Additifs***

Les additifs sont des constituants qui ne figurent pas dans ceux énumérés ci-dessus et qui sont ajoutés pour améliorer la fabrication ou les propriétés Du ciment. La quantité totale

des additifs (à l'exception des pigments éventuellement ajoutés) doit être inférieure ou égale à 1 % en masse de ciment.

La proportion des additifs organiques, sous forme d'extrait sec, doit être inférieure ou égale à 0,5 % en masse de ciment.

#### ***II.3.1.1.2. Classifications des ciments***

La classification des ciments est faite de deux manières : soit d'après leur composition chimique, soit d'après leur classe de résistance.

##### ***a) Classification des ciments en fonction de leur composition[e]***

Les ciments constitués de clinker et des constituants secondaires sont classés en fonction de leur composition, en cinq types principaux par les normes NF P15-301 et ENV 197-1. Ils sont notés CEM et numérotés de 1 à 5 en chiffres romains dans leur notation européenne (la notation française est indiquée entre parenthèse):

➤ CEM I ciment Portland:

>95% de clinker

➤ CEM II ciment Portland compos :

65 - 95 % de clinker

5 - 35 % de fumée de silice, pouzzolanes, cendres volantes, calcaire

➤ CEM III ciment de haut fourneau :

5 - 64 % de clinker

36 - 95 % de laitier de haut fourneau

➤ CEM IV ciment pouzzolaniques :

45 - 80 % de clinker

20 - 55 % pouzzolanes + cendres volantes

## ➤ CEM V ciment composé :

20 - 65 % de clinker

18 - 50 % laitier + 18 – 50 % cendres volantes

La proportion (en masse) des différents constituants est indiquée dans le Tableau II.1. Les constituants marqués d'une étoile (\*) sont considérés comme constituants secondaires pour le type de ciment concerné; leur total ne doit pas dépasser 5%. (Les fillers sont considérés comme des constituants secondaires). [E]

|                              | Cim. Portland | Ciment Portland composé |              | Ciment de haut fourneau |               |               | Ciment pozzolanique                       |   | Ciment au laitier et aux cendres |                        |
|------------------------------|---------------|-------------------------|--------------|-------------------------|---------------|---------------|---|---|----------------------------------|------------------------|
|                              | CPA-CEM I     | CPJ-CEM II/A            | CPJ-CEM II/B | CHF-CEM III/A           | CHF-CEM III/B | CLK-CEM III/C | CPZ-CEM IV/A                              | CPZ-CEM IV/B                              | CLC-CEM V/A                      | CLC-CEM V/B            |
| <b>Clinker (K)</b>           | /95%          | /80%<br>≤94%            | /65%<br>≤79% | /35%<br>≤64%            | /20%<br>≤34%  | /5%<br>≤19%   | /65%<br>≤90%                              | /45%<br>≤64%                              | /40%<br>≤64%                     | /20%<br>≤39%           |
| <b>Laitier (S)</b>           | *             | 6%≤                     | 21%≤         | /36%<br>≤65%            | /66%<br>≤80%  | /81%<br>≤95%  | *   | *   | /18%<br>≤30%                     | /31%<br>≤50%           |
| <b>Pouzzolanes (Z)</b>       | *             | total                   | total        | *                       | *             | *             | 10% ≤<br>total<br>≤35%<br>(fumée<br>≤10%) | 36% ≤<br>total<br>≤55%<br>(fumée<br>≤10%) | 18% ≤<br>total<br>≤30%           | 31% ≤<br>total<br>≤50% |
| <b>Cendre siliceuses (V)</b> | *             | ≤20%                    | ≤35%         | *                       | *             | *             |   |   |                                  |                        |
| <b>Fumée de silice (D)</b>   | *             | (fumée                  | (fumée       | *                       | *             | *             |   |   |                                  |                        |
| <b>Cendres calciques (W)</b> | *             | de                      | de           | *                       | *             | *             |   |   |                                  |                        |
| <b>Schistes (T)</b>          | *             | silice                  | silice       | *                       | *             | *             | *   | *   | *                                | *                      |
| <b>Calcaires (L)</b>         | *             |                         |              | ≤10%)                   | ≤10%)         | *             | *   | *   | *                                | *                      |
| <b>Fillers (F)</b>           | *             | *                       | *            | *                       | *             | *             | *   | *   | *                                | *                      |

**Tableau II 4: Désignation des différents types de ciment en fonction de leur composition.**

***b) Les classes de résistance des ciments***

## Définition des classes de résistance

Les ciments sont répartis en trois classes de résistance, 32,5 - 42,5 - 52,5, définies par la valeur minimale de la résistance normale du ciment à 28 jours en MPA. La résistance normale d'un ciment est la résistance mécanique à la compression mesurée à 28 jours conformément à la norme NF EN 196-1 et exprimées MPA (1 MPA = 1 N/mm<sup>2</sup> = 10 bars).

Pour les ciments de classes 32,5 et 42,5 il est fixé une valeur maximale de la résistance normale à 28 jours, comme indiqué dans le tableau II.1.

## Valeurs limites applicables suivant les classes de résistance

La conformité d'un lot de ciment est appréciée pour ce qui concerne la résistance à la compression en fonction des valeurs du tableau suivant qui sont des limites absolues applicables à chaque résultat d'essai.

*Les autres caractéristiques*

La norme NF EN 197-1 retient également des critères de conformité autres que les résistances : temps de début de prise, stabilité, teneurs en sulfates ou en chlorures.

*Exigences chimiques*

Les exigences chimiques définies en termes des valeurs caractéristiques sont également explicitées dans le tableau ci-après.

***c). Les autres ciments***

D'autres ciments font l'objet de normes spécifiques.

|                               | désignation  | emploi   | Contre-indications  |
|-------------------------------|--------------|--|---|
| Sans constituants secondaires | CPA45 et 45R | Béton armé exigeant des résistances élevées avec un cours délai de décoffrage. | Travaux en grande masse (fondations)<br>présence d'eaux agressives. |
|                               | CPA45 et 55  | Tous travaux de béton armé   | Travaux souterrains   |

**Tableau II 5: le choix de ciment.**

***d). Les ciments courants caractéristiques Complémentaires normalisés [e]***

Pour certains types d'ouvrages, des propriétés complémentaires des ciments peuvent être requis ; elles font l'objet de normes spécifiques.

Ciments pour travaux à la mer (PM) NF P 15-317

Les ciments n'ont pas tous la même résistance face aux agressions chimiques liées à l'environnement marin ; l'emploi de ciments présentant des caractéristiques adaptées de résistance à ces agressions est donc nécessaire. Ces ciments présentent des teneurs limitées en aluminat tricalcique (C3A) qui leur permettent de conférer au béton une résistance accrue à l'agression des ions sulfate en présence d'ions chlorure, au cours de la prise et ultérieurement.

*Les ciments pour travaux à la mer sont:*

- des CEM I et des CEM II qui possèdent des caractéristiques physiques et chimiques complémentaires;
- des CEM III/A, B ou C et CEM V qui sont naturellement qualifiés pour cet usage ;

– des ciments prompts naturels (CNP) définis par la norme NF P 15-314 et des ciments alumineux fondus (CA) définis par la norme NF P 15-315,

Ayant présenté un bon comportement, soit lors d'essais de longue durée, soit en ouvrages dans le milieu considéré.

Ces ciments comportent la mention PM sur l'emballage et le bon de livraison.

Les ciments pour travaux en eaux à haute teneur en sulfates (ES) XP P 15-319

Les eaux séléniteuses constituent un milieu particulièrement agressif, qui nécessite l'emploi de ciments spécifiques. Ces ciments pour travaux en eaux à haute teneur en sulfates présentent des teneurs limitées en aluminates tricalciques (C3A) qui leur permettent de conférer au béton une résistance accrue à l'agression des ions sulfate au cours de la prise et ultérieurement.

*Ces ciments sont :*

- des CEM I et des CEM II qui présentent des caractéristiques complémentaires ;
- des CEM III/A, B ou C et des CEM V naturellement qualifiés pour cet usage;
- des ciments alumineux fondus (CA), définis par la norme NF P 15-315, ayant présenté un bon comportement,

Soit lors d'essais de longue durée, soit en ouvrages dans le milieu considéré.

Ces ciments comportent la mention ES sur l'emballage et le bon de livraison.

Les ciments à teneur en sulfures limitée (CP) NF P 15-318

Ces ciments sont des CEM I, CEM II, CEM III/A et B et CEM V dont la teneur en sulfures est inférieure à une valeur donnée. La norme prévoit deux classes notées CP1 et CP2. Ils sont destinés aux ouvrages en béton précontraint. Ils comportent la mention CP sur l'emballage et le bon de livraison. [E]

### **II.3.1.2. Les granulats**

#### **II.3.1.2.1. Définition**

On donnera le nom de granulats à un ensemble de grains inertes destinés à être agglomérés par un liant et à former un agrégat.

Le terme agrégats, est un assemblage hétérogène de substances ou éléments qui adhèrent solidement entre eux (le mortier ou le béton par exemple).

Les granulats utilisés dans les travaux de génie civil doivent répondre à des impératifs de qualité et des caractéristiques propres à chaque usage. Les granulats constituent le squelette du béton et ils représentent, dans les cas usuels, environ 80 % du poids total du béton.

Les granulats sont nécessaires pour la fabrication des bétons; du point de vue économique, car ils permettent de diminuer la quantité de liant qui est plus cher; du point de vue technique, car ils augmentent la stabilité dimensionnelle (retrait, fluage) et ils sont plus résistants que la pâte de ciment.

#### **II.3.1.2.2. Classification des granulats [6]**

On trie les granulats par dimension au moyen de tamis (mailles carrées) et de passoirs (trous circulaires) et on désigne une classe de granulats par un ou deux chiffres. Si un seul chiffre est donné, c'est celui du diamètre maximum D exprimé en mm; si l'on donne deux chiffres, le premier désigne le diamètre minimum d, des grains et le deuxième le diamètre maximum D.

Un granulat est caractérisé du point de vue granulaire par sa classe d/D. Lorsque d est inférieur à 2 mm, le granulat est désigné 0/D.

Il existe cinq classes granulaires principales caractérisées par les dimensions extrêmes d et D des granulats rencontrées (Norme NFP18-101):

Les fines                                0/D avec  $D \leq 0,08$  mm,

Les sables                              0/D avec  $D \leq 6,3$  mm,



Les gravillons  $d/D$  avec  $d \geq 2$  mm et  $D \leq 31,5$  mm,

Les cailloux  $d/D$  avec  $d \geq 20$  mm et  $D \leq 80$  mm,

Les graves  $d/D$  avec  $d \geq 6,3$  mm et  $D \leq 80$  mm,

Il peut être utile dans certains cas d'écrire la classification suivante:

| APPELLATION                 |        | Dimension de la maille des tamis en (mm) |
|-----------------------------|--------|--|
| Pierres cassées et cailloux | Gros   | 50 à 80                                  |
|                             | Moyens | 31,5 à 50                                |
|                             | Petits | 20 à 31,5                                |
| Gravillons                  | Gros   | 12,5 à 20                                |
|                             | Moyens | 8 à 12,5                                 |
|                             | Petits | 5 à 8                                    |
| Sable                       | Gros   | 1,25 à 5                                 |
|                             | Moyens | 0,31 à 1,25                              |
|                             | Petits | 0,08 à 0,31                              |
| Fines, farines et fillers   |        | inférieur à 0,08                         |

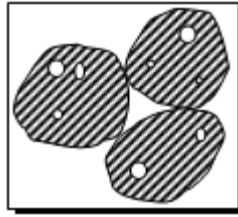
Tableau II 6: Classes granulaires des granulats.

#### II.3.1.1.4. Les caractéristiques principales des granulats [6]

##### a). Caractéristiques physiques

##### *La masse volumique absolue*

La masse volumique absolue d'un matériau est la masse d'un mètre cube de ce matériau, déduction faite de tous les vides, aussi bien des vides entre les grains que des vides à l'intérieur des grains.

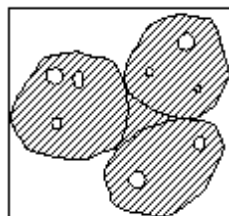


**Figure II.2: Volume hachuré = Volume absolu (sans pores).**

La densité absolue est le rapport de la masse absolue d'une unité de volume du matériau à température donnée à la masse du même volume d'eau distillée à la même température.

### *La masse volumique réelle*

La masse volumique réelle d'un matériau est la masse d'un mètre cube de ce matériau déduction faite des vides entre particules. La déduction ne concerne pas les vides compris dans le matériau mais seulement ceux entre les particules.



**Figure II.3: Volume hachuré = Volume réelle (apparent).**

La densité réelle est le rapport de la masse réelle d'une unité de volume du matériau sec dans l'air à température donnée à la masse d'un égal volume d'eau distillée à la même température.

### *La masse volumique apparente*

La masse volumique apparente d'un matériau est la masse volumique d'un mètre cube du matériau pris en tas, comprenant à la fois des vides perméables et imperméables de la particule ainsi que les vides entre particules. La masse volumique apparente d'un matériau

pourra avoir une valeur différente suivant qu'elle sera déterminée à partir d'un matériau compacté ou non compacté. Il faut donc préciser: masse volumique apparente à l'état compacté ou masse volumique apparente à l'état non compacté.

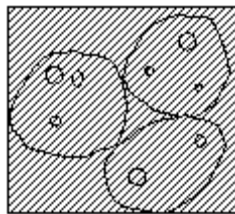


Figure II.4: Volume hachuré = Volume du récipient.

La densité apparente à l'état compacté ou non compacté sera obtenue en établissant le rapport de la masse apparente d'une unité de volume du matériau à température donnée à la masse d'une même quantité d'eau distillée à même température.

La masse volumique apparente d'un granulat dépend de la forme et de la granulométrie des grains ainsi que le degré de compactage et d'humidité. La valeur apparente est utilisée dans le cas où l'on effectue les dosages en volume des différentes composantes du béton. Cette méthode toutefois présente des risques certains à cause du foisonnement. Le graphique ci-dessous donne le foisonnement du sable en fonction de la teneur en eau.

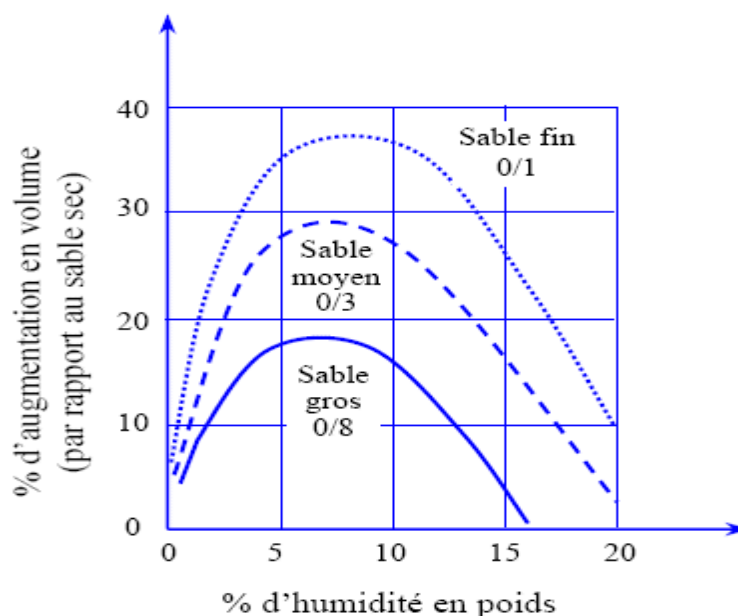


Schéma II.1. Foisonnement du sable en fonction de la teneur en eau.

### ***Absorption***

La plupart des granulats stockés dans une atmosphère sèche pendant un certain temps, peuvent par la suite absorber de l'eau. Le processus par lequel le liquide pénètre dans la roche et l'augmentation de poids qui en résulte sont appelés absorption.

L'absorption peut varier dans de très larges mesures suivant la nature du granulat. Elle peut varier de 0 à plus de 30 % du poids sec pour granulat léger.

En général, les granulats naturels utilisés pour la confection du béton sont peu poreux et n'absorbent pratiquement pas d'eau lorsqu'ils sont gâchés avec le ciment et l'eau. Par contre, des granulats artificiels, tels le LECA (Light expansé Clay agrégat = agrégats légers expansés d'argile), sont poreux. Il faut alors tenir compte de l'absorption de l'eau par les granulats lorsque l'on détermine la quantité d'eau requise pour fabriquer le béton.

La figure suivante montre les divers cas qui peuvent se présenter lorsqu'un granulat est poreux et qu'il est ou a été en contact avec de l'eau.

Lorsque les granulats sont légèrement poreux, il faut travailler, lors de l'étude de la composition d'un béton, avec des matériaux saturés à surface sèche. On obtient cet état en conservant les granulats dans l'eau pendant plusieurs heures et en les laissant sécher juste avant emploi jusqu'à ce que leur surface devienne roulante dans un linge sec.






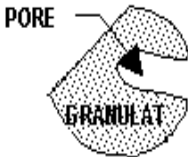

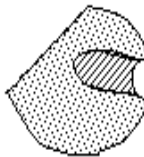
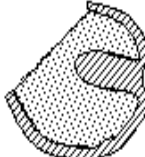
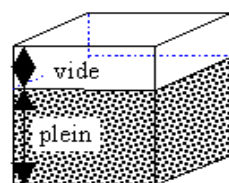
|   |  |   |   |
|--|--|---|---|
| <br><b>SEC</b><br>(dessiccation jusqu'à poids constant) | <br><b>NATURELLEMENT SEC</b><br>(séchage naturel à l'air) | <br><b>SATURE SURFACE SECHE</b>       | <br><b>SATURE SURFACE HUMIDE</b>       |
| <br>PAS D'EAU DANS DES PORES                            | <br>UN PEU D'EAU DANS DES PORES                           | <br>PORES REMPLIS D'EAU SURFACE SECHE | <br>PORES REMPLIS D'EAU SURFACE HUMIDE |
| SI LES GRANULATS SONT POREUX, UNE PARTIE DE L'EAU DE GACHAGE EST ABSORBEE PAR LES GRANULATS  |  | PAS D'ECHANGE D'EAU ENTRE GRANULAT ET PATE DE CIMENT  | L'EAU A LA SURFACE DES GRANULATS DILUE LA PATE DE CIMENT ET DOIT ETRE COMPACTEE COMME EAU DE GACHAGE                      |

Tableau II 7: La teneur en eau des granulats stocké à l'atmosphère.

**Porosité et compacité**

*\*Porosité*

En général la porosité est le rapport du volume des vides au volume.



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

Figure II.5: Volume quelconque.

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

*\*Compacité*

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

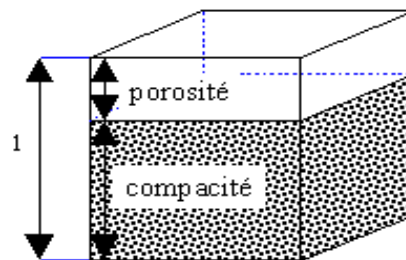


Figure II.6: Volume unitaire.

$$c = \frac{\text{plein}}{\text{vide} + \text{plein}}$$

$$p = \frac{\text{vide}}{\text{vide} + \text{plein}}$$

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

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

$$p + c = \frac{\text{volume des pleins}}{\text{volume total}} + \frac{\text{volume des vides}}{\text{volume total}} = \frac{\text{volume total}}{\text{volume total}} = 1$$

Si l'on connaît la masse volumique  $D$  et la masse spécifique  $g$  d'un matériau, il est aisé de calculer sa compacité et porosité.

$$c = \frac{\text{volume des pleins}}{\text{volume total}} = \frac{V_{\text{absolu}}}{V_{\text{apparent}}} = \frac{V_{\text{absolu}}}{V_{\text{apparent}}} \cdot \frac{M}{M} = \frac{M/V_{\text{apparent}}}{M/V_{\text{absolu}}}$$

D'où  $c = \frac{\Delta}{\gamma}$  ou, exprimée en %,

$$c\% = 100 \frac{\Delta}{\gamma}$$

$$p\% = 100 \left(1 - \frac{\Delta}{\gamma}\right)$$

### Teneur en eau

La teneur en eau d'un matériau est le rapport du poids d'eau contenu dans ce matériau au poids du même matériau sec. On peut aussi définir la teneur en eau comme le poids d'eau W contenu par unité de poids de matériau sec.

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

E = Poids d'eau dans le matériau.

P<sub>s</sub> = Poids du matériau sec.

P<sub>h</sub> = Poids matériau humide

Si W est exprimé en % :

$$W\% = 100 \frac{P_h - P_s}{P_s}$$

A partir des définitions données plus haut, on peut écrire les relations :

$$E = \frac{W\%}{100} P_s$$

$$P_h = P_s + E = \left(1 + \frac{W\%}{100}\right) P_s$$

$$P_s = \frac{P_h}{1 + \frac{W\%}{100}}$$

$$E = \frac{W\%}{100 + W\%} P_h$$

Les granulats utilisés pour la confection du béton contiennent généralement une certaine quantité d'eau variable selon les conditions météorologiques. L'eau de gâchage réellement utilisée est par conséquent égale à la quantité d'eau théorique moins l'eau contenue

dans les granulats. Il faut par conséquent disposer de moyens pour mesurer combien il y a d'eau dans les granulats.

*\*Actions possibles de l'eau sur les matériaux*

Lorsque tous les vides d'un corps sont remplis d'eau, on dit qu'il est saturé. Le degré de saturation est le rapport du volume des vides rempli d'eau au volume total des vides. Il joue un grand rôle dans les phénomènes de destruction des matériaux poreux par le gel. En se transformant en gel, l'eau augmente de 9% en volume environ.

La plupart des matériaux gonflent lorsque leur teneur en eau augmente et, inversement lorsqu'elle diminue (bois, roches sédimentaires, bétons, par exemple).

***Propreté et forme des granulats***

*\*Propreté des granulats*

Les granulats employés pour le béton doivent être propres, car les impuretés perturbent l'hydratation du ciment et entraînent des adhérences entre les granulats et la pâte.

*\*La propreté désigne:*

D'une part, la teneur en fines argileuses ou autres particules adhérentes à la surface des grains, ce qui se vérifie sur le chantier par les traces qu'elles laissent lorsqu'on frotte les granulats entre les mains.

D'autre part, les impuretés susceptibles de nuire à la qualité du béton, parmi lesquelles on peut citer les scories, le charbon, les particules de bois, les feuilles mortes, les fragments de racine.



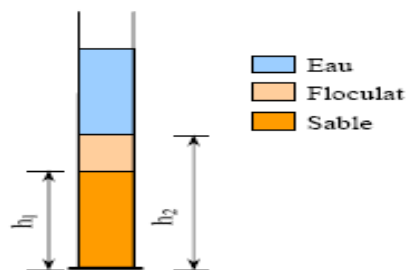


Figure II.7: Détermination de l'équivalent de sable piston.

Dans le cas des sables, le degré de propreté est fourni par essai appelé "équivalent de sable piston PS" (norme P 18-597) qui consiste à séparer le sable des particules très fines qui remontent par floculation à la partie supérieure de l'éprouvette où l'on a effectué le lavage. L'essai est fait uniquement sur la fraction de sable 0/2 mm. La valeur de PS doit selon les cas être supérieure à 60 ou 65. L'essai dit "équivalent de sable piston" permet de mesurer le degré de propreté du sable

$$PS = 100 \frac{h_1}{h_2}$$

| PS           | Nature et qualité du sable   |
|--------------|--|
| < 60         | "Sable argileux" risque de retrait ou de gonflement, à rejeter pour des bétons de qualité  |
| 60 ≤ PS < 70 | "Sable légèrement argileux" de propreté admissible pour béton de qualité quand on ne craint pas particulièrement de retrait.   |
| 70 ≤ PS < 80 | "Sable propre" à faible pourcentage de fines argileuses convenant parfaitement pour les bétons de haute qualité.   |
| PS > 80      | "Sable très propre" l'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau. |

Tableau II 8: Valeurs préconisées pour l'équivalent de sable par DREUX.

### *b). Caractéristiques mécaniques [7]*

#### *Méthodes de mesures*

Les caractéristiques mécaniques des granulats ne sont pas déterminées par des essais habituels de traction ou de compression. Par contre, il existe des essais tentant de reproduire certaines sollicitations propres à des usages spécifiques des granulats, par exemple le degré d'usure pour les granulats utilisés pour les bétons routiers.

#### *Essai Micro Derval*

C'est un essai dont le principe est de reproduire, dans un cylindre en rotation, des phénomènes d'usure. Les modalités de cet essai font l'objet de la norme NF P 18-572.

Le principe de cet essai est la détermination de la résistance à la fragmentation par chocs et à l'usure par frottements réciproques. Il fait l'objet de la norme NF P 18-573.

Le coefficient Los Angeles calculé à partir du passage au tamis de 1,6 mm, mesuré en fin d'essai, caractérise le granulat. Pour les granulats susceptibles d'être soumis aux effets du gel, on peut mesurer le coefficient Los Angeles après une série de 25 cycles gel/dégel (-25 °C, +25 °C) et le comparer au coefficient de référence.

Les granulats sont classés en 6 catégories allant de A à F, chacune d'elle devant les conditions suivantes :

| CATEGORIES | $L_A + M_{DE}$ | $L_A$     | $M_{DE}$  |
|------------|----------------|-----------|-----------|
| A          | $\leq 25$      | $\leq 20$ | $\leq 15$ |
| B          | $\leq 35$      | $\leq 25$ | $\leq 20$ |
| C          | $\leq 45$      | $\leq 30$ | $\leq 25$ |
| D          | $\leq 55$      | $\leq 35$ | $\leq 30$ |
| E          | $\leq 80$      | $\leq 45$ | $\leq 45$ |
| F          | $> 80$         | $> 45$    | $> 45$    |

$L_A$  – Coefficient Los Angeles.

$M_{DE}$  – Coefficient Micro Duval.

**Tableau II 9: Catégories des granulats selon la résistance aux chocs et à l'usure.**

### ***II.2.3.1.5. Différents types de granulats***

Les granulats utilisés pour le béton sont soit d'origine naturelle, soit artificiels.

#### ***a). Les granulats naturels***

##### ***Origine minéralogique***

Parmi les granulats naturels, les plus utilisés pour le béton proviennent de roches sédimentaires siliceuses ou calcaires, de roches métamorphiques telles que le quartz et quartzites, ou de roches éruptives telles que les basaltes, les granites, les porphyres.

##### ***Granulats roulés et granulats de carrières***

Indépendamment de leur origine minéralogique, on classe les granulats en deux catégories:

1- Les granulats alluvionnaires, dits roulés, dont la forme a été acquise par l'érosion. Ces granulats sont lavés pour éliminer les particules argileuses, nuisibles à la résistance du béton et criblés.

2- Les granulats de carrière sont obtenus par abattage et concassage, ce qui leur donne des formes angulaires. Une phase de pré criblage est indispensable à l'obtention de granulats propres.

#### ***b). Les granulats artificiels***

##### ***Sous-produits industriels, concassés ou non***

Les plus employés sont le laitier cristallisé concassé et le laitier granulé de haut fourneau obtenus par refroidissement à l'eau.

La masse volumique apparente est supérieure à  $1\,250\text{ kg/m}^3$  pour le laitier cristallisé concassé,  $800\text{ kg/m}^3$  pour le granulé.

Ces granulats sont utilisés notamment dans les bétons routiers. Les différentes caractéristiques des granulats de laitier et leurs spécifications font l'objet des normes NF P 18-302 et 18-306.

### ***Granulats à hautes caractéristiques élaborés industriellement***

Il s'agit de granulats élaborés spécialement pour répondre à certains emplois, notamment granulats très durs pour renforcer la résistance à l'usure de dallages industriels (granulats ferreux, carborundum...) ou granulats réfractaires.

### ***Granulats allégés par expansion ou frittage***

Les plus usuels sont l'argile ou le schiste expansé (norme NF P 18-309) et le laitier expansé (NF P 18-307). D'une masse volumique variable entre 400 et 800 kg/m<sup>3</sup> selon le type et la granularité, ils permettent de réaliser aussi bien des bétons de structure que des bétons présentant une bonne isolation thermique.

### ***Les granulats très légers***

Ils sont d'origine aussi bien végétale et organique que minérale (bois, polystyrène expansé).

Très légers - 20 à 100 kg/m<sup>3</sup> - ils permettent de réaliser des bétons de masse volumique comprise entre 300 et 600 kg/m<sup>3</sup>.

## ***II.3.1.3. L'eau de gâchage***

### ***II.3.1.3.1. Définition***

L'eau de gâchage 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.

### ***II.3.1.3.2. Caractéristiques de l'eau de gâchage***

#### ***a). Caractéristiques physiques***

L'eau de gâchage des bétons peut être une eau non potable (eau de rivière par exemple) ou, dans certains 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 les suivantes:

2g/litre pour les bétons des types A et B;

5g/litre pour les bétons du type C.

#### ***b). Caractéristiques chimiques [8]***

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 gâchage des bétons ne doit pas contenir des taux de sels en dessus des seuils normatifs suivants:

15g/litre pour les bétons des types A et B;

30g/litre pour les bétons du type C.

Avec:

1- type A: béton à résistance mécanique élevée (ouvrages en béton armé);

2- type B: béton à faible perméabilité (barrages, réservoirs, tuyaux);

3- type C: béton à résistance mécanique faible (béton peu ou non armé, massifs de fondation).

#### ***c). 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.

| Examen chimique | Agressivité |            |            |
|-----------------|-------------|------------|------------|
|                 | Faible      | Forte      | Très forte |
| Valeur du PH    | 6,5 à 5,5   | 5,5 à 4,5  | <4,5       |
| CO <sub>2</sub> | 15 à 30     | 30 à 60    | >60        |
| Ammonium        | 15 à 30     | 30 à 60    | >60        |
| Magnésium       | 100 à 300   | 300 à 1500 | >1500      |
| Sulfates        | 200 à 400   | 600 à 3000 | >3000      |

Tableau II 10: évaluation de l'agressivité de l'agressivité de l'eau naturelle.

#### **II.3.1.4. Adjuvants**

L'adjuvant est un produit qu'on incorpore au béton au moment du malaxage afin de modifier les propriétés du mélange à l'état frais et/ou durci. Son dosage doit être inférieur ou égal à 5 % de la masse de ciment.

Les adjuvants peuvent modifier l'ouvrabilité d'un béton ou d'un mortier, leur prise et le durcissement, la perméabilité ou la répartition de l'air occlus.

##### **II.3.1.4.2. Les différents adjuvants**

###### **a). Les adjuvants modifiant l'ouvrabilité du béton**

La frontière entre les différents types d'adjuvants de cette famille n'est pas toujours très nette, les effets recherchés sont très proches et les différences obtenues sont souvent une question de nuances liées aux dosages préconisés.

Les plastifiants réducteurs d'eau (NF EN 934-2)

Les super plastifiants (NF EN 934-2)

***b). Les adjuvants modifiant la prise et le durcissement***

Ces adjuvants sont des produits chimiques, qui modifient les solubilités des différents constituants des ciments et surtout leur vitesse de dissolution.

Physiquement, cette action se traduit par l'évolution du seuil de cisaillement dans le temps, en fonction de l'adjuvant utilisé (le graphique de la page suivante, illustre ce phénomène).

Les accélérateurs de prise et les accélérateurs de durcissement (NF EN 934-2)

Les retardateurs de prise (NF EN 934-2)

***c). Les adjuvants modifiant certaines propriétés du béton***

- Les entraîneurs d'air (NF EN 934-2)
- Les hydrofuges de masse (NF EN 934-2)
- Les rétenteurs d'eau (NF EN 934-2)
- Les produits de cure

***II.3.1.4.3. Classification des adjuvants***

Chaque adjuvant se définit par une seule fonction principale, selon la modification majeure qu'il apporte aux propriétés du béton ou du mortier. Cependant, l'efficacité de cette fonction principale peut varier selon le dosage et les composants du béton. Certains adjuvants développent des fonctions secondaires.

a). Accélérateurs de durcissement

b). Accélérateurs de prise

c). Entraîneurs d'air

d). Hydrofuges de masse

- e). Plastifiants
- f). Retardateurs de prise
- g). Super plastifiants

### ***II.3.1.5. Acier***

#### ***II.3.1.5.1. Définition d'acier***

Le matériau acier est un alliage fer et carbone en faible pourcentage. Les aciers utilisés en BA 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).

#### ***II.3.1.5.2. Les type des armatures***

Les ronds lisses : Symbole □ ou RL

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

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.

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.

### ***II.3.2. Propriétés des bétons***

#### ***II.3.2.1. Classification du béton***



Le béton fait partie de notre cadre de vie. Il a mérité sa place par sa caractéristique de résistance, ses propriétés en matière thermique, sa résistance au feu, son isolation phonique, son aptitude au vieillissement, ainsi que par la diversité qu'il permet dans les formes, les couleurs et les aspects. Le béton utilisé dans le bâtiment, ainsi que dans les travaux publics comprend plusieurs catégories.

En général le béton peut être classé en 4 groupes, selon la masse volumique:

- ✓ Béton très lourd:  $> 2500 \text{ kg/m}^3$ .
- ✓ Béton lourd (béton courant):  $1800 - 2500 \text{ kg/m}^3$ .
- ✓ Béton léger:  $500 - 1800 \text{ kg/m}^3$ .
- ✓ Béton très léger:  $< 500 \text{ kg/m}^3$ .

Le béton courant peut aussi être classé en fonction de la nature des liants:

- ✓ Béton de ciment (le ciment),
- ✓ Béton silicate (la chaux),
- ✓ Béton de gypse (le gypse),
- ✓ Béton asphalte.

Le béton peut varier en fonction de la nature des granulats, des adjuvants, des colorants, des traitements de surface et peuvent ainsi s'adapter aux exigences de chaque réalisation, par ses performances et par son aspect.

Les bétons courants sont les plus utilisés, aussi bien dans le bâtiment qu'en travaux publics. Ils présentent une masse volumique de  $2003 \text{ kg/m}^3$  environ. Ils peuvent être armés ou non, et lorsqu'ils sont très sollicités en flexion, précontraints.

Les bétons lourds, dont les masses volumiques peuvent atteindre  $6000 \text{ kg/m}^3$  servent, entre autres, pour la protection contre les rayons radioactifs.

Les bétons de granulats légers, dont la résistance peut être élevée, sont employés dans le bâtiment, pour les plates-formes offshore ou les ponts.

Les bétons cellulaires (bétons très légers) dont les masses volumiques sont inférieures de  $500 \text{ kg/m}^3$ . Ils sont utilisés dans le bâtiment, pour répondre aux problèmes d'isolation.

Les bétons de fibres, plus récents, correspondent à des usages très variés: dallages, éléments décoratifs, mobilier urbain.

La norme ENV 206 classe les bétons en fonction de leur résistance caractéristique à la compression conformément au tableau. II.9 Dans ce tableau  $f_{ckcyl}$  est la résistance caractéristique mesurée sur cylindres (c'est cette résistance qui correspond à la résistance caractéristique à laquelle il est fait référence dans l'Euro code 2) ;  $f_{ckcube}$  est la résistance caractéristique mesurée sur cubes. Les valeurs soulignées sont les valeurs recommandées.

| Classe             | <u>C12/15</u> | <u>C16/20</u> | <u>C20/25</u> | <u>C25/30</u> | <u>C30/37</u> | <u>C35/45</u> | <u>C40/50</u> | <u>C45/55</u> | <u>C50/60</u> |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| $f_{ckcyl}$ (Mpa)  | 12            | 16            | 20            | 25            | 30            | 35            | 40            | 45            | 50            |
| $f_{ckcube}$ (Mpa) | 15            | 20            | 25            | 30            | 37            | 45            | 50            | 55            | 60            |

Tableau II 11: Classes de résistance du béton.

### II.3.2.2 Etude de la composition du béton

En général il n'existe pas de méthode de composition du béton qui soit universellement reconnue comme étant la meilleure. La composition du béton est toujours le résultat d'un compromis entre une série d'exigences généralement contradictoires.

De nombreuses méthodes de composition du béton plus ou moins compliquées et ingénieuses ont été élaborées. On notera qu'une étude de composition de béton doit toujours être contrôlée expérimentalement et qu'une étude effectuée en laboratoire doit généralement être adaptée ultérieurement aux conditions réelles du chantier.

Une méthode de composition du béton pourra être considérée comme satisfaisante si elle permet de réaliser un béton répondant aux exigences suivantes :

Le béton doit présenter, après durcissement, une certaine résistance à la compression.

Le béton frais doit pouvoir facilement être mis en œuvre avec les moyens et méthodes utilisés sur le chantier.

Le béton doit présenter un faible retrait et un fluage peu important. Le coût du béton doit rester le plus bas possible.

Dans le passé, pour la composition du béton, on prescrivait des proportions théoriques de ciment, d'agrégat fin et d'agrégat grossier. Mais l'élaboration des ciments ayant fait des progrès considérables, de nombreux chercheurs ont exprimé des formules en rapport avec les qualités recherchées:

- ❖ minimum de vides internes, déterminant une résistance élevée;
- ❖ bonne étanchéité améliorant la durabilité ;
- ❖ résistance chimique;
- ❖ résistance aux agents extérieurs tels que le gel, l'abrasion, la dessiccation.

Sur un petit chantier où l'on fabrique artisanalement et souvent bien son béton l'on utilise le vieux principe: 2/3 de gros éléments et 1/3 d'éléments fins, soit 800 litres de gravillons et 400 litres de sable par mètre cube de béton pour 350 à 400 kg de ciment. La quantité d'eau de gâchage varie trop souvent au gré du savoir-faire du maçon, la nature de ciment, l'humidité du granulat passant après la consistance du béton à obtenir.

Le béton peut varier en fonction de la nature des granulats, des adjuvants, des colorants, des traitements de surface, et peut ainsi s'adapter aux exigences de chaque réalisation, par ces performances et par son aspect.

La composition d'un béton et le dosage de ses constituants sont fortement influencés par l'emploi auquel est destiné le béton et par les moyens de mise en œuvre utilisés.

Dans la composition d'un béton, les deux relations importantes suivantes interviennent:

La somme des poids des constituants de 1 m<sup>3</sup> de béton fini est égale au poids de 1 m<sup>3</sup> de béton fini. Si le ciment (C), l'eau (E) et les granulats (G<sub>i</sub>) sont les poids des constituants en kg par m<sup>3</sup> de béton fini et Δ. la densité du béton en place, on a :

$$C + E + (\sum G_i) = 1000$$

Le volume occupé par les constituants de  $1 \text{ m}^3$  de béton est égal à  $1 \text{ m}^3$ . Si (C), (E) et ( $G_i$ ) sont les volumes absolus des constituants en litres par  $\text{m}^3$  de béton fini, on a :

$$C + E + (\sum G_i) + V = 1000$$

Il est avantageux d'écrire ces deux relations sous forme tabulaire :

| CONSTITUANTS  | DOSAGE EN POIDS (kg)                    |                  | Masse spécifique ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ ) | DOSAGE EN VOLUMES ABSOLUS en $\text{L}/\text{m}^3$ |
|---------------|---|------------------|--|--|
|               | par gâchée de " $\alpha$ " $\text{m}^3$ | par $\text{m}^3$ |  |  |
| - Ciment      | $\alpha C$                              | C                | $\gamma_C$                                   | $c = C/\gamma_C$                                   |
| - Eau         | $\alpha E$                              | E                | 1  | $e = E$  |
| - Granulats 1 | $\alpha G_1$                            | $G_1$            | $\gamma_{G_1}$                               | $g_1 = G_1/\gamma_{G_1}$                           |
| - Granulats 2 | $\alpha G_2$                            | $G_2$            | $\gamma_{G_2}$                               | $g_1 = G_1/\gamma_{G_2}$                           |
| - Granulats 3 | $\alpha G_3$                            | $G_3$            | $\gamma_{G_3}$                               | $g_1 = G_1/\gamma_{G_3}$                           |
| - Air         | ----                                    | ----             | ----   | v  |
| $\Sigma$      | $1000\alpha\Delta$                      | $1000 \Delta$    | ----   | 1000   |

Tableau II 12: Le dosage des constituants de béton en poids et en volumes absolus

### *Essai de gâchage*

Béton frais : mesure  $\Delta$  (contrôle des dosages effectifs) mesure plasticité (contrôle de la consistance) mesure teneur en air (contrôle des vides) Fabrication éprouvette (contrôle de  $\beta$  moyen)

Béton durci: mesure  $\Delta$ , mesure  $\beta$  cube, évolution scléromètre, évolution essai gel, perméabilité, essais spéciaux...

### *Corrections*

En fonction des observations, des mesures faites lors de l'essai de gâchage et des résistances mécaniques obtenues, il sera nécessaire d'effectuer des corrections.

**-Consistance** : Lors de l'essai de gâchage, il est recommandé de ne pas ajouter tout de suite la quantité d'eau totale E prévue. Il est préférable d'ajouter seulement 95 % de E, de mesurer la consistance, puis d'ajouter de l'eau jusqu'à obtention de la consistance prescrite.

**-Dosage en ciment** : Si le dosage en ciment effectivement réalisé est faux, on devra le corriger. S'il faut rajouter (ou enlever) un poids  $\Delta C$  de ciment pour obtenir le dosage désiré, on devra enlever (ou rajouter) un volume absolu équivalent de sable, soit un poids  $\Delta C$  égal à :

$$\Delta S = \Delta C \frac{\gamma_{\text{sable}}}{\gamma_{\text{ciment}}} = \frac{2,68}{3,1} \Delta C$$

Si  $\Delta C$  est important, il faudra aussi corriger la quantité d'eau.

**-Résistances mécaniques** : Si les résistances mécaniques sont insuffisantes, il faudra avoir recours à l'une ou plusieurs des possibilités suivantes :

Augmenter le dosage en ciment (au-delà de  $400 \text{ kg/m}^3$ , une augmentation de dosage en ciment n'a plus qu'une très faible influence sur l'accroissement de résistance).

- ✚ Diminuer le dosage en eau sans changer la granulométrie.
- ✚ Corriger la granulométrie et réduire la quantité d'eau.
- ✚ Utiliser un autre type de granulats.
- ✚ Utiliser un adjuvant et réduire la quantité d'eau.
- ✚ Utiliser un ciment à durcissement plus rapide.

On devra en tous cas toujours veiller à ce que la consistance du béton permette une mise en œuvre correcte.

### II.2.3.2.3. Caractéristiques principales du béton frais

La caractéristique essentielle du béton frais est l'ouvrabilité, qui conditionne non seulement sa mise en place pour le remplissage parfait du coffrage et du ferrailage, mais également ses performances à l'état durci.

Il existe un très grand nombre d'appareils de mesure de l'ouvrabilité du béton reposant sur des principes différents. Certains mesurent une compacité, d'autres un temps

d'écoulement ou encore utilisent l'énergie potentielle du béton ou nécessitent un apport d'énergie extérieur.

On comprend qu'il est difficile de convenir d'un tel appareil tenant compte de tous les bétons possibles pour tous les usages et qui tiennent compte aussi des différents facteurs de l'ouvrabilité. Certains appareils sont utilisés à la fois par les laboratoires et par les chantiers. La distinction proposée est donc parfois assez artificielle, sauf dans le cas d'appareillage très élaboré.

#### **II.2.3.2.3.1. L'ouvrabilité du béton frais**

Il existe de nombreux essais et tests divers permettant la mesure de certaines caractéristiques dont dépend l'ouvrabilité. On n'en citera que quelques-uns qui sont les plus couramment utilisés dans la pratique.

##### ***Affaissement au cône d'Abrams.***

Cet essai (slump-test) est incontestablement un des plus simples et des plus fréquemment utilisés, car il est très facile à mettre en œuvre. Il ne nécessite qu'un matériel peu coûteux et peut être effectué directement sur chantier par un personnel non hautement qualifié mais ayant reçu simplement les instructions nécessaires au cours de quelques séances de démonstration. L'appareillage est complètement décrit dans la norme NF P 18-451 et est schématisé sur la (figure .II.8) Il se compose de 4 éléments: un moule tronconique sans fond de 30 cm de haut, de 20 cm de diamètre en sa partie inférieure et de 10 cm de diamètre en sa partie supérieure; une plaque d'appui; une tige de piquage; un portique de mesure.

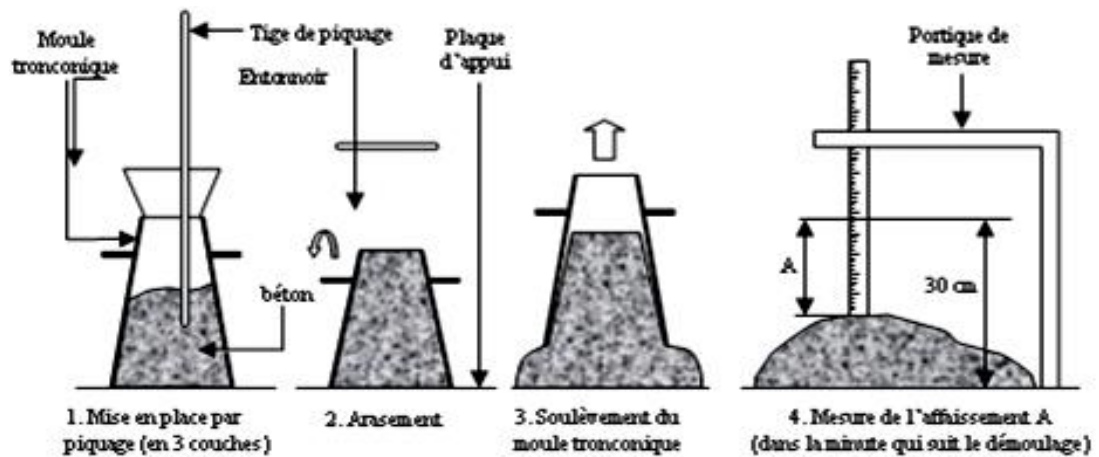


Figure II.8: Mesure de l'affaissement au cône d'Abrams.

Les mesures sont évidemment quelques peu dispersées et il ne faut pas accorder à cet essai un caractère trop rigoureux, mais on peut admettre qu'il caractérise bien la consistance d'un béton et permet le classement approximatif indiqué au (tableau .II.11).

| Classe de consistance | Affaissement (cm) | Tolérance (cm) |
|-----------------------|-------------------|----------------|
| Ferme F               | 0 à 4             | ± 1 cm         |
| Plastique P           | 5 à 9             | ± 2 cm         |
| Très plastique TP     | 10 à 15           | ± 3 cm         |
| Fluide F1             | ≥ 16              |                |

Tableau II 13: Appréciation de la consistance en fonction de l'affaissement au cône.

Malheureusement, cet essai ne convient pas pour tester les bétons qui seraient encore plus fermes, plus secs qu'un béton donnant un affaissement presque nul. Dans ce cas-là, il convient de déterminer la consistance du béton frais par une autre méthode, qui s'appelle l'essai Vébé, schématisé sur la (figure .II.9).

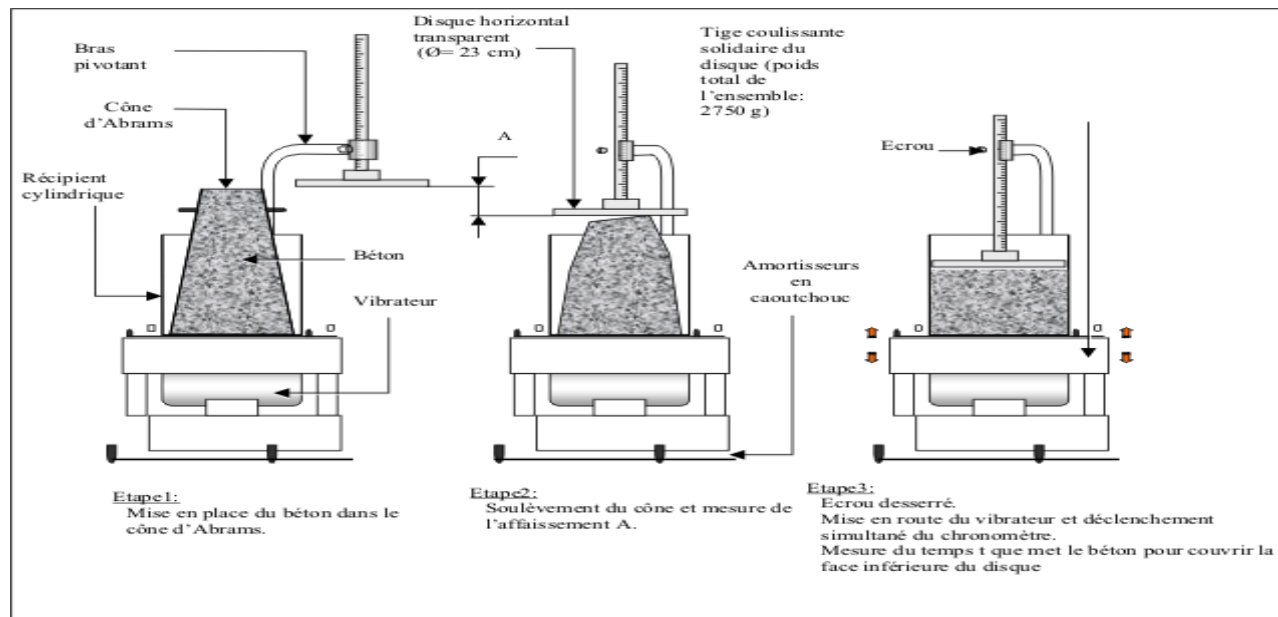


Figure II.9: Mesure de la consistance (Essai vébé).

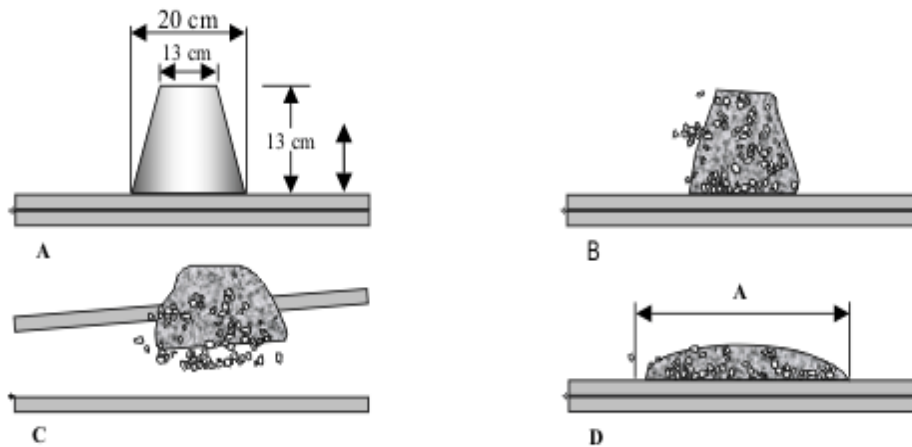
### *Étalement sur table (flow-test)*

L'essai d'étalement sur table (Flow-test) consiste à utiliser une table à chocs (Figure II.10) comprenant un plateau métallique animé d'un mouvement vertical. Un moule tronconique disposé sur cette table et du matériau à étudier (mortier ou béton). Après arasement et démoulage (en soulevant le moule), on donne à la table, à l'aide d'une manivelle, quinze chocs en quinze secondes (hauteur de chute = 12,5 mm). Le matériau s'étale sous forme d'une galette dont on mesure les deux diamètres perpendiculaires. L'étalement (en %) est donné par la formule:

$$\frac{D-D_1}{D} \times 100$$

avec  $D_1$  : diamètre inférieur du moule:  
 $D$  : diamètre moyen de la galette après étalement.





**Mesure d'étalement** Un échantillon de béton (B) formé comme pour le slump-test dans un moule tronconique en tôle (A) est placé sur une table métallique de 70x70 cm constituée de deux plaques articulées par une charnière le long d'un bord. On soulève la plaque supérieure de 4 cm et on la laisse retomber, ceci 15 fois de suite (C). La masse de béton s'étale en une galette dont le diamètre moyen A est la mesure de l'étalement (D).

Figure II.10: Mesure de l'affaissement sur table.

C'est un essai très simple utilisable sur mortier ou sur béton (moules et tables de dimensions différentes), aussi bien en laboratoire que sur les chantiers (il est dans ce cas, très utilisé en Allemagne). On peut pour le béton admettre les valeurs données dans le (tableau II.11).

| <i>Ouvrabilité</i> | <i>Étalement à la table (%)</i> |
|--------------------|---------------------------------|
| Très ferme         | 10 – 30                         |
| Ferme              | 30 – 60                         |
| Normal             | 60 – 80                         |
| Mou                | 80 – 100                        |
| Très mou à liquide | >100                            |

Tableau II 14: Les valeurs d'étalement à la table.

#### II.2.3.2.3.2. Résistance du béton frais

La résistance du béton frais est faible, mais elle intéresse plus particulièrement les fabricants pour le démoulage immédiat (avant prise du ciment) d'éléments de grande série.

À la suite d'études faites sur ce sujet, il semble que:

- \* Le rapport optimal E/C est voisin de 0,40 (béton plutôt sec),
- \* Le pourcentage optimales d'environ 0,38 (soit :  $G/S = 2,6$  valeur élevée)

- \* Les granulats concassés donnent des résistances plus élevées que les granulats roulés,
- \* La fréquence de la vibration est prépondérante (résistance triplée quand on passe de 3000 à 6000 périodes par minute).

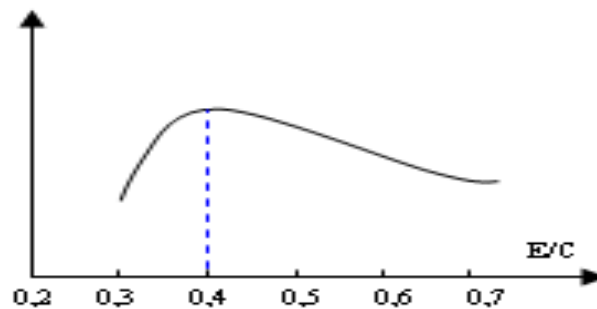


Schéma II 2: Résistance du béton frais.

La résistance en compression peut atteindre 0,3 à 0,4 MPA tandis que celle en traction ne dépasse guère  $1/100^{\text{e}}$  de ces valeurs, soit 0,004 MPA.

#### ***II.2.3.2.4. Caractéristiques principales du béton durcissant***

La caractéristique essentielle du béton durci est la résistance mécanique en compression à un âge donné (28 jours). Le béton est un matériau travaillant bien en compression, dont la connaissance de ses propriétés mécaniques est indispensable pour le calcul du dimensionnement des ouvrages.

Lorsqu'il est soumis à l'action d'une charge rapidement croissante, le béton se comporte comme un matériau fragile. D'une part, sa rupture n'est pas précédée de déformations importantes et, d'autre part, sa résistance à la traction est beaucoup plus faible que sa résistance à la compression.

On se préoccupe assez peu de sa durabilité, de son imperméabilité. Très souvent un béton de résistances mécaniques élevées est durable bien que l'on puisse confectionner avec un ciment très performant un béton sous-dosé, peu étanche, de durabilité limitée, mais possédant cependant les résistances en compression exigées.

On verra que la résistance du béton dépend d'un grand nombre de paramètres : le type et le dosage des matériaux utilisés, le degré et la condition de réalisation ... etc.

Par ailleurs, la résistance du béton est fonction d'une quantité de facteurs autres que la classe de ciment et qui sont à contrôler et à surveiller dès le choix de la qualité des granulats et tout au long de la chaîne de bétonnage.

La résistance d'un béton est une notion toute relative et elle dépend de la méthode d'essai utilisée (comprenant la forme des éprouvettes).

Le (tableau .II.12) ci-dessous indique les différentes catégories de béton avec les valeurs des résistances caractéristiques auxquelles elles correspondent, ces valeurs étant données pour les résultats obtenus sur cylindres et sur cubes, plusieurs pays de la CEE utilisant les cubes pour le contrôle des résistances à la compression.

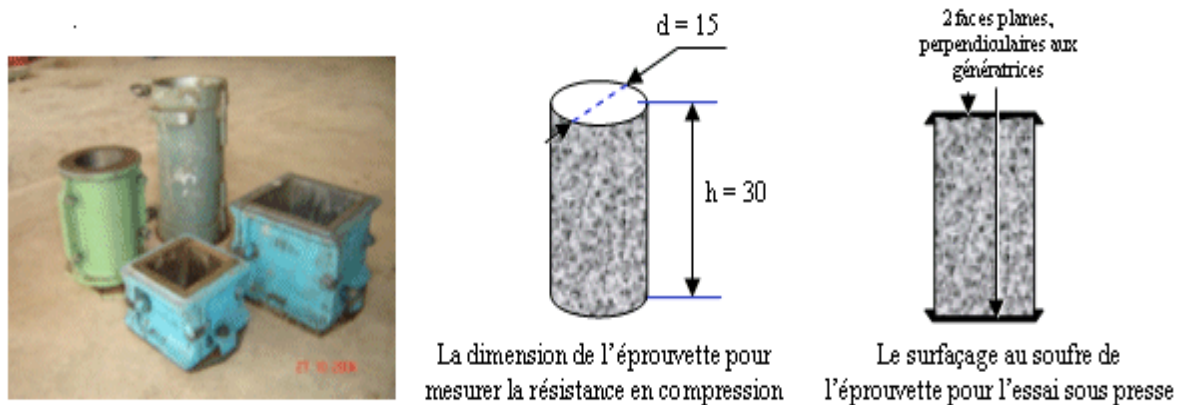
| Classe        | C12,5/15 | C16/20 | C20/25 | C25/30 | C30/37 | C35/45 | C40/45 | C45/55 | C50/60 |
|---------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $f_{ck}$ cyl. | 12       | 16     | 20     | 25     | 30     | 35     | 40     | 45     | 50     |
| $f_{ck}$ cube | 15       | 20     | 25     | 30     | 37     | 45     | 50     | 55     | 60     |

**Tableau II 15: Les résistances caractéristiques des bétons.**

#### II.2.3.2.4. 1. La résistance en compression

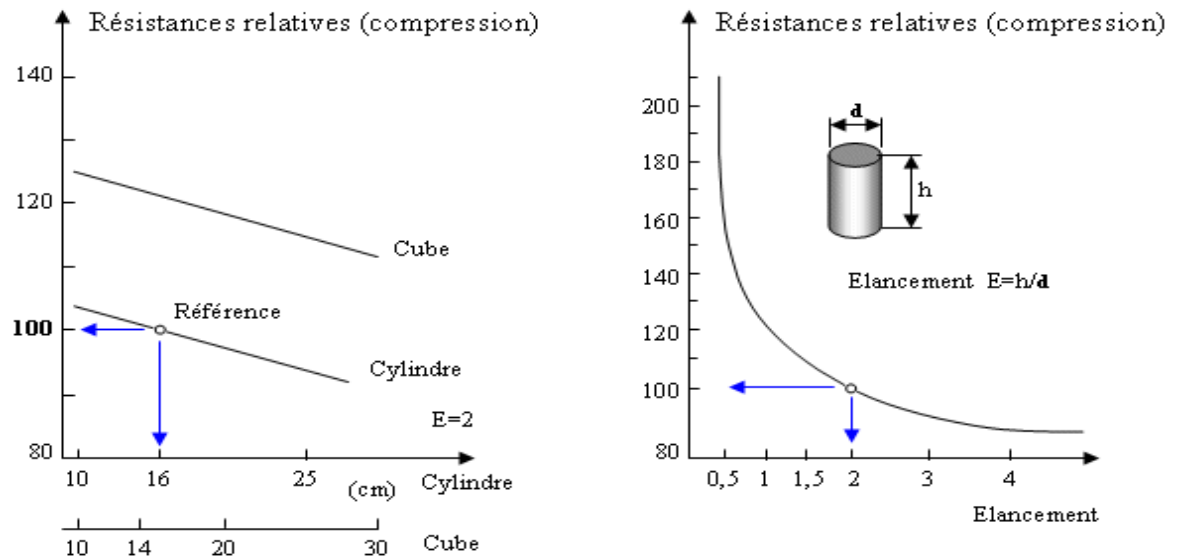
La résistance en compression à 28 jours est désignée par  $f_{c28}$ . Elle se mesure par compression axiale de cylindres droits de révolution et d'une hauteur double de leur diamètre. Le cylindre le plus couramment employé est le cylindre de 16 ( $d = 15,96$  cm) dont la section est de  $200 \text{ cm}^2$ . La normalisation européenne indique comme dimension des cylindres  $d = 15$  cm de  $H = 30$  cm.

Elle varie suivant la taille des éprouvettes essayées. Plus celles-ci sont petites et plus les résistances sont élevées. La résistance sur cylindre d'élanement 2 (par exemple diamètre de 16 cm, hauteur de 32 cm) est plus faible de l'ordre de 20% que la résistance sur cubes de 20 cm (Figure .II.12).



**Figure II.11: Les moules cylindriques, cubiques et les éprouvettes pour mesurer la résistance en compression.**

Le béton de l'ouvrage a des résistances différentes de celles du même béton essayé sur éprouvettes d'essais normalisés (il y a l'effet de masse et une hydratation différente du fait des évolutions des températures elles-mêmes différentes). La résistance en compression est donc à associer à la méthode d'essai (ou à la référence à la norme utilisée) et à l'échancee fixée.



**Schéma II.3: Variations des résistances en compression d'un béton en fonction de la forme et des dimensions des éprouvettes.**

#### II.2.3.2.4.2. La résistance en traction

Généralement le béton est un matériau travaillant bien en compression, mais on a parfois besoin de connaître la résistance en traction, en flexion, au cisaillement. La résistance en traction à 28 jours est désignée par  $f_{t28}$ .

#### *La résistance en traction - flexion*

Les essais les plus courants sont des essais de traction par flexion. Ils s'effectuent en général sur des éprouvettes prismatiques d'élancement 4, reposant sur deux appuis (Figure II.13):

Soit sous charge concentrée unique appliquée au milieu de l'éprouvette (moment maximal au centre).

Soit sous deux charges concentrées, symétriques, égales, appliquées au tiers de la portée (moment maximal constant entre les deux charges (.Figure .II.12).

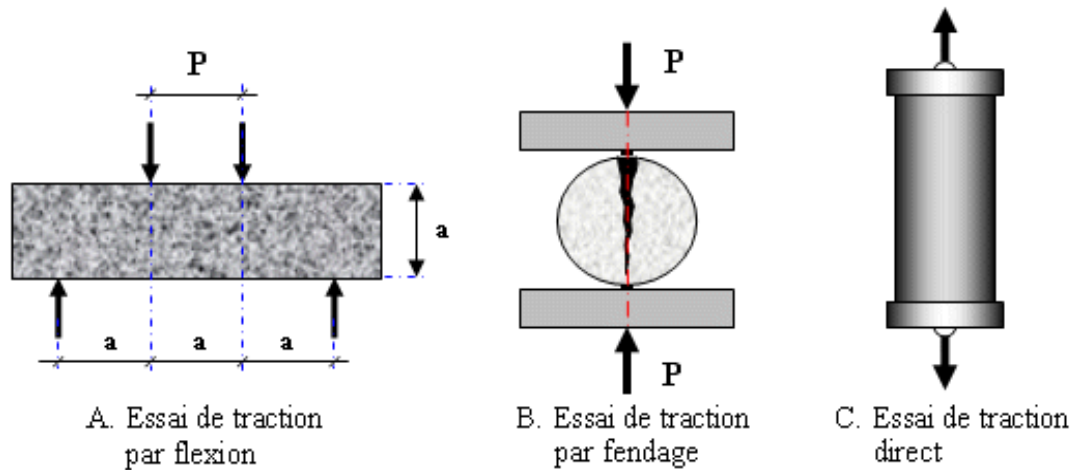


Figure II.12: Différents essais sur les résistances d'un béton en traction.

### *La résistance en traction par fendage*

L'essai consiste à écraser un cylindre de béton suivant deux génératrices opposées entre les plateaux d'une presse. Cet essai est souvent appelé "Essai Brésilien". Si  $P$  est la charge de compression maximale produisant l'éclatement du cylindre par mise en traction du diamètre vertical, la résistance en traction sera :

$$f_{tj} = 2 \frac{P}{\pi DL}$$

Avec :

$j$  = âge du béton (en jours) au moment de l'essai;

$D$  et  $L$  = diamètre et longueur du cylindre.

### *La résistance en traction directe*

La mesure se fait par mise en traction de cylindres identiques à celle de la résistance en traction par fendage, mais l'essai est assez délicat à réaliser car il nécessite, après sciage des extrémités, le collage de têtes de traction parfaitement centrées, l'opération devant avoir lieu sans aucun effort de flexion parasite.

### *a) La déformation des bétons.*

La résistance mécanique et la déformation sont des caractéristiques importantes du béton, car elles jouent un grand rôle non pas seulement pour la stabilité, mais aussi la durabilité des ouvrages.

Lorsque le béton est soumis à l'action d'une charge rapidement croissante, il se comporte comme un matériau fragile. D'une part, sa rupture n'est pas précédée de déformations importantes et d'autre part, sa résistance à la traction est beaucoup plus faible que sa résistance à la compression. La résistance à la traction s'annule même complètement si des fissures de retrait se sont développées.

Le choix judicieux des matériaux, une mise en œuvre correcte, l'adoption de dispositions constructives appropriées jouent un rôle essentiel dans l'art de construire. Toutefois, comme une partie importante de ses activités est consacrée aux problèmes de dimensionnement des constructions, l'ingénieur attache une importance particulière aux caractéristiques de résistance mécanique et de déformation des matériaux, car leur connaissance lui est indispensable pour réaliser des constructions à la fois sûres et économiques.

Dès la fin de la mise en œuvre, le béton est soumis à des déformations, même en absence de charges.

#### ***Le retrait***

C'est la diminution de longueur d'un élément de béton. On l'assimile l'effet d'un abaissement de la température qui entraîne un raccourcissement.

| <i>Causes et constatation</i>  | <i>Remèdes</i>   |
|--|--|
| Le retrait avant prise est causé par l'évaporation d'une partie de l'eau que contient le béton. Des fissures peuvent s'ensuivre car le béton se trouve | Il s'agit de s'opposer au départ brutal de l'eau par :<br>- la protection contre la dessiccation.<br>- l'utilisation d'adjuvants ou de produits de cure. |

|  |   |
|--|---|
| étiré dans sa masse.   |   |
| Après la prise, il se produit :<br>- Le retrait thermique dû au retour du béton à la température ambiante après dissipation de la chaleur de prise du ciment. On constate une légère diminution de longueur. | Il faut éviter de surdose en ciment. Les ciments de classe 45 accusent moins de retrait que ceux de classe 55 de durcissement plus rapide.  |
| - Le retrait hydraulique est dû à une diminution de volume résultant de l'hydratation et du durcissement de la pâte de ciment. Le retrait croît avec la finesse de ciment et le dosage.                      | Le béton aura d'autant moins de retrait qu'il sera plus compact ; ce qui dépend de la répartition granulaire, car un excès d'éléments fins favorise le retrait ainsi que les impuretés (argiles, limons). |

**Tableau II.16: Causes, constatation et Remèdes de retrait.**

*Estimation du retrait* :  $\Delta l = 3 \text{ ‰} \times L$ .

$\Delta l$  : est le raccourcissement.

L : est la longueur de l'élément.

Si une corniche en béton armé a une longueur de 15 m, le retrait est de l'ordre de:  $3 \text{ ‰} \times 15000 \text{ cm} = 0,45 \text{ cm}$ .

### ***La dilatation***

Puisque le coefficient de dilatation thermique du béton est évalué à  $1 \times 10^{-5}$ , pour une variation de  $\pm 20 \text{ °C}$  on obtient:  $\Delta l = \pm 2 \text{ ‰} \times \text{longueurs}$ .

Pour chaînage en B.A. de 20 m de longueur et un écart de température de  $20 \text{ °C}$ , on a une dilatation de :  $2 \text{ ‰} \times 2000 \text{ cm} = 0,4 \text{ cm}$ .



## Le fluage

Lorsqu'il est soumis à l'action d'une charge de longue durée, le béton se comporte comme un matériau VISCO-ELASTIQUE. La déformation instantanée qu'il subit au moment de l'application de la charge est suivie d'une déformation lente ou différée qui se stabilise après quelques années. C'est ce que l'on appelle le fluage (Schéma .II.4).

Le fluage est pratiquement complet au bout de 3 ans.

Au bout d'un mois, les 40 % de la déformation de fluage sont effectués et au bout de six mois, les 80%. Estimation de la déformation de fluage:

$$\Delta l = 4 \text{ à } 5 \text{ ‰ longueur.}$$

Cette déformation varie surtout avec la contrainte moyenne permanente imposée au matériau.

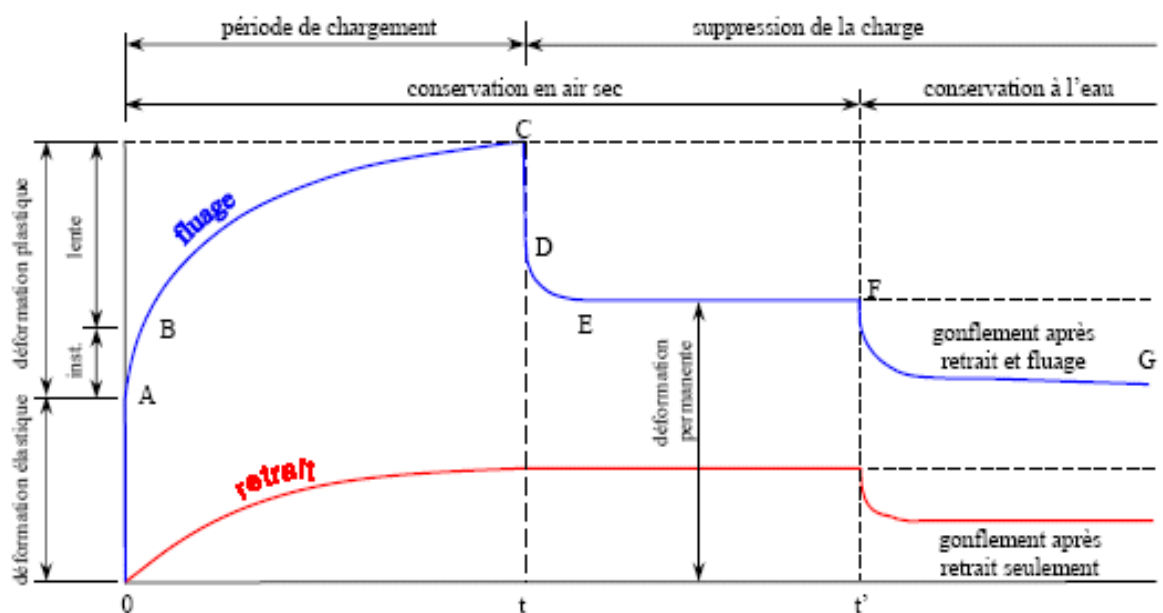


Schéma II.4: Chargement et déchargement. (Déformation réactive de retour).

### ***Élasticité du béton***

Le module d'élasticité E est défini par le rapport:

$$E = \frac{\text{contrainte unitaire}}{\text{déformation relative}}$$

Pour les projets courant, on admet:

$E_{ij} = 11\,000 f_{cj}^{1/3}$  (module de déformation longitudinale instantanée du béton) avec  $f_{cj}$  = résistance caractéristique à « j » jours.  $E_{vj} = 3\,700 f_{cj}^{1/3}$  (module de déformation différée) avec  $f_{cj} = 1,1 f_{c28}$ .

Il s'ensuit que :

$$E_{vj} \approx \frac{1}{3} \text{ de } E_{ij}$$

Notes :  $E_{ij}$ ,  $E_{vj}$ ,  $f_{c28}$ ,  $f_{cj}$  sont exprimés en MPA.

Le module d'élasticité de l'acier est de l'ordre de :  $200\,000 \text{ N/mm}^2$ , soit  $2\,000\,000 \text{ daN/cm}^2$ .

### ***Effet «Poisson»***

En compression comme en traction, la déformation longitudinale est aussi accompagnée d'une déformation transversale.

Le coefficient « Poisson » est le rapport :

$$\frac{\text{déformation transversale}}{\text{déformation longitudinale}}$$

Dont la valeur varie entre 0,15 et 0,30

### ***Mécanisme de la fissuration***

Deux bétons ayant un même retrait final peuvent se comporter très différemment du point de vue de la fissuration (Schéma. II.5) :

- le béton correspondant à L ne se fissure pas.
- le béton correspondant à L' se fissure en I au temps t.

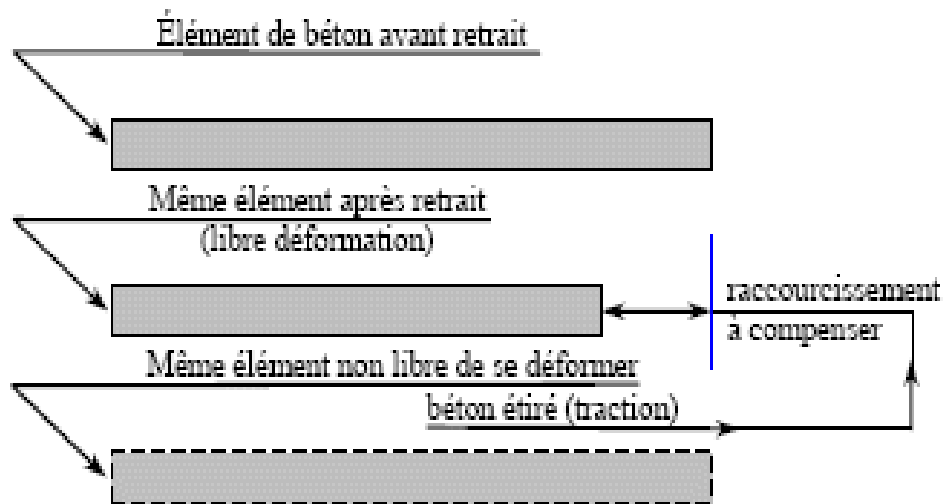


Schéma II.5: Le retrait du béton est pris en compte dans la conception des ouvrages (Exemple: joints de retrait des dallages et planchers).

### *Condition de fissuration d'un béton*

Le phénomène de retrait étire le béton de telle façon que l'allongement résultant compense le raccordement imposé par le retrait, si l'élément était libre de se déformer. Le retrait augmente avec le temps, la tension interne aussi: si elle dépasse la limite de rupture du béton, la fissuration se produit.

### *II.2.3.3. L'utilisation du béton*

#### *II.2.3.3.1. Béton armé*

Le béton armé a été inventé par Joseph Monier qui en a déposé les brevets dès 1870. On se reportera pour plus de précision au livre Joseph Monier et la naissance du ciment armé paru aux éditions du Linteau (Paris, 2001).

De façon intrinsèque, le béton de ciment présente une excellente résistance à la compression. En revanche, il a une faible résistance à la traction donc à la flexion. Aussi est-il nécessaire, lorsqu'un ouvrage en béton est prévu pour subir des sollicitations en traction ou en flexion (comme par exemple un plancher, un pont, une poutre...), d'y incorporer des armatures en acier destinées à s'opposer et à reprendre les contraintes de traction qui pourraient mettre en péril la pérennité de l'ouvrage. Les armatures mises en œuvre peuvent être soit en acier doux (peu utilisés pour reprendre la traction pure, par définition l'acier doux n'a qu'une faible adhérence au béton, il reste donc utilisé pour les éléments travaillant essentiellement en flexion tel que les pylônes, les fûts, etc.) soit en acier haute-adhérence (aciers HA anciennement dénommés TOR). On parle alors de béton armé, matériau composite mis au point par François Hennebique en 1886.

#### ***II.2.3.3.2. Béton précontraint***

Parfois, les sollicitations prévisibles sont telles que l'élasticité propre de l'acier ne suffit pas à assurer la sécurité de l'ouvrage. Aussi, a-t-on recours à des techniques spécifiques d'armature conduisant au béton précontraint.

En effet, le béton possède des propriétés mécaniques intéressantes en compression alors que la résistance en traction est limitée et provoque rapidement sa fissuration et sa rupture.

Il s'agit de techniques inventées par Eugène Freyssinet en 1928, qui consistent à tendre (comme des ressorts) les aciers constituant les armatures du béton, et donc à comprimer, au repos, ce dernier. Ainsi, lorsque la structure est sollicitée, ces armatures s'allongent et le béton a tendance à se décompresser sans toutefois se mettre en traction, puisqu'il était déjà en partie comprimé.

Selon que cette tension appliquée aux armatures (appelé câble de précontrainte ou toron de précontrainte) est effectuée avant la prise complète du béton ou postérieurement à celle-ci, on distingue la précontrainte par pré-tension et la précontrainte par post-tension.

Dans la pré-tension (le plus souvent utilisée en bâtiment), les armatures sont mises en tension avant la prise du béton. Elles sont ensuite relâchées, mettant ainsi le béton en

compression par simple effet d'adhérence. Cette technique ne permet pas d'atteindre des valeurs de précontrainte aussi élevées qu'en post-tension.

La post-tension consiste à disposer les câbles de précontrainte dans des gaines incorporées au béton. Après la prise du béton, les câbles sont tendus au moyen de vérins de manière à comprimer l'ouvrage au repos. Cette technique, relativement complexe, est généralement réservée aux grands ouvrages (ponts) puisqu'elle nécessite la mise en œuvre d'encombrantes " pièces d'about " (dispositifs mis en place de part et d'autre de l'ouvrage et permettant la mise en tension des câbles).

Dès lors la section de béton est uniformément comprimée (selon la position des câbles il apparaît même une contre-flèche à vide). Une fois soumis à la charge maximale, la précontrainte en fibre inférieure sera presque annulée par la tension de charge, alors que dans la partie supérieure la compression sera largement plus importante que dans une poutre en béton armé classique.

#### ***II.2.3.3.3. Autres techniques de renforcement***

On peut améliorer la résistance mécanique (post-fissuration) du béton en y incorporant des fibres (dosages traditionnels de l'ordre de 20 à 60 kg/m<sup>3</sup>). L'incorporation de celles-ci dans le béton rend ce dernier davantage ductile (moins fragile). Différents types de fibre peuvent être utilisés avec des propriétés spécifiques. C'est surtout le rapport entre la longueur et le diamètre des fibres (élancement) qui aura une influence sur les performances finales du béton fibré. On obtient ainsi un " béton fibré ", souvent mis en œuvre par projection (tunnels) ou couramment utilisé pour les dallages industriels par exemple.

Une autre option est dite de " poudre réactive " à structure fractale : les grains qui le composent ont tous la même taille, et accessoirement la propriété de présenter la même forme à différentes échelles (fractale). L'organisation optimale des granulats au sein du béton lui octroie de meilleures propriétés mécaniques. Il s'agit toutefois d'une technique toujours au stade expérimental.

#### ***II.2.3.3.4. Béton bitumineux***

Le béton bitumineux (aussi appelé enrobé bitumineux) est composé de différentes fractions de gravillons, de sable, de filler et utilise le bitume comme liant. Il constitue généralement la couche supérieure des chaussées (couche de roulement). L'enrobé est fabriqué dans des usines appelées " centrales à enrobés ", fixes ou mobiles, utilisant un procédé de fabrication continu ou par gâchées. Il est mis en œuvre à chaud (150 °C environ) à l'aide de machines appelées " finisseurs " qui permettent de le répandre en couches d'épaisseur désirée. L'effet de " prise " apparaît dès le refroidissement (< 90 °C), aussi est-il nécessaire de compacter le béton bitumineux avant refroidissement en le soumettant au passage répété des " rouleaux compacteurs ". Contrairement au béton de ciment, il est utilisable presque immédiatement après sa mise en œuvre.

#### ***II.2.3.3.5. L'acheminement du béton***

Le mode, la durée et les conditions de l'acheminement du béton sont des éléments déterminants dans sa formulation. Ils ont chacun une influence particulière sur sa manœuvrabilité et sa qualité.

Le béton se transporte soit par des moyens manuels (seau, brouette...), soit, pour de grandes quantités, par des moyens mécaniques. Dans ce cas, il est généralement transporté depuis la centrale à béton par camions " toupies " (capacité 7 ou 15 m<sup>3</sup>).

Une fois sur le chantier, il est transvasé soit dans des bennes à béton (750 litres à 1,5 m<sup>3</sup>) qui sont levées à la grue pour être ensuite vidées dans le coffrage, soit dans une pompe à béton qui est accouplée à un mât de distribution du béton. Il peut aussi être projeté à l'aide d'un compresseur pneumatique. Cette technique est très utile afin d'exécuter plusieurs réparations sur des ouvrages en béton.

Certaines toupies sont aussi équipées d'un tapis roulant (d'une dizaine de mètres) permettant dans certains cas de se passer du moyen de levage.

Le démarrage du temps de prise du béton se fait à partir de son malaxage. Le transport entame donc ce temps et doit être le plus rapide possible pour préserver un maximum de manœuvrabilité du béton pendant sa mise en place.

La température lors du transport est aussi importante. La rapidité de prise du béton est fortement influencée par la température ambiante. Par très grosses chaleurs, l'utilisation d'eau froide peut être faite lors du malaxage et d'eau chaude par temps froid.

#### ***II.2.3.3.7. Béton ordinaire***

Béton ordinaire est le béton terme définissent décrivant qui est produite en suivant les instructions de mélange qui sont couramment publiées sur les paquets de ciment, typiquement en utilisant du sable ou autre matériau commun que l'agrégat, et souvent mélangés dans des contenants improvisé. Ce béton peut être produit pour obtenir une force variant d'environ 10 MPA (1450 psi) à environ 40 MPA (5800 psi), selon le but, allant de la cécité au béton structurel, respectivement. De nombreux types de pré-mélangé béton sont disponibles, qui comprennent le ciment en poudre mélangé à un agrégat, nécessitant seulement de l'eau.

Typiquement, un lot de béton peut être faite en utilisant une partie de ciment Portland, 2 parties de sable sec, 3 pièces en pierres sèches, 1 / 2 part d'eau. Les pièces sont en termes de poids - pas de volume. Par exemple, un pied cubes (0,028 m<sup>3</sup>) de béton serait faite à l'aide £ 22 (10,0 kg) de ciment, 10 lb (4,5 kg) d'eau, 41 lb (19 kg) de sable sec, 70 lb (32 kg) pierre sèche (1 / 2 "à 3 / 4" de pierre). Cela ferait un pied cubes (0,028 m<sup>3</sup>) de béton et pèserait environ 143 lb (65 kg). Le sable doit être du sable de mortier ou de la brique (lavé et filtré si possible) et la pierre doivent être lavés, si possible. Les matières organiques (feuilles, brindilles, etc.) devraient être retirés du sable et de pierre pour assurer la plus grande force.

#### ***II.2.3.3.8. Le béton haute résistance***

Le béton haute résistance a une résistance à la compression généralement plus de 6.000 livres par pouce carré (40 MPA = 5800 psi). Le béton haute résistance est faite par l'abaissement de l'eau-ciment (E / C) à 0,35 ou moins. Souvent les fumées de silice sont ajoutées pour empêcher la formation de cristaux d'hydroxyde de calcium libre dans la matrice cimentaire, ce qui pourrait réduire la force à la liaison du ciment-agrégats.

Faible rapports E / C et l'utilisation de fumées de silice font mélanges de béton nettement moins réalisable, ce qui est particulièrement susceptible d'être un problème dans les applications de béton à haute résistance, où denses cages d'armature sont susceptibles d'être

utilisés. Pour compenser la maniabilité réduite, super plastifiants sont couramment ajoutés aux mélanges à haute résistance. Agrégat doivent être choisis avec soin pour la haute résistance môle, comme les plus faibles des agrégats ne peut pas être assez fort pour résister aux charges imposées sur le béton et provoquent l'échec de commencer dans l'ensemble plutôt que dans la matrice ou à un vide, comme cela se produit normalement dans réguliers béton.

Dans certaines applications de béton à haute résistance au critère de conception est *le module d'élasticité*, plutôt que la résistance ultime à la compression.

#### ***II.2.3.3.9. Béton estampé***

Béton estampé est un béton architectonique qui a une finition de surface supérieure. Après un sol en béton a été posé, les durcisseurs de plancher (peut être pigmentée) sont imprégnés de la surface et d'un moule qui peut être texturé à reproduire un bois de pierre / brique ou même est gravé sur de donner une finition de surface texturée attrayante. Après un durcissement suffisant de la surface est nettoyée et généralement fermés pour donner une protection. La résistance à l'usure du béton estampé est généralement excellente et donc trouvées dans des applications comme les parkings, trottoirs, allées etc.

#### ***II.2.3.3.10. Béton à hautes performances***

Béton à hautes performances (HPC) est un terme relativement nouveau utilisé pour décrire de béton qui se conforme à un ensemble de normes supérieures à celles des applications les plus courantes, mais non limité à la force. Alors que le béton toute la haute résistance est également de haute performance, ne sont pas tous en béton haute performance est de haute résistance. Quelques exemples de telles normes actuellement utilisées en relation avec HPC sont:

- Facilité de placement
- Compactage sans ségrégation
- Force plus jeune âge
- À long terme des propriétés mécaniques
- La perméabilité
- Densité
- La chaleur d'hydratation



- Dureté
- Stabilité de volume
- Longue durée de vie dans des environnements sévères
- Selon sa mise en œuvre, de l'environnement

### ***Conclusion***

Le béton est un matériau de base dans la construction, ses propriétés physiques et mécaniques,

Varié 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 permanent, pour s'assurer de la performance de ces caractéristiques, lui permettant de résister aux contraintes.

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

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

### ***III.1 Introduction [e]***

Le carreau est une plaque de formes diverses, d'épaisseur peu conséquente, en pierre, marbre ou céramique.

Les sols carrelés sont considérés en général par les maîtres d'ouvrage comme des revêtements durables par opposition aux revêtements souples (linoléum, PVC, moquette, aiguilleté, ...).

Mis en œuvre dans les locaux humides, mais également dans les pièces principales, ils répondent théoriquement dans l'esprit du propriétaire à des critères de propreté, solidité, inaltérabilité...

Depuis quelques années, la pose collée est devenue le mode d'exécution le plus courant. Cela est surtout dû aux prix concurrentiels que cette technique permet, même si certains carreleurs préfèrent le carrelage scellé.

Les nouvelles exigences acoustiques ou thermiques nécessitent une pose désolidarisée par rapport aux planchers porteurs, surtout dans les immeubles collectifs. Les délais d'exécution des immeubles se raccourcissent.

Les propriétaires ne veulent plus des découpages par joints de fractionnement pour des raisons esthétiques. Malgré l'évolution des techniques, les désordres augmentent.

En effet, la mince membrane que constitue le carrelage traduit rapidement les carences de son support et de sa mise en œuvre. Les désordres les plus courants sur les surfaces carrelées sont : la fissuration, le décollement et le soulèvement.

### ***III.2 Historique [f]***

Principe connu depuis l'Antiquité. Parmi les plus connus, on peut citer les Azulejos, carreaux bleus d'Espagne, Portugal, Mexique.

Les carrelages sont depuis l'origine très utilisés dans la civilisation musulmane, en particulier les lieux de culte, en utilisant essentiellement les formes et les effets géométriques, les représentations humaines ou animales étant interdites par la religion.

### ***III.3 Définition [f]***

Comme tous les matériaux céramiques, les carreaux s'obtiennent à partir de pâte d'argile, ainsi que d'autres substances naturelles. Ces mélanges, après une préparation appropriée, sont façonnés pour leur rendre la forme souhaitée et sont ensuite cuits selon leur nature à une température élevée (1 000° à 1 300° C). Constitués à l'origine de roche argileuse réfractaire, dont les grands gisements existaient en Chine.

Le carreau est une plaque de formes diverses, d'épaisseur peu conséquente, en pierre, marbre ou céramique.

Les sols carrelés sont considérés en général par les maîtres d'ouvrage comme des revêtements durables par opposition aux revêtements souples (linoléum, PVC, moquette, aigilleté, ...). Mis en œuvre dans les locaux humides, mais également dans les pièces principales, ils répondent théoriquement dans l'esprit du propriétaire à des critères de propreté, solidité, inaltérabilité...

Depuis quelques années, la pose collée est devenue le mode d'exécution le plus courant. Cela est surtout dû aux prix concurrentiels que cette technique permet, même si certains carreleurs préfèrent le carrelage scellé.

Les nouvelles exigences acoustiques ou thermiques nécessitent une pose désolidarisée par rapport aux planchers porteurs, surtout dans les immeubles collectifs. Les délais d'exécution des immeubles se raccourcissent. Les propriétaires ne veulent plus des découpages par joints de fractionnement pour des raisons esthétiques. Malgré l'évolution des techniques, les désordres augmentent.

### ***III.4 les différents types de revêtement [i]***

Il existe différents types de carreaux (revêtements de sols et murs) suivant leur constitution organique :

#### ***III.4.1. Carreaux en pierre naturelle***

##### ***III.4.1.1. Roches endogènes ou magmatiques[i]***

Granit – Basalte – Pierre Ponce Porphyre – classifiées dans les pierres très dures. Elles viennent de la décomposition des roches endogènes et sont principalement de composition calcaire – Grès – Pierre bleue – Travertin.

#### ***III.4.1.2. Roches métamorphiques***

Elles viennent de la transformation des deux précédentes. Elles sont à base siliceuse de calcaire : Le Marbre.

N.B.: plus le marbre contient de silice, plus il est résistant ; plus il contient de calcaire, plus il est poreux, tendre et fragile.



**Photo III.1:Roches métamorphiques.**

#### ***III.4.1.3. Mosaïque de marbre[k]***

Nous classerons également dans les pierres naturelles " les mosaïques de marbre " vulgairement appelées " Granito " lors de leur commercialisation industrielle.

Les mosaïques de marbre étaient obtenues anciennement par clivage de marbres au marteau puis coulées dans du ciment et du calcaire. Une fois sec, on les ponçait à la main à la pierre ponce.

#### ***III.4.2. Carreaux en céramique***

##### ***III.4.2.1. Grès cérame fin vitrifié non émaillé[k]***

Mélange d'argiles sélectionnées 70 % et de feldspath 30 %. Les matières premières sont purifiées, mélangées, séchées, pressées et cuites entre 1.150 et 1.200 °C. Porosité

inférieure à 1,5 %. Ils existent en tous formats, sont résistants au gel, à une compression de 4 à 5T/cm<sup>2</sup> et à tous les acides sauf au fluorhydrique. Ils sont plus durs que l'ACIER.

#### ***III.4.2.2. Grès cérame porcelaine***

Même produit dans sa composition que le précédent mais dont la phase finale vitreuse est plus développée par ajout de fondants naturels tels que

Feldspath, Kaolin ou Quartz.

Mêmes propriétés que le précédent mais avec une porosité inférieure à 0,1 voire 0,05 %. Il peut être posé PARTOUT.

#### ***III.4.2.3. Grès cérame poli***

Même produit que les deux précédents mais ayant subi avant l'emballage un traitement sur une chaîne polisseuse.

Les arêtes de ces carreaux sont en plus rectifiées, ce qui leur donne un calibrage pratiquement parfait.

Ses propriétés sont comparables à celles du granit donc supérieures au marbre. Il peut être utilisé PARTOUT mais, vu son coût, est principalement utilisé en boutiques de luxe, banques ou immeubles de standing.

#### ***III.4.2.4. Les carreaux émaillés***

La dénomination exacte est **grès cérame fin vitrifié émaillé groupe**

La composition de la base du carreau est la même qu'un grès cérame non émaillé, la différence venant de l'émaillage de surface suivant des procédés différents selon l'effet final souhaité.

#### ***III.4.2.5. Les grès étirés non émaillés[j]***

Ils sont composés d'argiles sélectionnées et d'un fondant qui permettent, à  $\pm 20$  % d'humidité, d'obtenir une pâte que l'on étire à travers une filière lui donnant son profil. Les

PAINS sortant de la filière sont cuits à  $\pm 1.100$  °C, les tolérances de rigueur dimensionnelles sont plus importantes. Ce sont des carreaux généralement qualifiés de rustiques, utilisés en sol et mur. Leur résistance à l'usure est conforme aux normes et ils sont généralement in-gélifs.

#### ***III.4.2.6. Les grès étirés émaillés***

Ils sont identiques aux précédents mais émaillés à sec et cuits.

#### ***III.4.2.7. Les " terres cuites "***

Fabriqués à partir d'un mélange d'argiles plus ou moins fondantes, ces carreaux possèdent une structure exempte de toute vitrification.

Du jaune clair au brun foncé, avec absorption d'eau de 5 à 15 %, il est vivement conseillé de les traiter à l'huile de lin ou à la paraffine avant l'utilisation. Ils sont souvent de production artisanale.

N'ayez pas peur d'installer un bon tapis brosse. Celui-ci, en combinaison avec un petit avaloir empêchera l'apport de sable ou graviers incrustés aux semelles des chaussures.

#### ***III.4.2.8. Les carreaux de faïence***

Il y a quelques années, tous ces carreaux étaient des bi-cuissons, c'est-à-dire cuisson du support composé d'une poudre à base de Kaolin à  $\pm 1.100$  °C, puis ensuite décorés et émaillés en une ou plusieurs passes et cuits une seconde fois à des températures plus basses.

La technologie a obligé, presque tous les fabricants à opter pour la mono-cuisson (support, décor et émail étant cuits en une seule opération).

Ces carreaux offrent une infinité de possibilités de décoration soit en " fait main ", soit en sérigraphie, décalcomanie, etc.

Utilisation : murale uniquement, et principalement en cuisines et salles de bains.

#### ***III.4.2.9. Produits céramiques coulés***

En fait, ils sont peu nombreux. Beaucoup sont en pâte de verre de petits formats collés sur feuilles et utilisés en salles de bains ou piscines.

D'autres " BASALTE FONDU " sont produits à base de lave volcanique fondue et coulée dans des formes puis refroidis. Ces carreaux sont très résistants à la chaleur et aux chocs.

### ***III.5. les caractéristiques physiques du carrelage [m]***

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  $1500 \text{ kg/m}^3$  pour les carreaux les plus tendres à  $2900 \text{ kg/m}^3$  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 1500 m/s pour un granite très tendre à 6000 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 g/cm<sup>2</sup>.

***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 Mpa pour les carreaux les plus tendres à 62,7 Mpa pour les carreaux les plus durs.

***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 Mpa pour les carreaux les plus tendres à 30 Mpa pour les carreaux les plus durs.

***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 985 Kg/cm<sup>2</sup>.

***La résistance aux chocs***

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



### ***La compacité***

La compacité de certain carreau granito est de 98,37%.

### ***III.6. les différents usages***

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.7. les avantages et les inconvénients du carrelage[l]***

#### ***III.7.1. Les avantage***

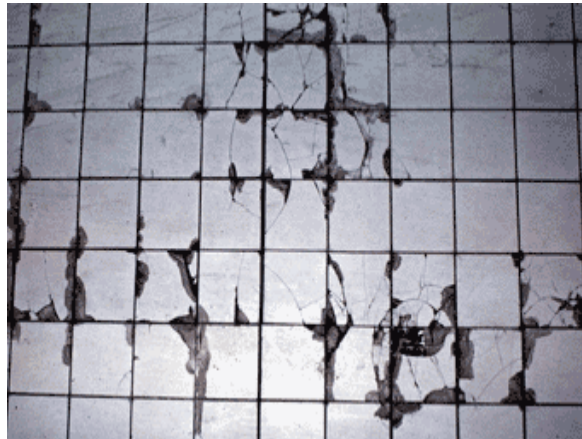
- ✓ Bonne tenue dans le temps.
- ✓ Entretien facile. Esthétique.
- ✓ Relativement facile à mettre en œuvre.
- ✓ Ne peut pas moisir puisqu'il ne contient aucun élément organique animal ou végétal.

#### ***III.7.2. Les inconvénients[l]***

Plus ou moins fragile, il est sujet aux risques de casse et de fissures (mais son remplacement est plutôt aisé, prévoyez toutefois l'achat de carreaux supplémentaires dès le départ car retrouver le même modèle et la même teinte peut en revanche poser problème).

#### ***✓ La fissuration***

Elle se développe linéairement selon des directions variables, mais plus particulièrement aux emplacements les plus sensibles (angles rentrants ou saillants, passages de porte, charges concentrées ...).



**Photo III.2: Carrelage fissuré.**

Elle traduit une déformation de la ou des différentes couches constituant le support du carrelage :

- souplesse du plancher porteur (flexion excessive du plancher bois entre solives, flexion anormale d'un plancher béton et traction au droit des appuis),
- déflexion localisée du support (charge concentrée sans effort),
- tassement différentiel de l'isolant (présence de points durs ou inadaptation du matériau isolant),
- franchissement d'un joint de gros-œuvre sans précaution (non prise en compte des joints de construction ou des changements de matériaux),
- retrait de la chape ou du mortier de pose (pose prématurée sur un support récent, mauvais positionnement du treillis ...)

✓ *Le décollement*

Le décollement des carreaux a principalement pour causes :

- une mauvaise préparation ou une mise en œuvre du mortier de pose qui ne permet pas une optimisation de l'adhérence, surtout si le carrelage posé est peu poreux (mouillage à optimiser) ou relativement lisse en sous face (diminution de la surface de contact).
- un battage des carreaux insuffisant contribue encore à diminuer les surfaces de contact.

- une préparation insuffisante du support (chape pour pose collée présentant des traces de plâtre ou des poussières empêchant l'adhérence, défaut de planimétrie provoquant des surcharges de colle ...).



**Photo III.3: Décollement des carreaux**

On rencontre également des mortiers de chape mal dosés en liant qui demandent une consolidation. Une mise en œuvre de la colle ne respectant pas les prescriptions d'utilisation (temps d'ouverture, simple ou double encollage, délai entre application et pose du carrelage...)

✓ *Le soulèvement [o]*

Le soulèvement est sans doute le désordre le plus spectaculaire. Il survient en général d'une façon brutale après un réchauffement rapide du carrelage alors que le support est encore à une température inférieure ou après retrait du gros-œuvre dans les premières années.

Il traduit une combinaison de facteurs et de contraintes divers dont la plus importante est la mise en compression du revêtement :

- Le support subit un retrait par nature, il engendre des mises en compression du carrelage si celui-ci est posé prématurément (si l'adhérence carrelage/support est correcte, cette mise en compression est absorbée au moins provisoirement les premières années).

- Les variations dimensionnelles thermo hygrométriques (Écarts d'humidité et de température) engendrent des alternances de contraintes qui sollicitent le revêtement.

- L'absence de joints périphériques et de joints de fractionnement constitue un blocage du revêtement qui ne peut se dilater librement. Il s'agit d'un facteur aggravant.

- La flexion des planchers contribue également à accentué cette mise en compression.

Ces différents facteurs se combinant avec un collage ou un scellement défailant provoquent à terme un soulèvement du revêtement carrelé par flambement.

### ***III.8. les procédures de fabrication du carrelage[n]***

Exemple de fabrication des carreaux 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 granito « CHEMMAKH 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 matériau de revêtement utilisé largement dans le bâtiment à Guelma.

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

#### ***Etude de cas***

##### ***III.8.1-Situation de l'unité***

L'unité de production de granite CHEMMAKH ABDELAZIZ est située au sein de la commune de BOUMAHRA AHMED qui se trouve à 12 km de Guelma.

##### ***III.8.2-Description de l'unité***

- ✓ L'unité a été inaugurée en 1984 année de début de production du granito avec plusieurs caractères : à partir de choix de client ;
- ✓ Cette unité n'utilise pas la publicité ;

La surface de cette unité est : 08 hectares, et elle divisé à 3parties :

- Partie pour l'administration ;
- Partie pour la production de qualité monocouche ;
- Partie pour la production de qualité bicouche ;
- ✓ L'unité emploie 80 travailleurs, repais 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.

### ***III.8.3-Le processus de fabrication***

- ✓ La fabrication des carreaux granitos s'effectue selon les étapes suivantes :
  - A- la préparation de la matière première (lavage des grains) ;



**Photo III 4: Lavage des grains.**

- b-concassage du grain (poudre Alka 200) ;
- c-bétonnage ;
- d- moulage ;
- e-le traitement des carreaux granitos ;
- f-le séchage ;
- i-Emballage et stockage de produit finale.

### III.8.4-Les étapes de fabrication

#### *La Zone de stockage et préparation de la matière première*

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



Photo III.5: Les différents grains.

#### ❖ *Les grains de marbre sont suivants*

| Les grains de marbre | référence |
|----------------------|-----------|
| Marbre blanc         | 3/8       |
| Marbre blanc         | 1/5       |
| Marbre rose          | 1/5       |
| Marbre rose          | 3/8       |
| Marbre noir          | 1/5       |
| Marbre noir          | 0.5       |
| Marbre jaune (onyx)  | 3/8       |
| Marbre jaune (onyx)  | 1/5       |

|               |     |
|---------------|-----|
| Marbre marron | 1/5 |
| Marbre marron | 0.5 |

✓ Avant l'opération de bétonnage il faut le laver les grains du marbre à l'aide de la machine à laveuse pour le but d'éliminer l'élément de la poudre et l'excès de fines, et on a système détrit l'eau et d'assure la protection de l'environnement.

✓ En suite les grains passent par une machine qui s'appelle « central à béton ».

Le terme « système » de bétonnage on entend l'ensemble des appareils qui, utilisé correctement, permet de préparer et travaille les matières premières comme les agrégats, le ciment, le sable, etc., qui seront mélangés pour obtenir une pate homogène pour être utilisée sur d'abutes machines ou déchargé dans des contenues.

✓ Pour produire une seul unité de granito il faut :

- 03 types (grain de marbre, poudre 150, poudre 200, ciment blanc)

✓ On peut ajouter un autre type de grain à partir de la demande de client, (service commerciale).

✓ Ensuite, dans un malaxeur les grains mélangent avec le ciment et l'eau pendant 30 secondes de malaxage.

✓ En fin la pate passe par un tapis d'alimentation d'environ 07m pour chargement de malaxeur doseur de première couche.

✓ Toutes ses opérations commandées par une unité de commande.





**Photo III.6: les 4 silos et le tapis de passage.**



**Photo III.7: skip de bétonnage.**

#### ***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 de 06 stations équipe pour la fabrication de granito 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 hydraulique de moules et centrale électrique.
- ✓ On a une autre machine pour aspirer l'eau dans la pâte qui prise.

#### ***Les zones de traitement des carreaux de granito « recyclage »***

##### **❖ *linéaire***

- ✓ Les carreaux de granito passent par une machine qui s'appelle « linéaire ».



- ✓ Les carreaux frais reste dans une chambre de stockage jusqu'à qu'il soit dures à la température 70°C en hiver en augmente la température proportionnel) et 50°C en été dans un temps de 07 heures.
- ✓ Après le stockage, les carreaux durcis seront recyclée. Le transport des carreaux à partir d'un chariot élévateur (Clark).
- ✓ Les machines est travaillent électrique et pneumatique.
- ✓ Pour le traitement des dalles sortant de la presse, qui doit être stockées en vue de leur durcissement artificiel avant d'être réintroduits dans le cycle de travail pour qu'il sera sec.
- ✓ Le travail de la linéaire et le récupérer les carreaux frais qui sort de la presse sur des plateaux frais fini en même temps. Il ya un robot qui récupérer le carreau durcis (sec) qui le met sur un convoyeur à transporteur a réseau qu'il sera transmet a la machine calibreuse.



**Photo III.8: le linéaire.**



**Photo III.9: préleveur ventouse du Produit.**



**Photo III.10: chambre de stockage.**

❖ ***la calibreuse***

S'appelle aussi « rectiligne » son rôle est de calibrer la phase inférieure des carreaux de granito il sera transmet au culbuteur a laide des rouleaux transporteur.

❖ ***le culbuteur***

Son rôle est réversible les carreaux à son phase supérieure (la phase principale).

❖ ***gréseuse à 04 têtes***

La « gréseuse » contient 04 plateaux port abrasif  $\phi 790$ .son rôle de graisser les carreaux sort semi lustrage.

Après il sera transmis par un convoyeur a rouleaux à la polisseuse.

***La polisseuse à 10 tête***

❖ Avec un pont mobile pour une finition de qualité élevée.

❖ Sont rôle faire le lustrage fini.



Photo III.11: la polisseuse à 10 tête.

### *La zone de séchage*

- Un séchoir pour le séchage des carreaux de granito.
- Une piste de séchage avec 08 ventilateurs.

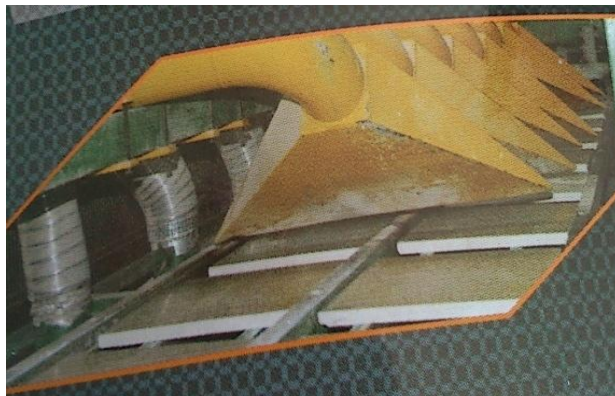


Photo III.12: Le séchoir.

**Note :** il ya un consentement entre toutes les machines.

### *Zone d'emballage*

- ✓ Ces une opération de couvrir les carreaux de granito a laide de (02) empileur (ouvrier) de triage les carreaux suivant la référence et la couleur du grain ensuite en fait l'emballage à l'aide du machine.



**Photo III.13: emballage des carreaux.**

**Note :** après la fabrication de granite l'ingénieur numérote les carreaux de granite à partir d'une recette (1, 2,3,...etc.).

#### ***Exemple de numérotation des carreaux***

- ✓ La recette des granulats qu'on fabrique suivant la demande du service commerciale et chaque granulat a cette recette spéciale.

#### ***Exemple d'une recette***

- ✚ Grain de marbre : 70%
- ✚ Poudre Alka 150 : 20%
- ✚ Poudre Alka 200 :30%
- ✚ Ciment blanc : 25%
- ✚ L'eau 30%

### ***III.9.Conclusion***

D'après la visite de l'unité de production de granite « CHEMMAKH ABDELAZIZ » nous avons conclure 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) ;

La production de carrelage couvre jusqu'à 800 m<sup>2</sup> par mois.

Sa production est limitée dans deux types de granite (mono couche, bicouche) ;

La production est demandée dans différents secteurs de construction (les constructions à usage d'habitation, la décoration des différentes structures) ;

L'unité de production permet d'offrir des postes de travail et de bonne qualité de granite.

### ***1-INTRODUCTION :***

Cette visite nous permettra de présenter l'utilisation des bétons dans la construction, pour cela nous nous sommes déplacés auprès d'une entreprise de réalisation, pour observer de près les diverses utilisations de bétons dans la construction.

Ces visites de chantier sont déroulées sur les lieux d'un projet en cours de réalisation par diverses entreprises ; ce projet comporte la réalisation de :

- 800 logements sociaux (R+4) situés au lieu dit POS Sud Guelma.
- Maître d'ouvrage : OPGI Guelma

### ***2- Domaines d'activités des entreprises :***

Le domaine d'activités concerne les travaux de réalisation de bâtiment tous corps d'état, et la promotion Immobilière.

### ***3-Main d'œuvre***

La main d'œuvre est facultative pendant l'exécution des projets, et selon leur importance, cependant le nombre des travailleurs déclarés en permanence n'excède pas 10 à 15 ouvriers, selon les dires des propriétaires et gérants d'entreprises.

### ***4-Présentation du projet et description des travaux***

Le projet de 100 logements sociaux est sous forme d'un bloc barre en R+4 et d'un bloc d'angle, regroupés avec d'autres blocs réalisés par d'autres entreprises dans le même site

#### ***a- Terrassement***

La réception du bon sol atteint par les services techniques (contrôle technique de la construction), l'entreprise entame la réalisation des gros bétons, après nettoyage et réglage des fouilles et des terrassements.

L'implantation est a charge de l'entrepreneur qui engage sa responsabilité avec le maître de l'œuvre chargé du suivi de la réalisation , il doit vérifier que les dimensions portée sur les plans concordent avec les constatations effectuées sur le terrain.

Le piquetage ayant servi d'implantation est laissé sur le terrain afin de permettre au maitre d'œuvre de procéder, s'il y a lieu, à la vérification.

Après réception de l'implantation l'entreprise engage les travaux de terrassement et fouilles, selon indications des plans et nature de terrain.

La réception du bon sol atteint par les services techniques (contrôle technique de la construction), l'entreprise entame la réalisation des gros bétons, après nettoyage et réglage des fouilles et des terrassements.

#### ***b-Béton arme pour infrastructure :***

Les terres excédentaires sont évacuées à la décharge publique, et afin d'entamer la réalisation des fondations, l'entreprise prépare les armatures en façonnage à l'aide d'un maçon ferrailleur, les semelles avec les amorces poteaux sont liées avec des cadres, (l'armature étant des ronds à haute adhérence de 16mm et de 14mm pour les barres et de 8mm pour les cadres et étriers).

La pose de cette armature se vérifie à l'aide des axes positionnés au niveau des chaises, l'étape suivante est la pose des coffrages pour les semelles.

Après la vérification des ferrailages et coffrages des semelles, les services chargés du suivi de l'exécution des travaux prononce la réception et autorise la coulée du béton pour semelles avec des matériaux propres et conformes (sable, gravier, ciment, eau de gâchage).



**Photo 14. sable****Photo 15. Gravier15/25****Photo 16. Gravier 5/15 et sable de mer****Photo 17. Ferrailage des poutres**

L'entreprise doit préparer des éprouvettes en nombre de six pour les essais des bétons réalisés

Au niveau d'un laboratoire agréé, le long des coulées de béton, les résultats doivent être vérifiés et classés dans le dossier du projet.

Après la période de durcissement des bétons, l'entreprise peut entamer les travaux de remblais aux pourtours des fondations, avec compactage et arrosage.

L'entreprise doit préparer des éprouvettes en nombre de six pour les essais des bétons réalisés

au niveau d'un laboratoire agréé, le long des coulée de béton, les résultats doivent être vérifiés et classés dans le dossier du projet.



Après la période de durcissement des bétons, l'entreprise peut entamer les travaux de remblais aux pourtours des fondations, avec compactage et arrosage.

### ***C- Longrines et dalle flottante :***

Les longrines sont réalisées en béton armé dosé à  $350 \text{ kg/m}^3$ , elles sont posées sur un béton de propreté, et une couche de pierres seiche d'une épaisseur de 20 cm doit être réalisée avant la pose de l'armature légère pour la dalle flottante d'une épaisseur de 10cm, pour les terrains humides un film polyane pour isolation et imperméabilité doit être pose sur hérisson.



**Photo 18. Zone de Dalle flottante**

**Photo 19. Longrine**



**Photo 20. Longrines et zone de dalle flottante**

### ***D-Béton arme pour super structure (élévation) :***

Le béton armé en élévation concerne la réalisation de poteaux, voiles, planchers en corps creux, escaliers, acrotères, éléments de façade, linteaux et appuis de fenêtres.



**Photo 21. les Poteaux**



**Photo 22. les voiles de contreventement**



**Photo 23. les Murs extérieurs**



**Photo 24. la dalle**

### ***a-Composition des bétons***

- le béton est un mélange de :

Pate pure (ciment+eau+air)

Granulats (sable et pierres cassées)

Le but recherché est d'obtenir une résistance maximale, donc il appartient à l'entrepreneur de faire procéder à des essais de dosage par un laboratoire d'études de sol agréé, et opter pour la granulométrie qui donnera le meilleur résultat.

-Le ciment utilisé est le ciment portland artificiel (CPA) de classe 325.

-L'eau de gâchage doit être propre : sans matières en suspension au-delà de 2 g/l et sans sel dissous au-delà de 15 g/litre.

➤ Les dosages utilisés sont :

-Béton de propreté dosé à 150 Kg/M<sup>3</sup> DE CIMENT (CPA) 325.

-Gros béton et béton pour formes de pentes dosés à 250 Kg/M<sup>3</sup> de ciment (CPA) 325.

-Béton et béton pour formes de pentes dosés à 250 kg/M<sup>3</sup> de ciment (CPA) 325.

-Béton armé dosé au minimum à 350kg/M<sup>3</sup> de ciment 'CPA) 325 (béton banché).

Ces dosages peuvent être après essais. Le maitre de l'œuvre se réserve le droit de modifier la granulométrie des bétons de compacité maximum, sans que l'entrepreneur puisse prétendre à une indemnité quelconque.

#### ***b-Spécification des armatures***

➤ Les aciers utilisés sont :

-les ronds lisses.

-les aciers à haute adhérence (barre HA, treillis soudés).

-le façonnage se fait suivant les plans d'exécution des ferrailages froids tout en respectant les rayons de courbures minimums admis pour chaque diamètre.

-le béton ne pourra être coulé qu'après vérification et acceptation de la réalisation du ferrailage par le maitre de l'œuvre.

#### ***c-Mise en œuvre du béton***

Après décapage à vif du fond de fouille ou de la surface destinée à

Recevoir le béton, celui-ci sera répandu et pilonné par couches de 15 cm d'épaisseur, se suivant d'assez près, pour qu'aucune couche n'ait pas fait prise avant d'être recouverte par la suivante.

Qu'il s'agisse d'un coffrage traditionnel en planches ou en tôles, les bétons mis en œuvre doivent être fortement comprimés et bien vibrés de manière à ce que la masse soit bien

compacte, bien homogène et qu'elle épouse tous angles du coffrage pour que les parois obtenues après décoffrage soient acceptables.

Dans le cas où l'entrepreneur se voit l'impossibilité d'achever dans la journée le coulage d'ouvrage (plancher, escalier, etc.), il doit aviser à l'avance le maître de l'œuvre pour désigner les endroits où l'arrêt des coulages est autorisé (reprise bétonnage), sous peine de destruction de l'ouvrage en question.

Pendant 15 jours au moins après coulage, le béton être protégé contre la dessiccation en l'arrosant aussi fréquemment que possible afin humidité constate surtout en temps de chaleur.

Le décoffrage ne doit se faire qu'après complet durcissement des bétons à l'expiration des délais déterminés par l'entreprise sous sa responsabilité pour chacune des opérations, en tenant compte des résistances des béton et de leur destination excepté pour les joues de poutres et les liteaux où le décoffrage peut se faire dès le début du durcissement.

Le décoffrage sera effectué sans choc en respectant les règles de sécurité des travaux et celui des manutentions.

Si au cours du décoffrage il se produirait des fissures ou déformations de nature à compromettre l'aspect ou la solidité de l'ouvrage, l'entrepreneur sera tenu de procéder d'urgence et à ses frais risque et périls aux réparations nécessaires, si elles sont possibles, tout en à la démolition et à la reconstruction de l'ouvrage.

Aucune partie d'ouvrage en béton armé n'aura une épaisseur inférieure à 04 cm la distance des armatures aux parois sera de 25 mm pour les ouvrages non exposé tout en respectant, les dimensions des plans d'exécution du béton armé.

Tous les ouvrages en béton pourront, en cas de nécessité et à la demande du maître de œuvre, être brossés à la brosse ou au balais métalliques afin d'enlever la laitance de ciment qui remonte à la surface, au cours de la vibration et qui est impénétrable aux badigeons ou peintures.

L'entrepreneur doit justifier de la résistance des bétons mis en œuvre.

### ***E-Maçonnerie-enduit***

### ❖ *Maçonnerie*

- ✚ Murs extérieurs : ils sont constitués en doubles parois, une paroi extérieure en briques rouges et creuses de 10 cm d'épaisseur par une lame d'air de 5 cm d'épaisseur.
- ✚ Murs intérieurs (cloisons) : il y a les murs en simple paroi (15 cm d'épaisseur) et en simple paroi (10 cm d'épaisseur).
- les murs simples parois sont en brique rouge et creuse de 10 cm d'épaisseur.
- les murs, simples parois, plus épais sont brique rouge et creuses de 15 cm d'épaisseur.
- ✚ le conduit de fumée, les gaines de ventilation (primaire et gaz), les potagers de cuisine et les niches SONALGAZ seront réalisées, de dimensions et l'emplacement, conformément aux plans d'exécution ainsi que l'emplacement et les dimensions des ouvertures des prises de fumée et des fourreaux.
- ✚ mise en œuvre de la maçonnerie :
  - dans tous cas les briques seront montées sur assises croisées (c'est-à-dire que les joints de deux lits de ciment consécutifs ne doivent en aucun cas être d'aplomb) et hourdées à bain de mortier de ciment dosé à 450 Kg/m<sup>3</sup> de ciment CPA.
  - l'entrepreneur devra, autant que possible, monter toutes les parties d'un ouvrage maçonné en même temps afin d'éviter les lézards, en cas d'impossibilité, il ménagera à l'extrémité des maçonneries exécutées des amarres ou harpes ou harpes inclinées à 45° environ.
  - il doit être tenu compte des ouvertures pour les portes et les fenêtres ainsi que les linteaux et les allèges.

Toutes les précautions devant être prises pour éviter l'ébranlement des maçonneries, soit par chocs des madriers, soit par roulements de brouettes.

### ❖ *enduit*

Enduit au mortier de ciment : appliqué sur tous murs extérieurs ainsi que les salles d'eau, cuisine, loggia, séchoir, et cage d'escalier, il sera d'une épaisseur de 1,5 à 2 cm exécuté en deux couches une couche sera surface rugueuse accentuée par des stries à la truelle s'il y a

lieu, la deuxième sera bien finie et talochée, les arrêtes et les arrondis seront correctement exécutés.

Enduit au plâtre : applique sur tous les murs et plafond intérieurs sauf les salles humides et les salles recevront un enduit particulier.

Il est exécuté sur une épaisseur de 105 cm en deux couches, la première est exécutée au plâtre gris, la deuxième au plâtre soigneusement lissée cette couches comprendra également le façonnage soigné des gorges à un filet de 10 cm de rayon et le calfeutrement des plinthes.

#### *F- Composition des bétons*

| Désignations des bétons | Compositions des bétons   | Utilisations des bétons                          |
|-------------------------|---|--|
| BETON N° 01             | -150 Kg de ciment<br>-400 Litres de sable<br>-800 Litres de tout venant                   | -Propreté de 0,05 m sous semelles en béton armé. |
| BETON N° 02             | -250 Kg de ciment<br>-450 Litres de sable<br>-360 Litres de 05/15<br>-650 Litres de 25/60 | -Gros béton pour massif de fondation.            |
| BETON N° 03             | -350 Kg de ciment<br>-400 Litres de sable<br>-400 Litres de 05/15                         | - Tous travaux en béton armé.                    |



|             |  |                                      |
|-------------|--|--------------------------------------|
|             | -400 Litres de 15/25   |                                      |
| BETON N° 04 | -400 Kg de ciment<br>-400 Litres de sable<br>-800 Litres de 05/15                      | - Béton moulé.                       |
| BETON N° 05 | -150 Kg de ciment<br>-100 Kg de chaux<br>-400 Litres de sable<br>-1000 Litres de 05/15 | -Forme de pente.                     |
| BETON N° 06 | -300 Kg de ciment<br>-400 Litres de sable<br>-1000 Litres de Déchets de Parpaings      | -Pour Remplir des fonds de placards. |

Tableau 17. composition des bétons

***I- Les constituants du béton*****➤ *Le ciment***

L'approvisionnement en ciment s'effectue à partir de l'unité de fabrication de ciment à HADJAR SOUD Wilaya de SKIKDA.



Photo 25. Le ciment Portland



Photo 26. stockage de ciment

➤ *.Les granulats*

Gravier et sable

Graviers provenant de la carrière située à la MAHOUNA – Guelma



Photo 27. Gravier 5/15

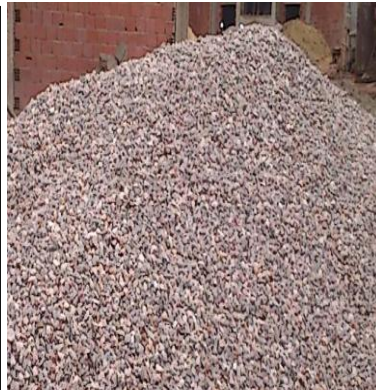


Photo 28. Gravier 15/25



Photo 29. sable de mer

➤ *L'eau de gâchage*

Utilisation d'eau ne contenant pas d'impuretés





**Photo 30. L'eau de gâchage.**

➤ **Acier**

Aciers pour éléments de structure T12, T14 et Acier pour cadres et étréie



**Photo 31. Aciers pour éléments de structure**



**Photo 32. acier pour cadres(T12,T14)**



**Photo 33. Treillis soude**

➤ **L'adjuvant**

Les adjuvants ne sont pas utilisés dans la construction en fonction du béton entrepreneur sécher naturellement.

➤ *Le résultat final*

Les bâtiments ont été achevés au maximum.



**Photo 34. Les bâtiments**



**Photo 35. Les bâtiments.**

***Conclusion***

Le béton est un matériau de construction utilisé en abondance, il forge nos façades urbaines, et constitue le matériau de base dans presque toutes les constructions.

Il est utilisé avec les aciers pour la réalisation des structures et ossatures, ciments et sables forment les mortiers avec lesquels on réalise les enduits et les joints des murs de séparation.

Les caractéristiques physiques et chimiques sont d'une grande performance, permettant une réalisation d'habitations et d'équipements de toutes sortes, ces critères de durabilité, de résistance et de protection, sa mise en œuvre plus ou moins aisée, ne nécessitant pas de moyens humains et matériels coûteux et très qualifiés, sont autant de facteurs qui ont contribué à sa large utilisation.

Nos visites sur chantier ont permis de voir de près ses divers usages, les moyens et méthodes d'exécution pour la réalisation de bâtiment, nous avons constaté l'omniprésence de ce matériau, pendant les étapes de réalisation, (réalisation de fondation, longrines, voiles, poteaux et planchers, acrotères, éléments de façade, escaliers, dalles.).