

Chapitre II: Généralité

Introduction

Le béton est un matériau hétérogène multiphasique poreux dont les constituants présentent des caractéristiques physico-chimiques et mécaniques différentes.

Il est constitué d'un mélange de granulats et d'une pâte (ciment, d'eau et éventuellement d'ajouts).

Les granulats sont des matériaux inertes qui, agglomérés par un liant, constituent le squelette du béton, lui confèrent sa compacité, participent à sa résistance mécanique et atténuent les variations volumiques lors du durcissement.

La pâte de ciment est le siège des réactions d'hydratation des constituants qui conduisent aux processus de prise et de durcissement et la transforment en matrice liante.

Les adjuvants fournissent aux formulations de béton une gamme étendue, variée et nuancée de possibilités pour faciliter la mise en œuvre des bétons, adapter leur fabrication au temps froid ou au temps chaud, réduire les coûts de mise en œuvre, améliorer les propriétés du béton durci, voire même lui conférer des propriétés nouvelles.

II. 1. Définition :

Le béton est un matériau artificiel obtenu par un mélange d'un liant (généralement du ciment), d'eau, de granulats (sables et gravier), et éventuellement d'adjuvant, le tout choisi de façon rationnelle.

II. 2. Historique :

Le béton avait pris ses pas après le mortier. Il est à noter que le mortier serait très ancien, citant les colonnes d'Egypte, en pierre artificielle qui date de 3600 ans avant notre ère. Les plus anciens mortiers reconnus sont ceux des maçonneries de remplissage, des pyramides et ceux des citernes et de tombeaux étrusques. Ce sont les Romains qui développèrent l'art des mortiers de chaux grasses, en y associant la pouzzolane (cendre du Vésuve à Pouzzoles) pour la prise hydraulique et qui en fixèrent la technique. Dans cette période, du règne de la chaux grasse, à durcissement trop lent pour permettre la tenue du béton en élévation, il ne fut employé que pour les aires (routes, dallages, planchers...) et les fondations.

Vicat obtint systématiquement les chaux hydrauliques en 1818 en partant de calcaires argileux. Le ciment ne fut utilisé qu'à partir du milieu du XIX^{ème} siècle pour les bétons en élévation.

En 1847 Coignet exécuta le premier immeuble en béton coffré, puis des pièces moulées, et en 1852 un plancher avec poutrelles en fer et en béton coulé (terrasse à Saint- Denis). Le béton armé de fers ronds apparut en 1848, avec le bateau Lambot, Le béton armé s'est étendu ensuite à toutes les constructions portantes chargées. Entre 1930 et 1950, on construit les premières réalisations en béton précontraint. Ce nouvel essor est apporté par Eugène FREYSSINET.

Les premières études systématiques sur les bétons eurent lieu en France et sont dues aux Ingénieurs des Ponts et Chaussées.

Les travaux de R.Féret sont considérables. En 55ans, il donne près de 200 publications sur les liants, les mortiers, les bétons, mais son étude de 1892. Complétée par celle de 1896 et qui n'a pas de correspondance nulle part, était déjà déterminante pour la découverte des lois du béton.

En 1925 Bolomey propose une loi continue qui reprend celle de Fuller sur la granulométrie et composition.

Le Clerc du Sablon en 1927 a fait une étude de résistance liée à la compacité du béton. En 1937, A.Caquot met en évidence l'effet de paroi des moules. En 1940, R.Valette a fait une étude de la résistance des bétons en fonction du rapport gravier / sable.

En 1942, Faury donna une étude générale du béton et proposa une nouvelle granulation type, variante assouplie des granulations continues antérieures

Actuellement, les recherches et les études sur les bétons ne cessent d'évoluer, dans le but d'améliorer leurs performances et aussi pour les rendre plus économique. [2]

II. 3. Composition du béton :

Le béton est un matériau hétérogène dont les caractéristiques physico-chimiques et mécaniques des divers constituants sont différentes. Composé essentiellement de granulats, et de la pâte de ciment (ciment, d'eau de gâchage et adjuvants) pour améliorer ou acquérir certaines propriétés pour faire face à des situations bien définies. Chacun de ses composants joue un rôle important dans le mélange.

II.3.1. Les granulats

II.3.1. 1. Définition :

On appelle (granulats) les matériaux inertes, sables graviers ou cailloux, qui entrent dans la composition des bétons. C'est l'ensemble des grains compris entre 0.02 et 125 mm, dont l'origine peut être naturelle, artificielle ou provenant de recyclage .Ces matériaux sont parfois encore appelés (agréats). Les intervalles d/D et $0/D$ sont appelés classes granulaires. [3]

La dimension de ces granulats varie d'un dixième à plusieurs dizaines de millimètres. La norme française XP P 18-540 donne une définition des principales divisions granulométriques des granulats :

- Sable 0/D avec $1\text{ mm} < D < 6,3\text{ mm}$.
- Gravillon d/D avec $d \geq 1\text{ mm}$ et $D \leq 125\text{ mm}$.
- Grave 0/D avec $D > 6,3\text{ mm}$. [4]

II.3.1.2. Différents types de granulats :

Un granulat, en fonction de sa nature et de son origine, peut être...

Naturel: d'origine minérale, issus de roches meubles (alluvions) ou de roches massives, n'ayant subi aucune transformation autre que mécanique (tels que concassage, broyage, criblage, lavage).

Artificiel: d'origines minérale résultant d'un procédé industriel comprenant des transformations thermiques ou autres.

Recyclé: obtenu par traitement d'une matière inorganique utilisée précédemment dans la Construction, tels que des bétons de démolition de bâtiments. [4]



Figure II.1 : Différents types de granulats.

II.3.1. 3. Utilisation :

Les granulats sont utilisés pour la réalisation des : filtre sanitaires, drains, bétons, remblais routiers,... Les deux principales utilisations des granulats sont les bétons et la viabilité, à savoir des couches de roulement des routes et autoroutes, des aéroports et des voies de chemin de fer. Les granulats les plus couramment utilisés dans le bâtiment et le génie civil ont une masse volumique réelle comprise entre **2** et **3** Mg/m³. [3]

Les granulats utilisés pour la confection des bétons sont :

- les sables
- les gravillons
- les graves

II.3.1. 4. Classification des granulats :

II.3.1. 4. 1- Selon la nature minéralogique

- ❖ roches magmatiques : granulats de bonne qualité (granites, quartz)

- ❖ roches sédimentaires : non recommandé dans le béton (calcaire)
- ❖ roches métamorphiques non recommandé dans le béton (schistes) ; bon granulats (gneiss).

II.3.1. 4. 2- Selon la forme des grains :

Elle est soit naturelle, soit artificielle. La forme naturelle est en général roulée. ces granulats proviennent des mers, dunes, rivières, carrières, ... La forme artificielle est issue du concassage de roches dure (roches mères).

II.3.1. 4. 3- Selon les caractéristiques physiques

- ❖ la masse volumique absolue : c'est la masse d'un mètre cube du matériau, déduction faite de tous les vides entre les grains.
- ❖ la masse volumique apparente : c'est la masse d'un corps par unité de volume total, y compris les vides entre les grains et le constituant (volume apparent). elle dépend de la forme et la granulométrie des grains ainsi que le degré de compactage et d'humidité.
- ❖ Absorption.
- ❖ Porosité et compacité.
- ❖ Teneur en eau.

II. 3.1. 4. 4- Selon les caractéristiques mécaniques :

Les caractéristiques mécaniques des granulats sont déterminées par des plusieurs essais tels que :

- ❖ essai micro Deval (NF P18-572).
- ❖ essai Los Angeles (NE P 18-573).

II.3.1. 4. 5- Selon la nature des granulats :

- ❖ **Les granulats courants**: sont ceux de masse volumique 2 jusque 3 t/m³, ce sont généralement les basaltes, grès, schistes, granite, diorite.
- ❖ **Les granulats lourds** : sont employés pour la confection des bétons lourds utilisés pour la construction d'ouvrage nécessitant une protection contre les rayonnements produits ; ce sont généralement les riblons, la barytine, la magnétite.
- ❖ **Les granulats légers** : sont utilisés pour la confection de bétons légers. Ces bétons présentent en général des résistances d'autant plus faibles qu'ils sont plus légers, comme l'argile expansée, schistes expansées, pouzzolanes.[4]

II.3.1. 4.6- Classifications suivant la granularité (NF P18 -101) : La norme définit cinq (05) classes granulaires principales:

Fines	0/D	Avec	D	0,08mm
Sable	0/D	Avec	D	63mm
Gravier	d/D	Avec	D	2mm et D 31,5mm
Cailloux	d/D	Avec	D	20mm et D 80mm
Graves	0/D	Avec		6,3mm et D 80mm

Tableau (II.1): classification suivant la granulaire

II.3.1.5. Propriétés

Les granulats employés pour la confection des bétons doivent satisfaire à un certain nombre de conditions visant particulièrement : Les caractéristiques physiques et chimiques de leur roche d'origine ils doivent provenir des roches inertes, c'est à dire sans action sur le ciment et inaltérable à l'air et à l'eau. Ils ne doivent pas contenir d'impuretés nuisibles aux propriétés essentielles du béton ou susceptibles d'altérer les armatures et les autres matériaux. [3]

II.3.1. 6. Extraction et traitement des granulats :

La production des granulats nécessite deux types d'opérations : l'extraction et le traitement.

Les matériaux de construction (pierreux naturels) sont utilisés en :

- blocs de grosseur et de tailles variables pour la confection des maçonneries,
- petits éléments pour les bétons et les matériaux routiers,
- éléments fins ; pour les mortiers.

❖ L'extraction se fait dans les carrières. On distingue :

- carrières à ciel ouvert,
- carrières souterraines : on peut être amené à exploiter une carrière souterraine si aucun gisement en surface n'existe dans la région.

II.3.1.6.1-Extraction :

L'extraction s'effectue dans des carrières qui utilisent des techniques différentes selon qu'il s'agit de matériaux meubles de type sable et graviers naturels ou de roches massives exploités à sec ou en milieu hydraulique. Aujourd'hui aucune exploitation de carrière ne se conçoit plus sans un projet préalable et précis de réaménagement.

Dans tous les cas la production de granulats passe par cinq étapes principales de production :

1. l'opération de découverte ou décapage des niveaux non exploitables et le stockage des bonnes terres et des matériaux stériles en vue du réaménagement.
2. L'extraction par une technique ou une autre selon la nature du gisement.
3. Le transfert vers les centres de traitement.
4. Les différentes opérations de traitement pour obtenir des produits fini prêt à la Livraison chez les clients.
5. Et la remise en état du site de la carrière au fur et à mesure et en fin d'exploitations. [3]

a) décapage

Cette technique consiste à retirer les terrains situés au-dessus des niveaux à exploiter (Terre végétale, roche altérées, niveaux stériles). Les matériaux de découverte sont stockés de coté en vue du réaménagement de la carrière. La prise en compte de la quantité des terrains à découvrir importe dans l'étude d'un gisement.



Figure II.2 : Décapage des terres arables en vue du futur réaménagement de la carrière

b) Extraction en terrain meuble

S'agissant de matériaux meubles non consolidés, l'extraction s'effectue par décapage du gisement avec différentes sortes d'engin en fonction des contextes, soit en site terrestre à sec, soit en site immergé en eau.

1. Extraction en terrain sec

Quand le gisement de granulats alluvionnaire se situe au-dessus du niveau de la nappe phéatique, on exploite directement avec des engins traditionnels de travaux publics tels que des pelles mécaniques ou des chargeuses.



Figure II.3 : Exploitation de granulats alluvionnaire à la chargeuse en terrain sec.

2. Extraction en terrain immergé

En site immergé (milieu hydraulique), l'extraction peut être réalisée par des engins Flottants (drague à godets, à grappin ou drague suceuse).



Figure II.4 : Extraction en terrain immergé.

Dans le cas de site immergés peu profonds, l'exploitation pourra avoir lieu depuis la rive avec des pelles à câble équipées en dragline, des pelles hydrauliques ou des excavateurs à godets.

c)Extraction des roches massives

L'extraction des roches massives compactes et dures, nécessite l'emploi des explosifs. Un tir de mine provoque l'abattage d'une grande quantité de matériaux éclatés qui sont ensuite repris par une pelle ou un chargeur et transportés par camion dumper ou tombereau, ou par bandes transporteuses jusqu'au centre de traitement.

Procéder à un tir nécessite un plan de tir comprenant :

- Le forage des trous (disposition, profondeur, nombre),
- Le choix des explosifs,
- Le déclenchement du tir avec le respect de toutes les règles de sécurité associées.



Figure II.5 : Exploitation de granulats alluvionnaire à la chargeuse en terrain sec.

II.3.1.6.2.Traitement

Les opérations de traitement ont pour but d'obtenir à partir des matériaux d'origine alluvionnaires ou massifs, toute une gamme très variée de granulats pour répondre aux demandes et spécificités des chantiers.

a)chargement

Les matériaux extraits sont transportés vers le centre de traitement situé en général à proximité de la carrière .Ce transfert s'effectue :

- soit en continu par des transporteurs à bandes.
- soit en discontinu, les matériaux sont alors acheminés par des camions.

b) le concassage

Les différentes phases de concassage s'effectuent dans des concasseurs qui permettent de réduire la taille des éléments. Il en existe différents types : concasseurs à mâchoires, à percussion, giratoires, à projection centrifuge. Les différentes opérations de concassage sont séparées par des étapes de criblage.

Les matériaux constitutifs des mortiers et bétons modernes doivent avoir une certaine granulométrie, ce qui amène très souvent à faire subir aux produits directs de la carrière des opérations de concassage :

- Le concassage primaire : les moellons bruts (50 à 30 cm) sont transformés en grosses pierres cassées de 10 à 6 cm de diamètre. (Concasseur à mâchoires).
- Le concassage secondaire : les grosses pierres de 10 à 6 cm sont transformées en graviers de 3 à 1 cm de diamètre. (Concasseur giratoire).
- Le concassage tertiaire : les graviers de 3 à 1 cm sont transformés en sable de 5 mm de diamètre maximal (concasseur à cylindre).

c) Le criblage

Les opérations de criblage (triage ou tamisage) ont pour but de sélectionner les grains en fonction de leur taille. Les mailles du crible(ou tamis) ne laissant passer que les éléments inférieur à une certaine taille.

Les opérations de criblage sont complétées par celles de dépoussiérage et de lavage.



Figure II.6: criblage des granulats.

II.3.6. 3. Stockage

- *Stockage a l'air.*
- *Stockage en silos [5]*



Figure II.7 : Stockage des éléments les plus fins.



Figure II.8 : Stockage à l'air libre



Figure II.9 : Silos pour stockage

II.3.1.7. Normes de référence

Les granulats comme la grande majorité des matériaux de construction doivent être conformes à des normes, la régularité de leurs caractéristiques conditionne celles du béton. Les granulats pour bétons font l'objet de deux principales normes de référence. [06]

II.3.1.7.1- La norme NF EN 12620 (août 2003)**▪ Granulats pour béton**

Cette norme définit les termes relatifs aux granulats pour béton relevant de la Directive des Produits de Construction. Elle définit des catégories pour chaque caractéristique des granulats et des fillers utilisés dans la fabrication des bétons. Elle concerne en particulier les bétons conformes à la norme NFEN 206-1. Elle spécifie les caractéristiques (physiques et chimiques) relatives à l'évaluation de la conformité des granulats et au système de maîtrise de la production.

II.3.1.7.2- La norme XP P 18-545 (février 2004)

Cette norme définit les règles générales permettant d'effectuer les contrôles des granulats.

Elle regroupe en codes les catégories définies dans la norme NF EN 12620 pour les divers usages possibles : granulats pour chaussées (couches de fondation, de base et de liaison, couche de roulement utilisant des liants hydrocarbonés et bétons de ciment), granulats pour bétons hydrauliques et mortiers, granulats pour voies ferrées (assises et ballast).

II.3.1.7.2.1. Spécifications sur les granulats de la norme XP P 18-545

La norme XP P 18-545 précise :

Granulats pour bétons hydrauliques et mortiers, les spécifications sur les granulats destinés à constituer des bétons. Les spécifications concernent les caractéristiques détaillées ci-dessous.

➤ *Caractéristiques applicables aux sables et graves*

- Granularité et teneur en fines : **Gr**
- Module de finesse : **FM**
- Propreté : **P.**
- Polluants organiques.
- Absorption d'eau : **Ab.**
- Sulfates solubles dans l'acide : **SA**
- Alkali-réaction, Chlorures. [06]

II.3.2. Sable**II.3.2.1- Définition :**

On définit les sables comme étant la fraction des granulats pierreux dont les grains ont des dimensions comprises entre 80 µm et 05 mm [07].

II.3.2.2. Origine des sables :

Les sables rencontrés sont le résultat d'une décomposition chimique ou d'une désintégration mécanique des roches suivies par un processus de transport qui est à l'origine de leurs caractéristiques physico-chimiques [08].

Les sables ainsi disponibles sont le résultat d'un processus souvent complexe d'érosion et de sédimentation. Les différents processus qui conduisent de la roche massive aux sables sont suffisamment agressifs vis-à-vis des minéraux pour que seul subsistent les plus résistants; c'est ainsi que la plus grande partie des formations sableuses est constituée de quartz qui devient de plus en plus abondant à mesure que la taille des grains décroît. La fraction comprise entre 0,2mm et 0,5mm est le plus souvent constituée de quartz à plus de 75%. Selon leur histoire géologique, les sables se distinguent les uns des autres par une multitude d'aspects: granulométrie, teneur, nature et caractéristiques des fines, composition chimique, métrologique et minéralogique, forme des grains, dureté.... etc. [08]

II. 3.2. 3 - Propriétés physiques :

- ✓ La masse volumique apparente est généralement comprise entre 1450 et 1650 Kg /m³.
- ✓ La masse volumique absolue entre **2500** et **2700** Kg / m³.
- ✓ La granularité est déterminée par l'essai d'analyses granulométrique. Selon l'épaisseur des grains, on distingue :
 - ❖ Les sables fins : l'épaisseur est comprise entre 0.08 et 0.
 - ❖ Les sables moyens : l'épaisseur est comprise entre 0.31 et 1.25 mm
 - ❖ Les sables grossiers : l'épaisseur est comprise entre 1.25 et 5mm.
- ✓ Propreté et teneur en fines : ces deux propriétés sont quantifiables par la valeur de l'équivalent de sable. Cet essai nous permet de déterminer le degré de pollution du sable et le pourcentage des fines. [08]
 - ES= 100 sables pure ;
 - ES ≥80 sables propre pour béton ;
 - 35 ≤ ES ≤ 40 sable pouvant être utilisé pour couche de fondation ;
 - ES = 0 argile pure.

II.3.2.4. Classification des sables :

II.3.2.4. 1. Classification des sables selon leurs provenances :

Selon leurs provenances, les sables peuvent être classés comme suit :

- ❖ **Sable de rivière** : il est obtenu par dragage des lits des cours d'eau. Il doit être dur et propre pour qu'on puisse l'utiliser dans les bétons.
- ❖ **Sable de mer** : il provient des côtes de la mer .Pour l'utiliser dans les bétons, il faut Qu'il ne soit pas trop fin et qu'il soit lavé de son sel.
- ❖ **Sable de carrière** : il contient souvent de l'argile qui enrobe les grains et les empêche d'adhérer aux liants.
- ❖ **Sable artificiel** : il est obtenu par concassage des roches (calcaire durs, grès...).Pour qu'il soit utilisable dans les bétons, il faut limiter le pourcentage des fines.
- ❖ **Sable de dune** : C'est un sable très fin, qu'on retrouve un peu partout au Sahara. [09]

II.3.2.4.2. Classification des sables selon la granulométrie :

- ❖ Sable grossier : Plus de 20% des éléments sont supérieurs à 2mm et plus de 50% des éléments supérieurs à 80µm sont compris entre 0,5 et 5mm. Ces sables ont des propriétés qui se rapprochent des graves.
- ❖ Sable moyen : Moins de 20% des éléments sont supérieurs à 2mm et plus de 50% des éléments supérieurs à 80µm sont compris entre 0,2 et 2mm.
- ❖ Sable fin : Plus de 75% des éléments supérieurs à 80 µm, sont inférieurs à 0,5mm. Ces sables doivent être notablement corrigés pour acquérir des propriétés comparables à celles des graves.

Les sables utilisables sont ceux conformes aux définitions des normes NFP18-541 (ESP ≥ 75 si le sable est roulé, et ES ≥ 65 s'il est broyé) [09].

II.3.2.5-Sable de concassage

Granulats fins de calcaire, de grès ou de porphyre dont les dimensions se situent entre 0 et 6 mm [10].



Figure II.10 : sable de concassage.

II.3.2.5.1-Le produit et ses applications

Les sables de concassage se composent de la fraction fine de granulats provenant du concassage et du criblage de pierres et de roches naturelles. Leurs dimensions se situent entre 0 et 6 mm. Le taux de particules inférieures à 63 microns présentes dans les sables est fonction du processus de fabrication. Des taux particulièrement bas conviennent mieux à certaines applications alors que d'autres demandent un minimum de fines particules.

Les sables de concassage sont disponibles dans les carrières (calcaire, grès et porphyre). L'utilisation des sables est déterminée par la dimension des grains et les caractéristiques intrinsèques (mécaniques et chimiques) de la roche dont ils proviennent. En règle générale, ils s'utilisent pour des sous-fondations et fondations, dans des applications liées au ciment, par exemple du béton, et pour la production de mélanges bitumineux.

Les sables sont des produits d'érosion des roches que l'on extrait en carrières dans des dépôts sédimentaires ou dans les lits des rivières. Ce sont des sables (roulés) adaptés à la réalisation d'enduits car plus faciles à talocher que le sable concassé. [10]

II. 3.2.6. Sable de dune

A/- Mécanismes de formation

Les dunes se forment dans des zones où le sable est abondant et non fixé par la végétation (désert, plage, lit fluvial à l'étiage). Le sable est érodé et pris en charge par le vent (déflation).

Une dune peut se déplacer par érosion du versant au vent et accumulation sur le versant opposer.



Figure II.11 : sable de dune.

B/- Types des dunes

- ❖ **les avant-dunes** : qui sont des bourrelets plus ou moins fixés par la végétation, parallèles au trait de côte et solidaire de la plage, c'est à dire échangeant du sable avec elle, dans un même système sédimentaire. L'avant dune se forme à partir de fixation du sable en haut de plage, par des plantes pionnières psammophiles.
- ❖ **les falaises dunaires** : n'est pas une vraie dune mais un profil résultant de l'érosion marine d'une dune ancienne fixée par une pelouse ou un boisement qui ont été à l'origine de la formation d'une couche d'humus ou de sol sableux.
- ❖ **les dunes perchées** : qui apparaissent au sommet d'une falaise vive; alimentée en sable par le vent à partir de l'estran, voire à partir du profil de pente, quand il s'agit d'une falaise dunaire.
- ❖ **les cordons dunaires artificiels** : qui sont construits de main d'homme, généralement Comme élément de protection contre la mer ou d'une zone cultivée et/ou construite. Ils nécessitent un entretien permanent, sans lequel ils se désintègrent en quelques décennies.

C/- Diverses utilisations

Les sables sont essentiels du processus sédimentaire et représentent une ressource très importante du point de vue économique: remblais, granulats pour béton, matériaux de construction, sables siliceux pour l'industrie. Ces derniers (appelés autrefois sables industriels) constituent l'essentiel de la matière première de l'industrie du verre, des moules, des noyaux de fonderie; ils entrent aussi dans la fabrication des céramiques et des mortiers spéciaux. Les sables jouent également un grand rôle comme réservoirs potentiels pour les nappes d'eau (Aquifères) ou les hydrocarbures. [11]

II.3.3. La pâte du ciment

La pâte du ciment est le constituant à l'origine de la cohésion du béton, elle représente 20% à 50% du volume total, se caractérise par sa capacité à s'hydrater et à former une matrice solide qui lie les granulats entre eux. La pâte du ciment se constitue du ciment anhydre, d'eau et d'éventuels adjuvants additifs [12]

II. 3.3.1. Les ciments

II.3.3.1.2. Définition :

C'est un liant minéral obtenu par décarbonatation d'un calcaire et décomposition d'une argile à une température avoisinant, les 1450 °C. Broyés sous forme d'une poudre fine souvent d'une couleur grise, en contact avec l'eau forment des minéraux hydratés très stables. Les travaux effectués [13] ont montré que les principaux composés du ciment portland sont :

- Le Silicate Tricalcique (Alite) : $3\text{CaO}.\text{SiO}_2$ (C3S).
- Le Silicate Bicalcique (Belite) : $2\text{CaO}.\text{SiO}_2$ (C2S).
- L'Aluminate Tricalcique : $3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$ (C3A).
- L'Alumino-Ferrite Tétracalcique : $4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$ (C4AF).

II.3.3.1.3. Classification suivant la composition La norme européenne NF 197-1[14] donne 27 ciments courants, qui sont regroupés en cinq principaux types à savoir :

- **CEM I** : Ciment Portland Artificiel.
- **CEM II** : Ciment Portland Composé.
- **CEM III** : Ciment de Haut Fourneau.
- **CEM IV** : Ciment Pouzzolanique.
- **CEM V** : Ciment aux Laitiers et aux Cendres.

II.3.3.1.4. Les différents types de ciment :

Type de ciments	Désignation	Teneur e	Teneur en autres
Ciment portland	CPA CEMI	95-100	-
Ciment portland composé	CP J CEM	80-94	6-20*
	CP J CEM	65-79	21-35*
Ciment de haut fourneau	CH F CEM	35-64	36-65**
	CH F CEM	20-34	66-80**
	CLK - CEM	5-19	81-95**

Ciment pouzzolanique	CP Z	CEM	65-90	10-35^{***}
	CP Z	CEM	45-64	36-55^{***}
Ciment au laitier et aux cendres	CLC	CEM	40-64	18-30^{****}
	V/A			
	CLC V/B	CEM	20-39	31-50^{****}

Tableau (II .3) : Types de ciment [24].

II.3.3.2. L'eau de gâchage (NF EN 1008)

Cette eau est un ingrédient essentiel du béton, joue deux fonctions principales : confère au béton sa maniabilité à l'état frais (ses propriétés rhéologiques) et assure l'hydratation des grains de ciment pour une prise et un durcissement. La quantité d'eau utilisée ou plus précisément le rapport eau/ciment a une forte influence sur la porosité du béton, sa perméabilité, les résistances mécaniques, la durabilité, la microstructure et la cinétique d'hydratation.

II.3.3.3. Les adjuvants:

Un adjuvant est un produit d'addition destiné à renforcer d'une manière définitive certaines qualités ou améliorer certaines caractéristiques d'un béton hydraulique.[15]

On peut classer ces adjuvants en trois principaux groupes agissant sur des propriétés différentes :

- ❖ le degré d'hydratation avec les retardateurs de prise.
- ❖ la maniabilité et la porosité avec les rétenteurs d'eau et les super plastifiants .
- ❖ la résistance vis-à-vis du gel dégel avec les entraîneurs d'air.

Parmi les divers adjuvants du béton on peut citer :

- Les plastifiants et super plastifiants ou hauts réducteurs ;
- Les entraîneurs d'air
- Accélérateur de prise et de durcissement
- Retardateur de prise
- Agent réducteur de bullage
- Agent de cure interne
- Agent hydrophobe
- Antigél
- Hydrofuge de masse
- Inhibiteur de corrosion
- Accélérateur de durcissement. [08]

II.4. Propriétés des bétons :

Le béton doit être considéré sous deux aspects :

Le béton frais :

Mélange de matériaux solides en suspension dans l'eau, se trouve en état foisonné à la sortie des appareils de malaxage et en état compacté après sa mise en œuvre dans son coffrage.

Le béton durci :

Solide dont les propriétés de résistance mécanique et de durabilité s'acquièrent au cours du déroulement de réactions physico-chimiques entre ses constituants d'une durée de quelques jours à quelques semaines.

II.4.1. Propriétés du béton frais

La propriété essentielle du béton frais est son ouvrabilité qui est la facilité offerte à la mise en œuvre du béton pour le remplissage parfait du coffrage et l'enrobage complet du ferrailage[16] L'ouvrabilité doit être telle que le béton soit maniable et qu'il conserve son homogénéité, elle est caractérisée par une grandeur représentative de la consistance du béton frais [17] Dans le cas de béton ordinaire [18] elle est principalement influencée par :

- La nature et le dosage du liant.
- La forme des granulats.
- La granularité et la granulométrie.
- Le dosage en eau.

II. 4.1.a. la Affaissement au cône d'Abrams :

Cet essai consiste à mesurer la hauteur d'affaissement d'un volume tronconique de béton frais où ce dernier est compacté dans un moule ayant la forme d'un tronc de cône [19]. Lorsque le cône est soulevé verticalement, l'affaissement du béton permet de mesurer sa consistance [20]

II.4.1.b. La masse volumique du béton frais

On mesure la masse volumique du béton frais à l'aide d'un récipient étanche à l'eau et suffisamment rigide. Le béton est mis en place dans le récipient et vibré à l'aide d'une aiguille, une table vibrante ou un serrage manuel en utilisant une barre ou tige de piquage après un arasement approprié.

II.4.2. Propriétés du béton durci :

Lorsque le béton a durci, sa forme ne peut plus être modifiée mais ses caractéristiques continuent d'évoluer pendant de nombreux mois. La compacité d'un béton (ou sa faible porosité) est un avantage déterminant pour sa durabilité. Une bonne résistance à la compression est la performance souvent recherchée pour le béton durci.











II.4.2.a. Résistance à la compression (NF EN-12390-3) :

[21] Parmi toutes les sollicitations mécaniques, la résistance du béton en compression unie axiale a été la plus étudiée, vraisemblablement parce qu'elle projette généralement une image globale de la qualité d'un béton, elle est directement liée à la structure de la pâte de ciment hydraté.

II.4.2.b. Résistances à la traction par flexion (NF EN-12390-5)

Des éprouvettes prismatiques de dimensions 7x7x28 cm sont soumises à un moment de flexion par application d'une charge au moyen de rouleaux supérieurs et inférieurs. [22]

II.5. Différents types de béton :

-  Les Bétons Prêts à l'Emploi.
-  Le béton armé.
-  Le béton fibré.
-  Le béton précontraint.
-  Les Bétons Hautes Performances.
-  Le béton projeté.
-  Les bétons auto compactant, auto plaçant et auto nivelant.
-  Les bétons caverneux, drainant et poreux.
-  Le béton de ciment alumineux (ou béton fondu).
-  Le béton décoratif. [23]

CONCLUSION

Cette partie théorique nous permet de conclure que le béton est un matériau hétérogène dont le choix des composants est en fonction des critères qui lui sont recherchés. Ces critères sont essentiellement les résistances mécaniques et la durabilité, elles dépendent de la porosité et de la qualité et des composants.