

**I. INTRODUCTION :**

A l'origine, un mortier est un simple mélange entre un liant (en général du ciment) et du sable, gâché avec de l'eau. Néanmoins, au cours des quarante dernières années, les mortiers sont devenus de plus en plus complexes, du fait de l'ajout de multiples adjuvants. Ils font dorénavant intervenir plus d'une dizaine de composants.

Les mortiers sont maintenant présents dans tous les secteurs du BTP, De plus, la complexité des mortiers entraîne une augmentation constante des mortiers pré formulés, dits « industriels » ou « prêts à l'emploi », face aux mortiers réalisés sur chantier. L'emploi d'adjuvants permet d'obtenir diverses propriétés à l'état frais ou durci, selon l'application finale et les performances souhaitées. [1]

**II. Qu'est-ce qu'un mortier**

Mélange homogène de liant avec une proportion variable de sable et d'eau. Un mortier est désigné par le nom du liant utilisé. Exemples : mortier de ciment, mortier de chaux. Un mortier bâtard comporte au moins deux liants différents. Il est désigné par



l'énumération de ses liants. Exemples : mortier de ciment-chaux, mortier de chaux plâtre. [2]

**Figure I-01 : préparation d'un mortier**

### **III. LES TYPES DE MORTIER :**

Il existe plusieurs types de mortiers

- mortier de terre ;
- mortier de chaux grasse ;
- mortier de chaux hydraulique ;
- mortier de plâtre ;
- mortier de ciment Portland ;
- Mortier Batard ;

#### **III.1. MORTIER DE TERRE OU “MORTIER D’HIRONDELLE” :**

La plupart des murs en moellons des maisons anciennes étaient hourdées à la terre. La terre locale (tuf = arène granitique ou sable de terrain), plus ou moins argileuse, était mouillée et appliquée directement entre les pierres pour servir de liant. Ce mortier était employé avec parcimonie : il ne servait pas à assurer la solidité de la construction mais uniquement à colmater les vides inévitables. Aujourd’hui, cette technique n’est plus utilisée. Plus aucun artisan ne sait monter et réparer des murs avec ce type de mortier. [3]



**Figure I-02 : Reconstitution archéologique d'un mur. Briques de terre crue et mortier de terre fibré**

**III.2. MORTIER DE CHAUX :**

La diffusion de la chaux a permis plus tard l'utilisation d'un mortier composé de tuf et de chaux. Le tuf, sable de terrain donne sa couleur au mortier ! On peut également ajouter des tuiles ou des briques pilées qui renforcent la coloration du mortier.

**Note :**

Le ciment est composé de calcaire, d'un pourcentage élevé d'argile et d'autres additifs.

Son utilisation en restauration est à proscrire absolument car ses propriétés sont trop éloignées de celles des mortiers traditionnels.

Son utilisation peut entraîner de sérieux désordres constructifs :

- rétention de l'humidité avec, à terme, détérioration des pierres, pourrissement de certains bois inclus dans la maçonnerie ;
- sur un plan esthétique, il est également fort nuisible ;
- sa couleur grise dénature totalement les maçonneries et il ne peut pas se colorer à l'aide de tuf.

Il existe un ciment blanc souvent perçu comme adapté à la restauration, mais ses caractéristiques étant les mêmes que le ciment gris, son emploi est à proscrire complètement pour les travaux de restauration.

Les mortiers de chaux se composent :

- d'un agrégat : le tuf (sable de terrain ou arène) mélangé ou non à du sable de carrière ou de rivière ;
- d'un liant : la chaux ;
- et parfois de certaines matières ajoutées comme des tuiles ou briques pilées. [3]

**III.2.1. LA CHAUX AERIENNE DITE CL 90 :**

Sa prise à l'air par carbonatation (absorption du CO<sup>2</sup> contenu dans l'air ambiant) fait d'elle la chaux particulièrement adaptée aux enduits en milieux **secs**. Diluée avec de l'eau, elle constitue des peintures naturelles **qui** agrémentées de pigments, décorent les enduits.

Sa prise très lente (entre 24 et 48H) rend son emploi très souple et convient tout particulièrement aux novices en maçonnerie. Avantage à ne pas négliger : un mortier à la chaux CL peut se conserver très longtemps. Il suffit de le verser dans un récipient (type grosse poubelle), de le recouvrir de quelques centimètres d'eau qui empêchent toute prise d'air et de fermer le couvercle pour éviter l'évaporation (à surveiller de temps en temps pour vérifier le niveau d'eau).

La chaux en poudre est vendue en sacs de 25 kg. La chaux en pâte, plus fine et plus particulièrement adaptée aux laits de chaux, en pots de contenance variable.



**Figure I-03 : chaux aérienne**

## **II.2.2. LA CHAUX HYDRAULIQUE DITE NHL :**

Sa prise se fait d'abord à l'eau puis à l'air. Elle est conseillée **en extérieur** (façades exposées, dalles...) mais en intérieur aussi pour les pièces humides (salles d'eau, dalles, caves, murs enterrés...). Elle est aussi souvent employée dans les enduits isolants au chanvre (qui nécessite beaucoup d'eau) afin de favoriser une prise plus rapide. Contrairement à la chaux aérienne, sa conservation une fois gâchée ne peut aller au-delà de 24 h.

On la trouve sous 3 dénominations caractérisées par la présence d'un chiffre suivant les trois lettres « NHL ». A noter, quand même, que certaines chaux hydrauliques sont adjuvantées de ciment. Leur dénomination est alors complétée d'un Z (exemple : NHL 5 - Z). Ces produits sont à éviter car la présence de ciment dans la chaux en annule les qualités respirantes.

Le chiffre, donc, détermine le taux d'hydraulicité de la chaux. Plus le chiffre est gros, plus la chaux est hydraulique, plus sa prise est rapide, plus sa résistance mécanique est grande :

- La **NHL 2**, très peu hydraulique, s'emploie en général sur les supports tendres (pisé, briques de terre crue, torchis, pierres tendres... ) et dans les enduits chanvre. Elle prend en 18 à 24 H.
- La **NHL 3,5**, est la plus courante. Elle convient à tous les types de travaux : maçonnerie générale, enduits, dalles .... prend en 10 à 12 H et s'applique sur tous les types de supports : terre, pierres, brique, béton cellulaire...[4]





**Figure I-04: chaux hydraulique**

### III.3. MORTIER DE PLATRE :

Le plâtre est un mélange pulvérulent préparé à partir de la calcination vers 120 °C - 200 °C du gypse (le sulfate de calcium dihydraté, le *sulfate de chaux hydraté* des anciens chimistes, la *Pierre à plâtre*), roche sédimentaire rassemblée en masses énormes d'évaporites, que l'on retrouve parfois sous forme d'albâtre ou de cristaux de sélénite. La pierre est généralement extraite de mines ou de carrières souterraines puis cuite et ensuite cassée, broyée et moulue pour donner la poudre du plâtre. [5]

### III.4. MORTIER DE CIMENT

Le mortier-ciment permet d'effectuer des travaux de maçonnerie aussi bien en extérieur qu'en intérieur.

Pour la construction, on peut utiliser différents types de mortiers comme liants [6]

### III.5. MORTIER BATARD

Le mélange de ciment et de chaux permet d'obtenir conjointement les qualités de ces deux liants. Généralement, on utilise la chaux et le ciment par parties égales ; mais on mettra une quantité plus ou moins grande de l'un ou de l'autre suivant l'usage et la qualité recherchée.

Les sables utilisés sont généralement siliceux ou silico-calcaires ; leur granulométrie est de préférence continue. Les mortiers peuvent comporter différents types d'adjuvants selon la caractéristique recherchée : plastifiants, entraîneurs d'air, retardateurs de prise, hydrofuges. L'incorporation de fibres de verre ou de polypropylène permet d'obtenir des mortiers présentant une cohésion supérieure et moins fissurables. [7]

#### **IV.LES EMPLOIS DES MORTIERS**

##### **IV.1. LES JOINTS DE MAÇONNERIE**

La construction réalisée en éléments maçonnés (blocs de béton, pierres de taille, briques), nécessite leur assemblage avec un mortier qui doit présenter des caractéristiques mécaniques suffisantes pour assurer la transmission des charges et une compacité suffisante pour être étanche. On a généralement intérêt à utiliser des mortiers ne présentant pas un module d'élasticité trop élevé, de façon à pouvoir s'adapter aux variations dimensionnelles des éléments qu'il liaisonne sans fissurer.

Les mortiers de joints constituent donc un maillon important de la maçonnerie, qui doit être bien étudié et bien mis en œuvre pour assurer la fonction qui lui est dévolue. C'est notamment le cas de la maçonnerie apparente. La norme XP P 10-202-1 « DTU 20.1. Ouvrage en maçonnerie de petits éléments. Parois et murs. » Fournit des indications sur les dosages préconisés pour les mortiers de jointoiment, ainsi que les préconisations pour leur mise en œuvre.



**Figure I-05 : grattage des joints**

## **IV.2. LES ENDUITS**

Ce domaine d'application, qui constitue l'un des plus vastes débouchés des mortiers, à côté des enduits traditionnels en trois couches décrits dans la norme NF P 15-201 (DTU 26.1), se développent aujourd'hui les enduits monocouches épais, ainsi que les enduits isolants considérés encore comme non traditionnels. Ces produits font l'objet d'une procédure d'Avis technique par le CSTB.





**Figure I-06 : enduit de parement****. Figure I-07 : Serrage d'un enduit a la spatule**

### IV.3. LES CHAPES

Les chapes ont pour fonction d'assurer la mise à niveau du dallage et la régularité de sa surface. Les chapes peuvent constituer la finition : on y incorpore alors souvent des produits spécifiques. Elles peuvent aussi constituer le support d'un revêtement de sol. Les chapes doivent présenter une résistance suffisante pour assurer la transmission des charges au support, et parfois résister à l'abrasion ou au poinçonnement (sols industriels). Adhérente ou flottante, la chape peut également



**Figure I-08 : Réglage d'une chape (le mortier est ici coloré grâce à des pigments minéraux).**

### IV.4. LES SCELLEMENTS ET LES CALAGES

La multiplicité des problèmes de scellement et de calage a conduit les producteurs de mortiers industriels à mettre au point des produits spécifiques adaptés aux travaux à réaliser : scellements d'éléments de couverture, scellements d'éléments de second œuvre, scellements de mobiliers urbains, scellements de regards de visite, assemblage d'éléments préfabriqués. [8]

**IV. LES CONSTITUANTS DE MORTIERS :****V.1. CIMENT :****V.1.1. DEFINITION DU 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 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.[9]

**V.1.2. Historique**

La fabrication de liants par le biais d'un four à calcination est plus ancienne que l'art du potier. Déjà entre l'an 9000 et 8000 av. J.C, des sols en « terrazzo » incorporant de la chaux ont été construits en Anatolie, à Çayönü et NevalıÇori notamment. Les mortiers retrouvés en Égypte servaient à la fabrication de plâtre pour lier les pierres. Ces mortiers auraient ensuite été améliorés par les civilisations suivantes et particulièrement les Grecs par l'ajout de chaux à de l'argile.

Ce sont véritablement les Romains qui généralisent l'usage de la chaux comme mortier. Ils améliorent ce liant en y ajoutant des cendres pouzzolaniques (cendres volcaniques) et des briques pilées et obtiennent ainsi un liant hydraulique, intermédiaire entre une chaux et un véritable ciment. Ce liant rend possible la construction de grands ouvrages tels les arènes, les amphithéâtres, les thermes ou les aqueducs, dont certains sont encore parfaitement conservés de nos jours.

Le ciment ne prit son acception contemporaine qu'au XIX<sup>e</sup> siècle :

- En 1759, l'Anglais John Smeaton produit un mortier aussi dur que de la pierre en mélangeant des chaux hydrauliques et des cendres volcaniques.
- En 1817, le Français Louis Vicat découvre les principes chimiques des ciments et définit les règles de fabrication du ciment hydraulique. Il est considéré comme l'inventeur du ciment moderne.
- En 1824, l'Écossais Joseph Aspdin fait breveter le ciment « Portland », obtenu à partir d'un procédé de calcination combinant la cuisson de calcaire et d'argile dans des fours alimentés au charbon. La dénomination « Portland », s'explique dans sa similarité de couleur et de dureté avec la pierre de Portland située dans le sud de l'Angleterre.
- En 1872, Messieurs Dufosse et Henry établirent la première usine de production de ciment Portland à Cronfestu.

Dès la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, le béton moderne à base de ciment Portland devient un matériau de construction largement répandu. [10]

### **V.1.3. PROPRIÉTÉ DES CIMENTS**

#### **V.1.3.1 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES**

##### **V.1.3.1.1 COMPORTEMENT PHYSICO-CHIMIQUE DE LA PÂTE**

Le ciment est essentiellement constitué de :

- Silicate tricalcique : C3S
- Silicate bicalcique : C2S
- Aluminate tricalcique- : C3A
- Aluminoferrite tétracalcique: C4AF

Une fois la poudre de ciment mélangée à l'eau, les réactions d'hydratation se développent, il se produit alors une cristallisation qui aboutit à un nouveau système de constituants hydratés stables avec formation de cristaux en aiguilles plus ou moins enchevêtrées produisant la prise.

Cette réaction chimique accompagne d'un dégagement de chaleur plus ou moins important selon les ciments et la rapidité de prise.

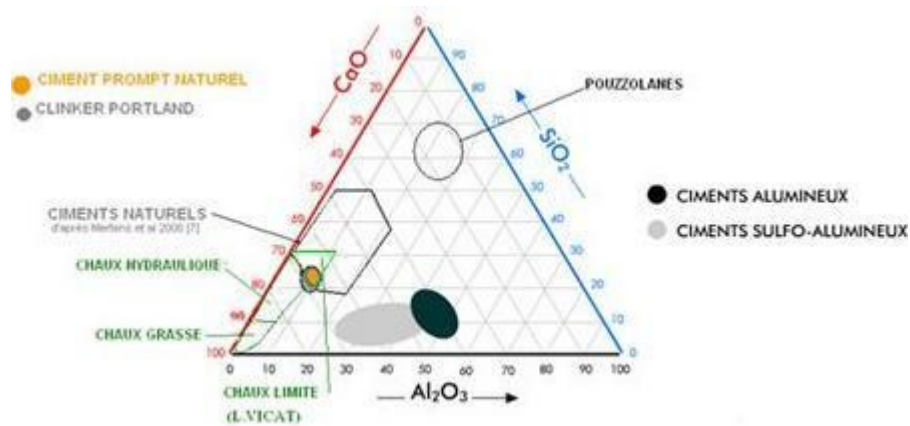


Figure I-09 : caractéristique chimique du ciment

#### V.1.3.1.2. PRISE

La prise du ciment c'est-à-dire le passage de la pâte de ciment (ciment + eau) d'une consistance fluide à un état solide est une phase essentielle dans la fabrication du béton ou mortier puisqu'elle donne sa cohésion au matériau.

La norme spécifie, suivant les ciments, un temps de prise minimal de : 1h30 pour les ciments des classes 32,5 et 32,5R. 1h pour les ciments des classes 42,5-42,5R-52,5-52,5R.

D'une façon générale les temps de prise sont supérieurs à ces valeurs minimales, l'ordre de grandeur étant de 2h 30 à 3h30 pour la grande majorité des ciments, ces valeurs s'entendant pour une température ambiante de 20°C.

#### V.1.3.1.3. DURCISEMENT

Une fois la prise amorcée, le phénomène d'hydratation se poursuit, c'est la période de durcissement rapide qui se poursuit pendant des mois voire des années au cours desquelles les résistances mécaniques continuent de croître.

Lorsqu'on désire un durcissement rapide, on choisit des ciments de classe élevée et de préférence de classe « R » c'est-à-dire ayant la caractéristique complémentaire. « Rapide ». il est également possible d'utiliser du ciment alumineux fondu CA, qui après quelques jours a atteint la quasi-totalité de sa résistances. [11].

#### V.1.3.1.4. CHALEUR D'HYDRATATION

La dissolution des différents constituants est exothermique et, selon leurs pourcentages relatifs, le dégagement de chaleur est donc plus ou moins important, c'est le cas par exemple des ciments riches en C3A que l'on intérêt à les temps chaud. Suivant les ciments, cette chaleur est comprise à 12 heures, approximativement, entre 65 j/g par exemple pour certains CHF-CEM III/B et 300 j/g pour certains CPA-CEM I.

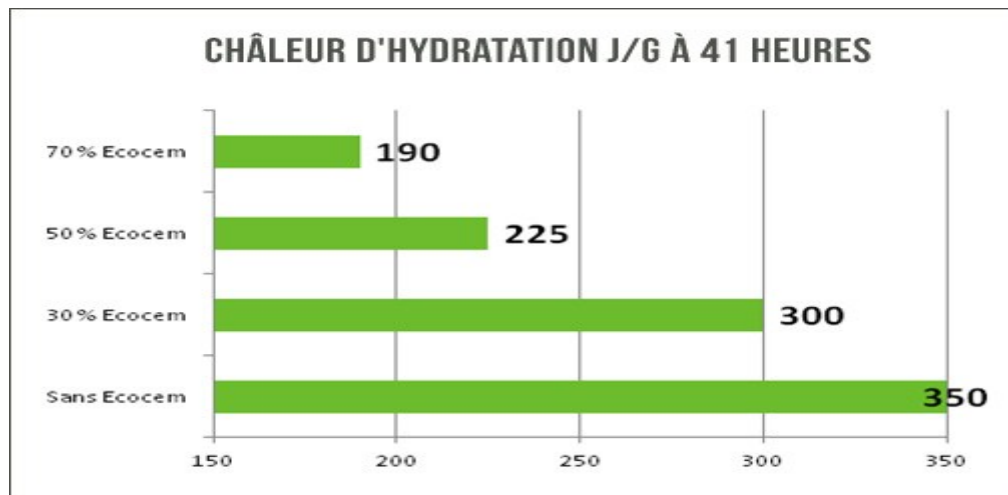


Figure I-10 : chaleur d'hydratation

#### V.1.3.1.5. FINESSE DE MOUTURE

La finesse de mouture, également appelée finesse Blaine, exprimée en  $\text{cm}^2/\text{g}$ , représente la surface spécifique ou surface développée d'une masse de 1kg de ciment. Elle est, d'une façon générale, comprise entre 3000 et 3500  $\text{cm}^2/\text{g}$ , certains ciments prompts naturels « CNP » ont un Blaine supérieure à 4500  $\text{cm}^2/\text{g}$ .

Plus la finesse est grande, plus les résistances sont précoces et élevées, mais par contre, plus les risques de retrait et par conséquent de fissuration ainsi que d'événement du Ciment sont accrus.

#### V.1.3.1.6. RETRAIT

Lorsque l'élément du béton ou mortier se trouvera dans une atmosphère ayant une humidité relative inférieure à celle d'équilibre de l'élément, les dimensions de ce dernier diminuent ; c'est le retrait.

On mesure le retrait sur des éprouvettes prismatiques de mortier de 16 cm de longueur et D'une section droite de 4×4cm, conservées dans l'air à une température de 20°C et une hygrométrie de 50% [11].

La norme impose les valeurs limites, à 28 jours, de :

- 800µm/m pour les ciments portland CPA-CEM I ET CPJ-CEMII de classe 32,5R ;
- 1000µm/m pour des types de ciment identique mais des classes 32,5R-42,5 et 42,5R.

Les principaux paramètres agissant sur le retrait sont :

- La nature du ciment ;
- La finesse de mouture ;
- Le dosage en ciment, dans le béton ;
- Le dosage en eau ;
- La propreté et nature des granulats ;

#### **V.1.3.1.7.GONFLEMENT**

Si l'élément se trouve dans une atmosphère à humidité relative supérieure à celle d'équilibre de l'élément, les dimensions de ce dernier augmentent ; c'est le gonflement, ce qui entraîne l'apparition des tensions internes [11].



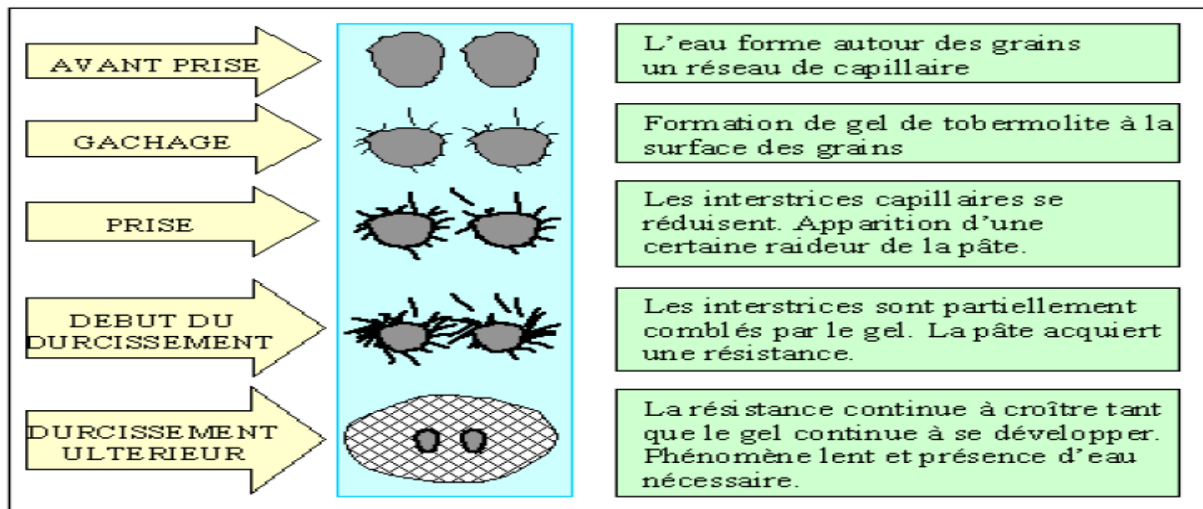


Figure I-11 : L'évolution physico-chimique de la pâte de ciment

V.1.3.2. CARACTERISTIQUES CHIMIQUES

➤ CIMENT COURANT

D'une façon générale, les ciments doivent satisfaire au respect d'un certain nombre d'exigences, résumées dans le **tableau 01-01** .ci-après, quant à leur composition chimique.

Tableau I-01 : caractéristique chimique de ciment courant.

Propriété	Type de ciment	Classe de résistance	Valeur maximale en% de la masse
Perte au feu	CPA-CEM I CHF-CEM III CLK-CEM III	toutes classes	≤5
Oxyde de magnésium	CPA-CEM I	toutes classes	≤5
Résidu insoluble	CPA-CEM I CHF-CEM III CLK-CEM III	toutes classes	≤5
Sulfates SO3 limite supérieure	CPA-CEM I	32,5	≤3,5
	et CPJ-CEM II (A et B)	42,5	
	CPZ – CEM IV et CLC – CEM V CHF-CEM III	42,5 52,5 52,5 R	≤4

		toutes classes	$\leq 4$
<b>Chlorures</b>	tous types de ciment (CHFCEM III/A et B et les CLKCEM III/C)	52.5 R	$\leq 0,05$
		toutes les autres classes	$\leq 0,10$

**V.1.3.3. CARACTERISTIQUES MECANIQUES**

Les ciments courants sont classés en fonction de leurs résistances mécaniques à la compression exprimées en MPa à 28 jours, la norme spécifiant une limite inférieure et une limite supérieure dont les valeurs sont les suivantes :

**Tableau I-02 : caractéristique mécanique des ciments courants.**

<b>Classe de ciments</b>	<b>Résistance à 2 jours (MPa)</b>	<b>Résistance minimale à 28 jour(MPa)</b>	<b>Résistance maximale à 28 jours(MPa)</b>
<b>32,5</b>		$\geq 32,5$	$\leq 52,5$
<b>32,5R</b>	$\geq 13,5$	$\geq 32,5$	$\leq 52,5$
<b>42 ,5</b>	$\geq 12,5$	$\geq 42,5$	$\leq 62,5$
<b>42,5R</b>	$\geq 20$	$\geq 42,5$	$\leq 62,5$
<b>52,5</b>	$\geq 20$	$\geq 52,5$	-
<b>52,5R</b>	$\geq 30$	$\geq 52,5$	-

Classes « R », rapides, présentent aux jeunes âges des caractéristiques mécaniques plus élevées et leur intérêt particulièrement dans certaines circonstances telles que bétonnage trouvent par temps froid, décoffrage rapide, préfabrication.

Il y a lieu de distinguer les valeurs spécifiées pour chaque classe de ciment par la norme (tableau précédent), la probabilité étant statistiquement de 95 % pour les résistances minimales et de 90 % pour les résistances maximales, et les valeurs garanties que le fabricant doit respecter à 100 % et qui sont indiquées dans **le tableau 01-03** ci-dessous :

Tableau I-03 : résistances garanties des ciments courants.

Classe de ciments	Résistances garanties à 2jours(MPa)	Résistances garanties à 7jours(MPa)	Résistances garanties à 28jours(MPa)
<b>32,5</b>	-	17,5	30
<b>32,5R</b>	12	-	30
<b>42,5</b>	10	-	40
<b>42,5R</b>	18	-	40
<b>52,5</b>	18	-	50
<b>52,5R</b>	28	-	50

#### V.1.4. PROCÉDES ET TECHNIQUES DE FABRICATION DU CIMENT.

La création chimique de base de fabrication du ciment commence avec la décomposition du carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) en chaux (oxyde de calcium  $\text{CaO}$ ) accompagnée d'un dégagement de gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) à environ  $900^\circ\text{C}$ . Ce processus appelé Clinker ou Clinkérisation pendant laquelle, l'oxyde de calcium réagit à haute température (en général  $400^\circ$  et  $1500^\circ\text{C}$ ) avec la silice, l'aluminium et l'oxyde de calcium composant le clinker. Celui-ci est ensuite broyé et mélangé à du gypse et à d'autres constituants, ce qui permet d'obtenir du ciment.

Il existe 4 grands procédés de fabrication du ciment :

- la voie sèche
- la voie semi-sèche
- la voie humide
- la voie semi - humide.

##### V.1.4.1. LA VOIE SECHE

Dans la voie sèche les matières premières broyées et séchées forment le cru ou farine qui a l'aspect d'une poudre fluide. Le cru est ensuite introduit dans le préchauffeur ou précalcinateur du four ou plus rarement dans un four tubulaire long.

**V.1.4. 2. LA VOIE SEMI - SECHE**

La farine mélangée à de l'eau forme des granules qui sont introduits dans un préchauffeur à grilles situé en amont du four long équipé de croisillons.

**V.1.4. 3. LA VOIE HUMIDE**

Les matières premières (dont la teneur en humidité est souvent élevée) sont broyées dans l'eau pour former une pâte pouvant être pompée. Elle est ensuite introduite directement dans le four ou peut passer auparavant dans un sécheur.

**V.1.4.4. LA VOIE SEMI - HUMIDE**

La pâte est d'abord débarrassée de son eau dans des filtres - presses. Le gâteau de filtre - presse est ensuite extrudé sous forme de granules et introduit dans un pré chauffeur à grille ou directement dans un séchoir pour la fabrication du cru.

Notons que le choix du procédé dépend dans une large mesure de l'état des matières premières.

Les opérations suivantes sont communes à tous les procédés :

- Extraction des matières premières
- Stockage et préparation des matières premières
- Stockage et préparation des combustibles
- Cuisson du clinker
- Broyage et stockage du ciment
- Conditionnement et expédition

Dans la section qui suivra , nous allons étudier comment la ville de Beni s'approvisionne en ciment.[12].

**V.1.5. CONSTITUANTS DES CIMENTS****V.1.5.1. CONSTITUANTS PRINCIPAUX :**

- Clinker portland (k)
- Laitier granule de haut fourneau (s)
- Cendres volantes (v et w)

- Pouzzolanes naturelles (z)
- Schistes calcines (t)
- Calcines (l)

**V.1.5.2. LES CONSTITUANTS SECONDAIRES**

- Sulfate de calcium
- Les additifs

**V.1.6. DIFFERENTS TYPES DES CIMENTS COURANTS :**

Selon que des constituants, autres que le gypse, sont ou non ajoutés au clinker lors opérations de fabrication, on obtient les différents types de ciments définis par la norme.

Le tableau 01-04 ci –dessous donne la liste des différents types des ciments courants normalisés avec indication, pour chacun d’eux, de leur désignation propre et des pourcentages respectifs de constituants qu’ils comportent.

**Tableau I-04 : les différents types de ciment courants**

désignations	Type de ciment	Teneur de clinker	teneur en % de l’un de consultants suivant : cendres- calcaires- schistes- fumées de silice.	Teneur en consultants secondaire (filler)
C PA-CCM I	Ciment portland	95 à 100 %		0 à 5%
CPJ – CEM II/A	Ciment portland composé	80 à 94 %	- De 6 à 20 % de l’un quelconque des constituants, sauf dans les cas ou les constituants sont des fumées de silice auquel cas la proportion est limitée à 10%	0 à 5%
CPJCEMII/B			- De 21à35%avec les mêmes restrictions que ci-dessus	0 à 5%

CHF-CEM III/A	CHF-CEM III/A	35à64%	-35à65% de laitier de haute- fourneau	0à5%
CHF-CEM III/B	CHF-CEM III/B	20à34%	-66à80% de laitier de haut fourneau	0 à5%
CLKCEMIII/C	CLKCEMIII/C	5à19%	-81 à95% de laitier de haut fourneau	0à5%
CHF-CEM III/A	Ciment de Haut fourneau	35à64%	-35à65% de laitier de haute- fourneau	0à5%
CHF-CEM III/B		20à34%	-66à80% de laitier de hautfourneau	0 à5%
CLKCEMIII/C		5à19%	-81 à95% de laitier de haut fourneau	0à5%
CPZCEMIV/A	Ciment pouzzolanique	65à90%	-10à35%de pouzzolanes, cendres siliceuses ou fumées de silice, ces dernières étant limitées à10%.	0à5%
CPZ-CEMIV/B		45à64%	-36à55%comme ci-dessus	0à5%
CLC-CEM V/A	Ciment au laitier et aux cendres	40à64%	-18à30% de laitier de haut- fourneau et 18 à30% de cendres siliceuses ou de pouzzolanes.	0à5%
CLC-CEM V/B		20à39%	-31 à50%de chacun des 2 constituants comme ci dessus	0à5%



**V.1.7 LA PRODUCTION DU CIMENT PORTLAND :** la fabrication du ciment se distingue en étapes principales suivantes :

**V.1.7.1 EXTRACTION ET CONCASSAGE :**

Le calcaire est extrait par explosif dans des carrières généralement prêt de la cimenterie. L'argile, plus meuble, est extraite par des engins mécaniques et transportée en cimenterie. Le concassage, fait sur les lieux de l'extraction, réduit la granulométrie des matériaux à environ 50 mm .

**V.1.7.2 PREPARATION DE CRU :**

Un mélange homogène d'argile et de calcaire est réalisé. Les proportions sont déterminées selon leurs compositions chimiques et sont toujours proche de 80 % de calcaire et 20% d'argile. Le mélange est broyé en une poudre de granulométrie inférieure à 200 microns. La poudre obtenue est homogénéisée par un mélangeur pneumatique ou mécanique. Le produit obtenu est appelé « le CRU ».

**V.1.7.3 CUISSON :**

Réalisée dans des fours rotatifs à une température maximale d'environ 1450°C, la cuisson permet la transformation du cru en clinker (forme de grains de 0,5 à 4 cm de diamètre). A la sortie du four, le clinker est refroidi rapidement (à une température de 50 à 250°C) pour éviter une forte cristallisation.

**V.1.7.4 BROYAGE :**

Le Clinker Portland est additionné de gypse et éventuellement d'ajouts cimentaires (Laitier, pouzzolane, calcaire,...) et est broyé en poudre fine d'une granulométrie inférieure à 80 µm, c'est le ciment Portland. [13]

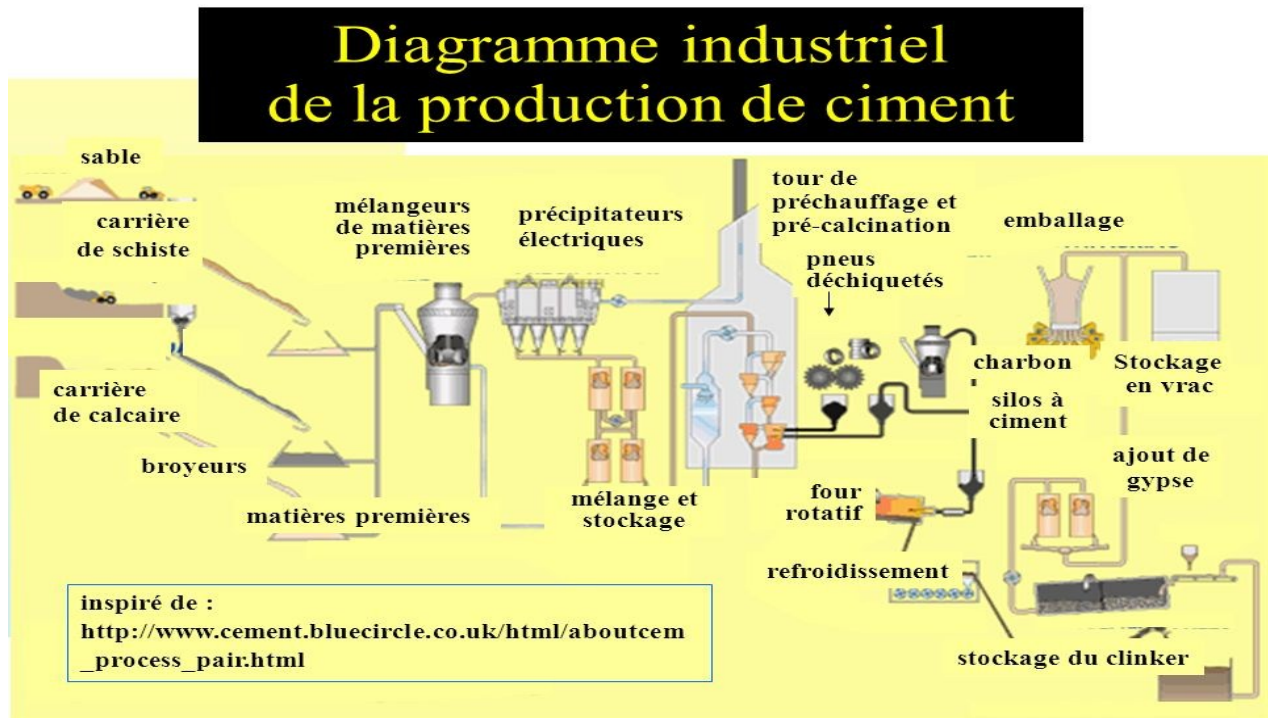


Figure I-12 : diagramme industrielle de la production du ciment

## V.2. LE SABLE

Le sable est le constituant du squelette granulaire qui a le plus d'impact sur les qualités du béton et du mortier.

Il joue un rôle primordial en réduisant les variations volumiques, les chaleurs dégagées et le prix de revient des bétons. Il doit être propre et ne pas contenir d'éléments nocifs. Il convient de se méfier de la présence de sables granitiques, de micas en paillettes, d'argiles, de sulfates...et dans le cas de sable concassé : des poussières, des plaquettes, des aiguilles. [14]

## V.3.EAU DE GACHAGE :

C'est la quantité d'eau totale ajoutée au mélange sec de mortier. Elle est nécessaire pour l'hydratation du liant, le mouillage des granulats et la facilité de mise en place du mortier.

Cette eau est d'une grande importance, elle est soumise à certaines exigences .On conçoit donc, en premier lieu, les impuretés nocives comme les chlorures, Les sulfates, Les matières organiques, Les nitrates, Les sels de sodium (Na) et de potassium (K)...etc. La

qualité de l'eau de gâchage peut avoir une influence sur le temps de prise, le développement des résistances du mortier. Ce qui nécessite une analyse chimique pour déterminer les impuretés qui s'y trouvent. Et aussi L'acidité ((pH) doit être supérieure à 4).

L'eau potable convient toujours. Le gâchage à l'eau de mer est à éviter, surtout pour le béton armé. Les caractéristiques des eaux requises pour la confection des mortiers et des Bétons sont précisées dans la norme NF P 18-303. [15]

## **VI.CONCLUSION :**

Il n'existe pas de construction sans mortiers tant leur rôle est indispensable : ils sont le « liant » entre tous les autres constituants et matériaux de l'ouvrage.

En poudre ou en pâte, pour assembler le carrelage, mettre des sols à niveau, protéger des murs ou les habiller de couleurs, les mortiers sont les alliés de la construction ou de la rénovation de bâtiments défiant les épreuves du temps.[16]