

**V Essais d'identification :****V.1 Déterminations des caractéristiques physiques du ciment :****Tableau V.1 :** Récapitule les résultats des caractéristiques physiques du ciment utilisé

Type de ciment	Cimenteries	Masse volumique absolue (Ton/m <sup>3</sup> )	Masse volumique apparente (Ton/m <sup>3</sup> )	La consistance (%)	Début de prise (mn)	Fin de prise (mn)
CEM II	Matine	$\rho_s = 3.120$	$\rho_a = 1.088$	26	73	200

**V.2 Déterminations des caractéristiques physiques du sable :**

Les résultats obtenus sur les caractéristiques physiques sont récapitulés dans le tableau suivant :

**Tableau V.2 :** Résultats des caractéristiques physiques de sable

Sable	Masse volumique absolue (Ton/m <sup>3</sup> )	Masse volumique apparente (Ton/m <sup>3</sup> )
GUELTA	2.65	1.456

**V.2.1 Equivalent de sable :**

$ES_v=80$  et  $ES_p=75$  sont situés entre 70 et 80 % présentent un sable propre à faible pourcentage de fines argileuses convenant parfaitement pour les bétons de haute qualité.

V.2.2 Analyse granulométrique :

Tableau V.3 : Analyse granulométrique du sable

Module	Tamis ouverture en [mm]	Refus cumulés		Tamisats (%)
		[g]	(%)	
38	5	0	0	100
36	4	1	0.20	99.8
34	2	5	1	99
31	1	13	3	97
29	0.500	60	13	87
27	0.400	113	23	77
26	0.315	220	44	56
24	0.200	424	84	15
21	0.100	490	98	2
20	0.080	492	98	2

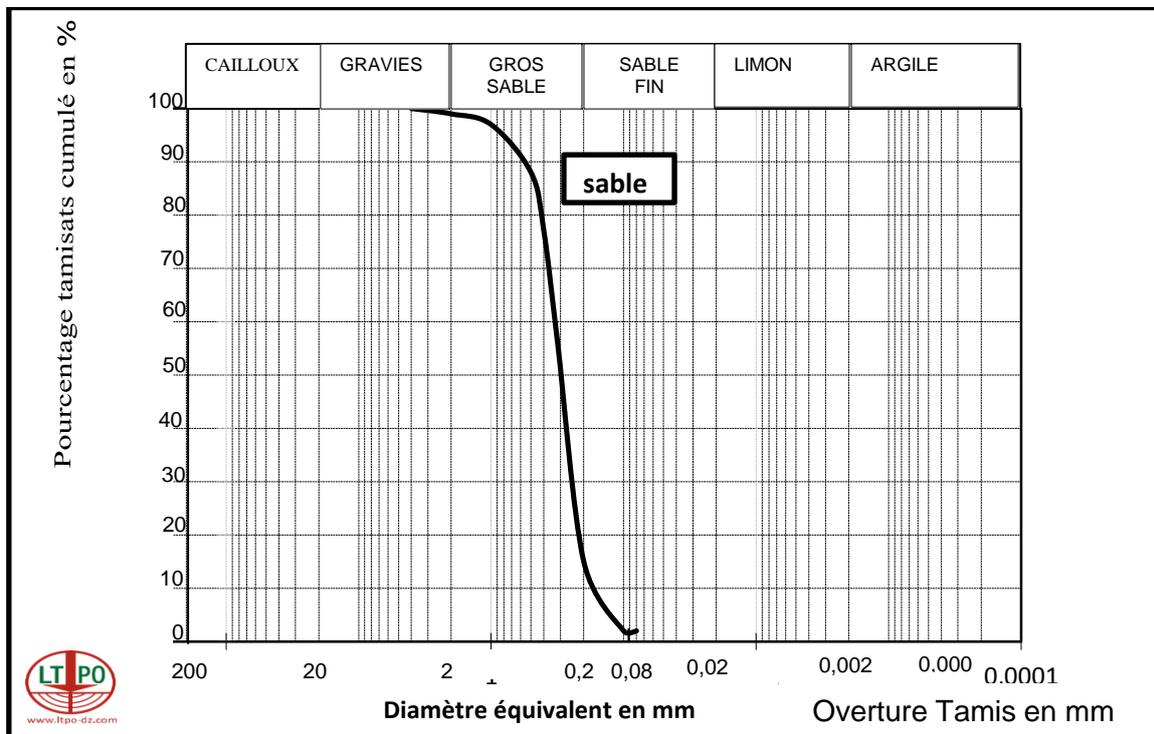


Figure V.1 : Courbe granulométrique du sable

**Le module de finesse (MF) :**

$MF = (0.2+1+3+13+23+44+84+98)/100 = 2.66$  représente un bon sable pour la formulation du béton (2,2 –2,8).

**V.3 Caractéristiques physique du gravie :****V.3.1 Les essais sur Le gravier:****Tableau V.4 :** Les caractéristiques physiques des graviers

Caractéristiques	Gravier 3/8	Gravier 8/15
Masse volumique absolue (Ton/m <sup>3</sup> )	2.72	2.56
Masse volumique apparente (Ton/m <sup>3</sup> )	1.41	1.52

**V.3.2 Analyse granulométrique:****V.3.2.1 Gravier 3/8:****Tableau V.5 :** Analyse granulométrique des granulates de fraction 3/8

Module	Tamis [mm]	Refus cumulés		Tamisats (%)
		[g]	(%)	
41	10	0	0	100
40	8	10	0.625	99.38
39	6.3	295	18.44	81.56
38	5	605	37.81	62.19
36	4	1045	65.31	34.69
34	2	1570	98.13	1.87

V.3.2.2 Gravier 8/15:

Tableau V.6 : Analyse granulométrique des granulates de fraction 8/15

Module	Tamis [mm]	Refus cumulés		Tamisats (%)
		[g]	(%)	
44	20	0	0	100
43	16	29	1	99
42	12.5	662	22	78
41	10	1442	48	52
40	8	2512	84	16
39	6.30	2547	85	15
38	5	2807	94	6
36	4	2940	98	2
34	2	2988	100	0

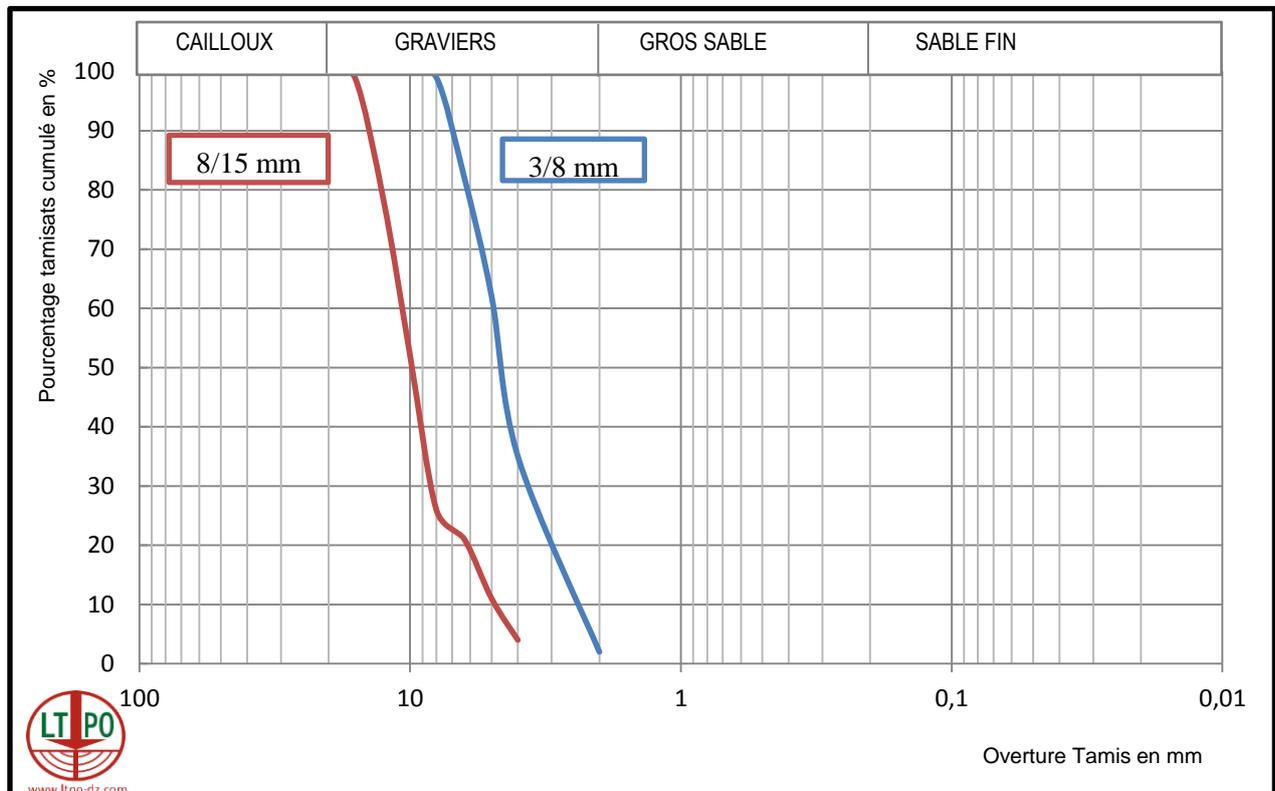


Figure V.2 : La courbe granulométrique du gravier 3/8 et 8/15

Tableau V.7 : Détermination coefficient Cu et Cc

	SABLE	3/8	8/15
coefficient d'uniformité $Cu=d_{60}/d_{10}$	2	2.08	1.94
coefficient de courbure $Cc=(d_{30})^2/D_{60} \cdot d_{10}$	1.53	1.03	1.27

Toutes les courbes granulométriques établies sont étalées et continues, ce que confirment le coefficient d'uniformité  $Cu=2$  et le coefficient de courbure  $Cc=1,27$  coefficients ayant des valeurs de 1 à 1,6.

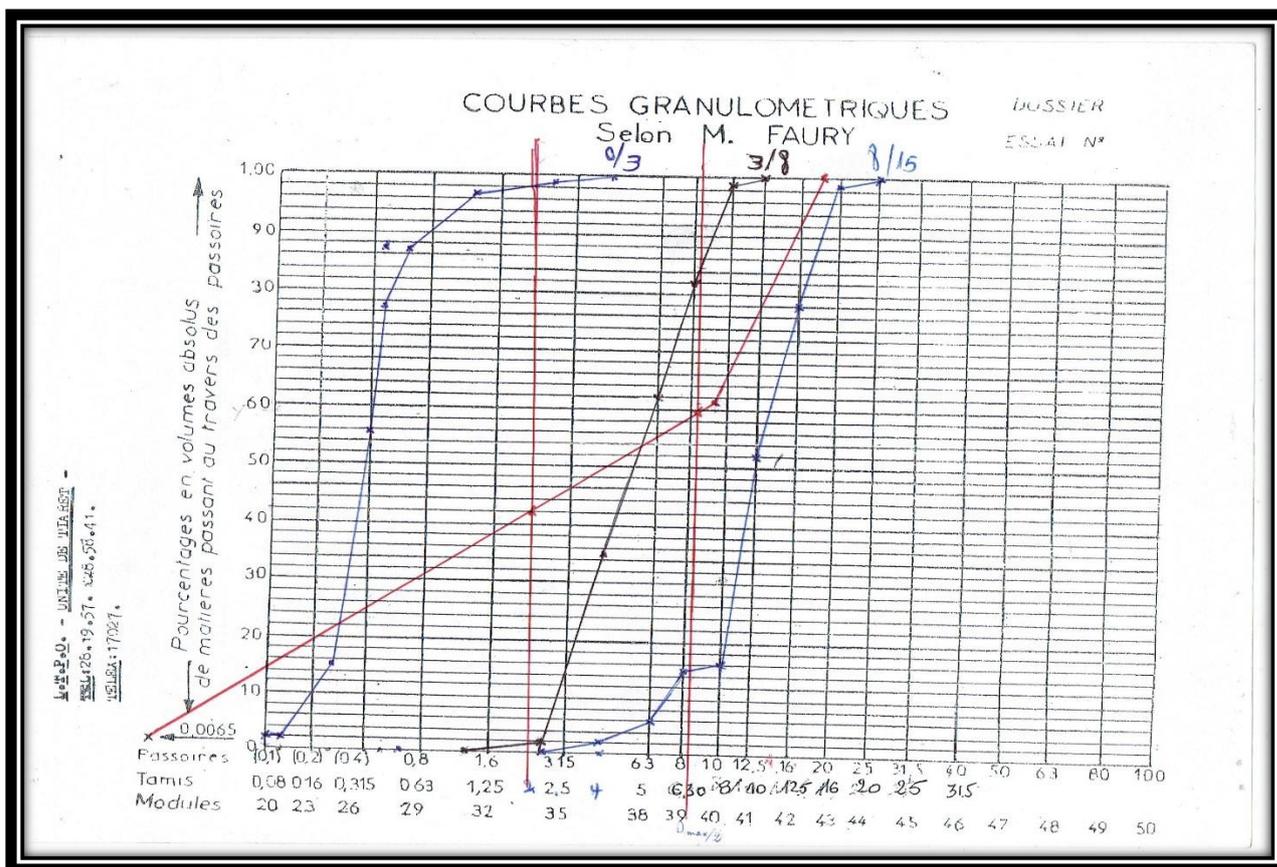


Figure V.3 : Analyse granulométrique par tamisage (sable, gravier 3/8, gravier 8/15)

**V.4 Les essais sur le béton durci :****V.4.1 Caractérisation des bétons utilisés:**

La caractérisation des bétons utilisée a été réalisée sur des éprouvettes cylindriques de (16x32) cm testées en compression et à la traction par fendage, pour un béton d'âge : 7, 14, 21 et 28 jours.

**V.4.2 La composition d'un béton à haute performance:**

En va étudier un béton à haute performance avec la même composition de celle du béton ordinaire, en conservant tous les paramètres constants, la variation porte sur l'ajout de laitier de haut fourneau par rapport au ciment et un superplastifiant par rapport à l'eau.

**V.5 Propriétés du béton durci:****V.5.1 Résistance en compression simple:**

Un certain nombre d'éprouvettes ayant été prélevés pour un béton donné, la moyenne arithmétique de l'ensemble des résistances trouvées à un âge donné (7, 14, 21, 28 jours) donne une idée de la résistance moyenne probable pour l'ouvrage.

Mais cela n'est pas suffisant ; Il est en effet de toute évidence qu'il sera préférable d'avoir une moyenne de 35 MPa par exemple, avec des résultats s'étalant de 32 à 38 MPa plutôt que 36 MPa avec un étalement de 26 à 46 MPa, d'où la nécessité de la connaissance d'un coefficient de variation  $V$ , calculé d'après l'écart type fonction de la dispersion.

Nous rappelons que pour un nombre  $n$  de mesures  $m$ , soit :  $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$  la moyenne arithmétique étant :

$$m_a = \frac{\sum m_i}{n}$$

L'écart type sera :

$$s = \sqrt{\frac{\sum (m_i - m_a)^2}{n-1}}$$

$S$  : écart type calculé à partir de l'expression suivante

$n$  : égale au nombre de mesures

$m_a$  : est la moyenne arithmétique étant

$V$  : le coefficient de variation calculé à partir de l'expression suivante :

$$V = 100 \frac{S}{m_a} \%$$

Concernant la dispersion qui affecte plus ou moins mais inévitablement les mesures de résistance des bétons, nous laisse à penser que la résistance moyenne de toute une série de mesures n'est pas un critère suffisant de la résistance mais qu'il convient de tenir compte

également de la dispersion dont l'écart type **S** est particulièrement représentatif et permet de faire un contrôle.

L'écart entre les diverses valeurs moyenne correspondant chacune au contrôle diverses charges ou gâchées d'un même béton, mais espacées sur temps assez long, la dispersion entre les valeurs trouvées pour des éprouvettes de contrôle d'une même charge ou gâchée est assez faible < 5% donc les précautions et stipulation normalisées sont bien observées.

Il est à noter que d'une manière générale toute variation dans les résultats expérimentaux de mesure de la résistance en compression entre les cylindres provenant de l'échantillon est causée par des écarts sur la fabrication de plusieurs gâchés, donc la précision des résultats de résistance en compression obtenus sur les cylindres de béton prélevé, en laboratoire découle des soins apportés à leur fabrication et leur préparation avant leur mise à l'essai. les résultats de la résistance à la compression des éprouvettes retenues sont récapitulés dans les tableaux suivants.

**Tableau V.8 :** Résultat de la résistance en compression de béton

Type de béton	Age (jours)	Résistance à la compression $f_{cj}$ (MPa) (03 échantillons)			Résistance moyenne $f_{cm}$ (MPa)	Ecart type $S = \frac{\sqrt{\sum(m_i - m_a)^2}}{n - 1}$	Résistance caractéristique $f_{cj}$ (MPa) $f_{cj} = m_a - 1,64 S$	Coefficients De variation $V = 100 \frac{S}{m_a}$ (%)
BO	07	30,23	32,9	35,75	32,96	1,95	29,76	5,92
	14	37,51	37,64	38,81	37,99	0,51	37,15	1,43
	21	37,25	39,6	41,65	39,5	1,56	36,94	3,95
	28	43,29	44,14	48,38	45,27	1,92	42,12	4,24
BHP	07	40,16	36,32	33,83	36,77	2,25	33,08	6,12
	14	38,69	41,06	38,66	39,45	0,97	37,86	2,46
	21	48,62	45,08	48,38	47,36	1,40	45,06	2,96
	28	58,82	60,38	65,72	61,64	2,56	57,44	4,15

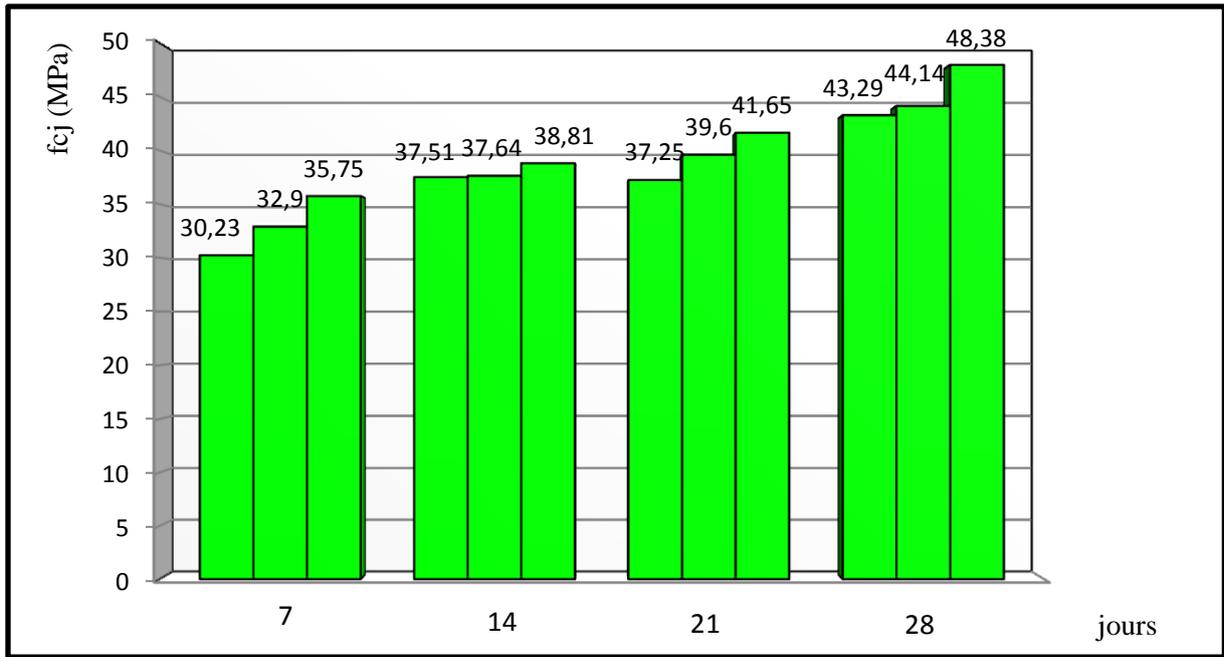


Figure V.4 : Variation de la résistance a la compression des bétons ordinaire

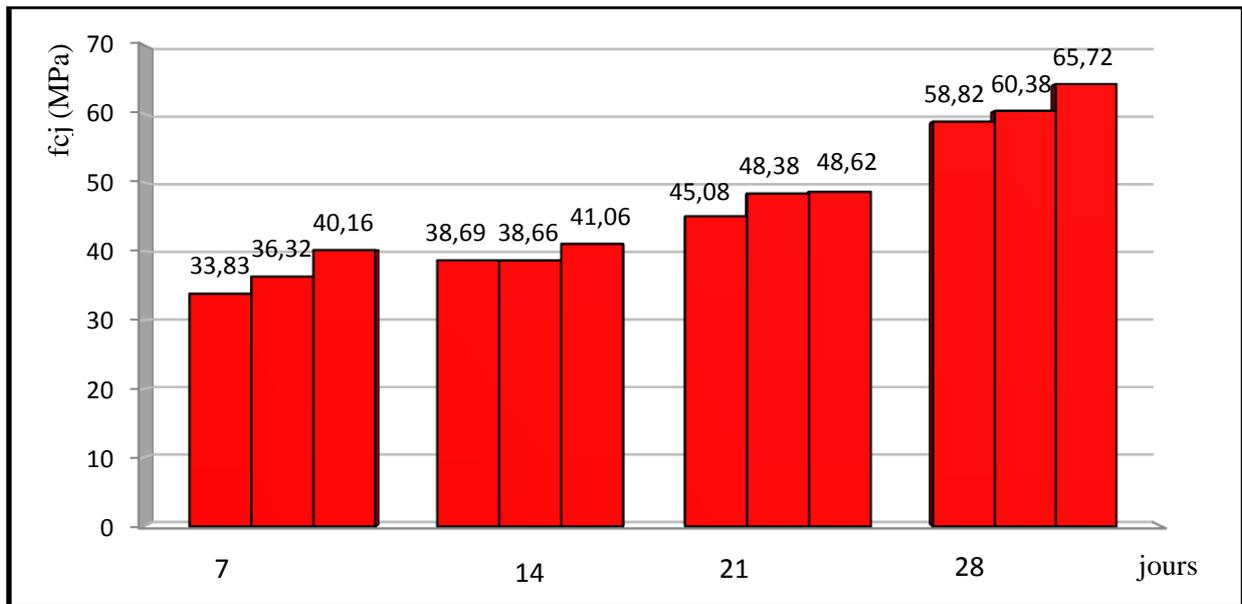
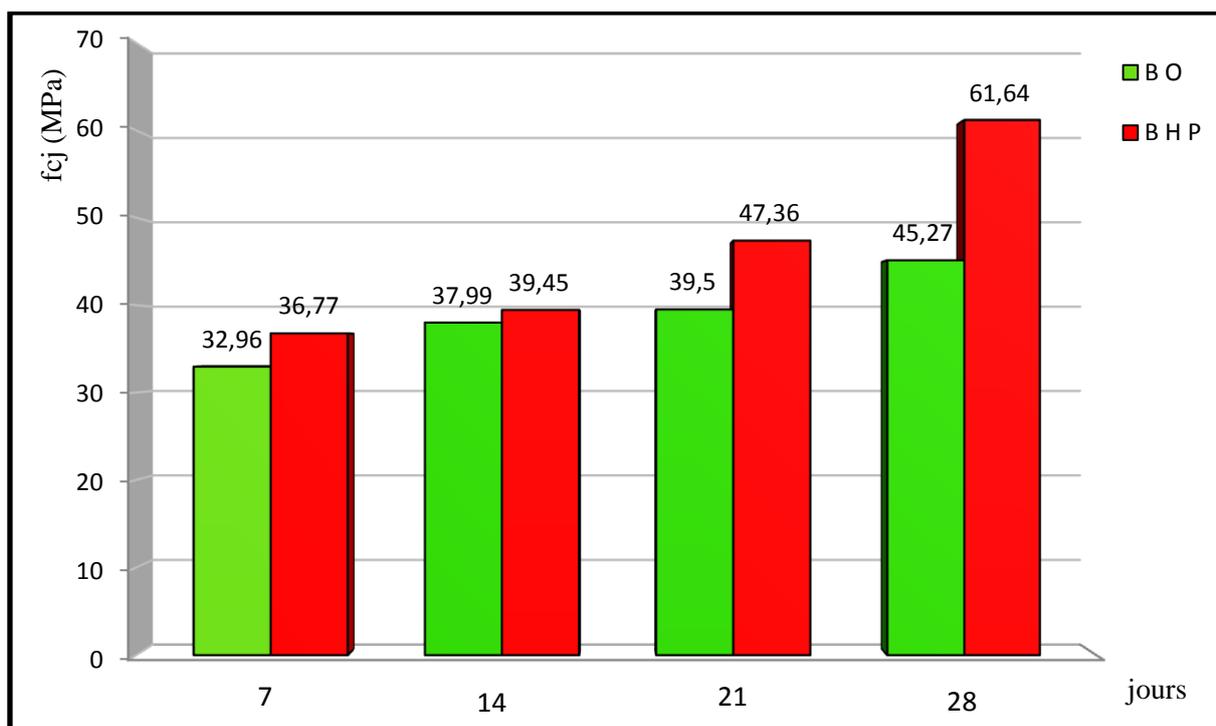


Figure V.5 : Variation de la résistance à compression des bétons a haute performances (BHP)



**Figure V.6 :** Variation de la résistance à la compression des bétons ordinaires et BHP à différentes dates

**V.5.2 Résistance à la traction par fendages :**

Les résultats des essais de traction par fendages des éprouvettes cylindriques (16x32) cm conservées dans l'eau à 20°C sont résumées dans les tableaux ci-après :

**Tableau V.9 :** Résultat de la résistance en traction par fendage

Type de béton	Age (jours)	Résistance à la traction par fendage $f_{tj} = 2Q/\pi\phi L$ (MPa)			Résistance moyenne $f_{tj}$ (MPa)
		(03 échantillons)			
BO	07	1,86	2,26	2,5	2,21
	14	2,43	2,48	2,54	2,48
	21	2,55	2,67	2,76	2,66
	28	2,79	2,81	2,98	2,86
BHP	07	2,25	2,44	2,68	2,46
	14	2,49	2,5	2,97	2,65
	21	2,78	2,98	3,04	2,93
	28	3,06	3,17	3,26	3,16

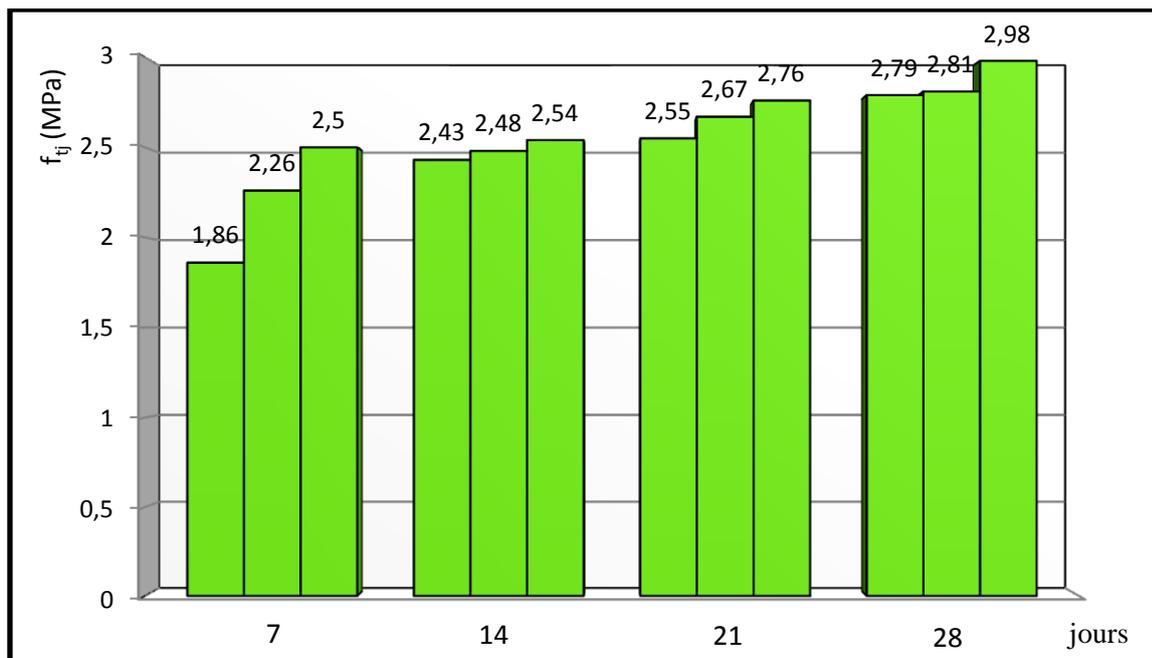


Figure V.7 : Variation de la résistance en traction par fendage ( $f_{tj}$ ) de béton ordinaire à différentes dates

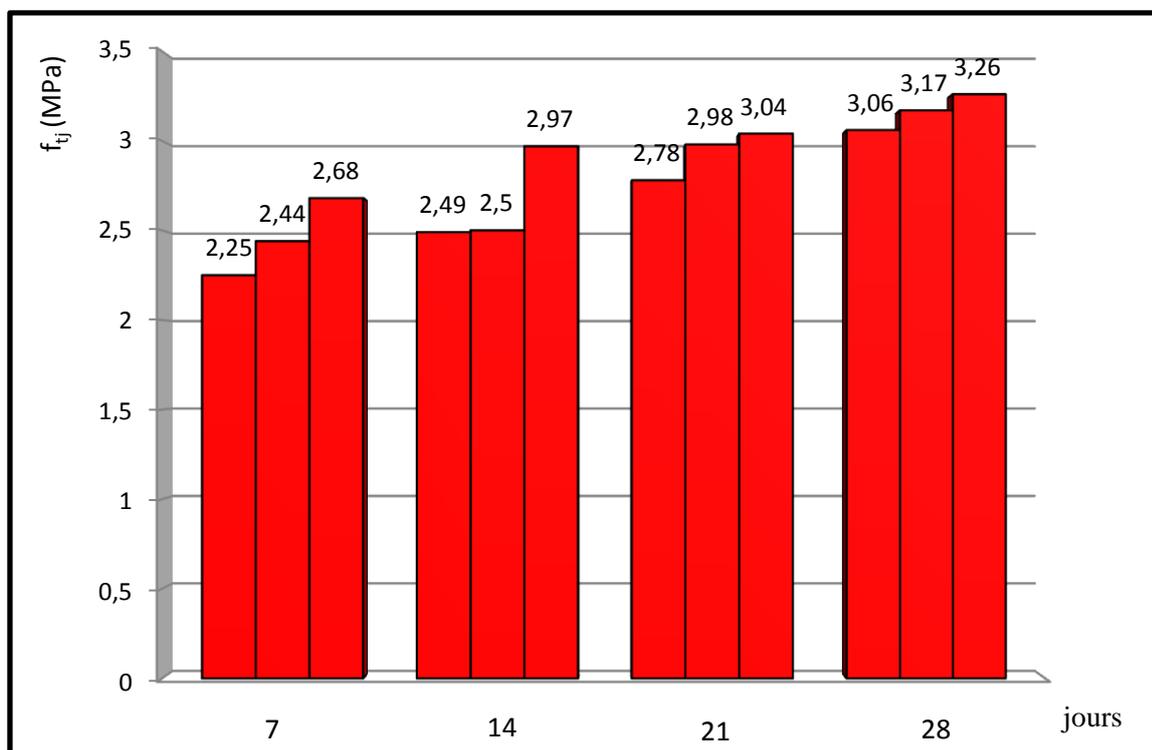
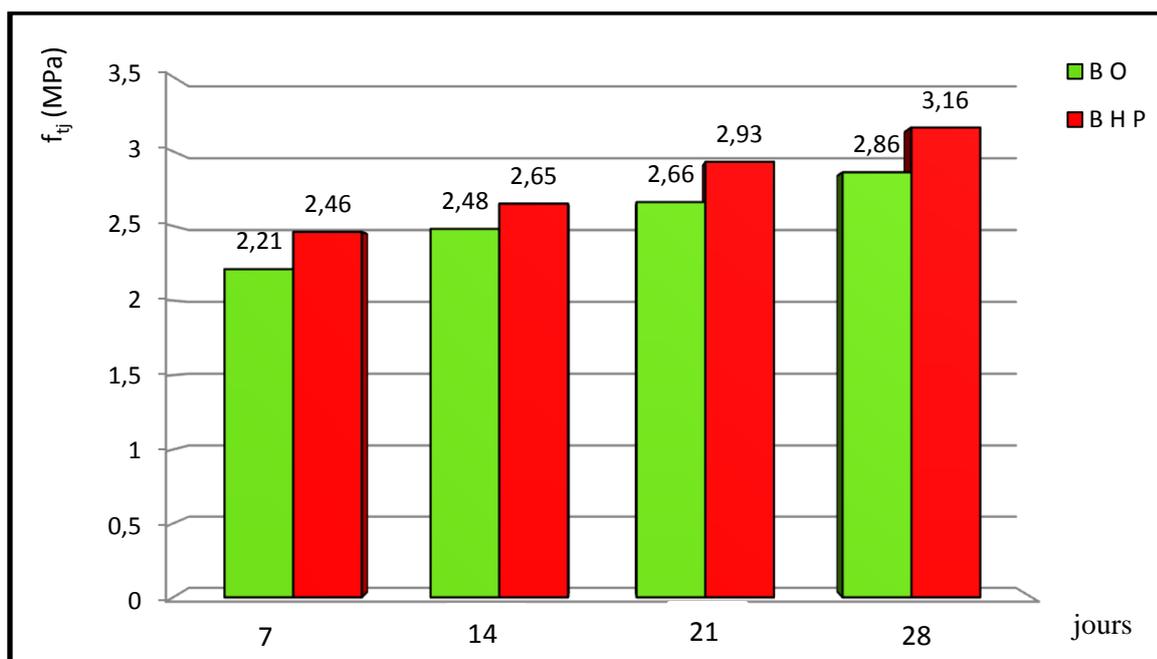


Figure V.8 : Variation de la résistance en traction par fendage ( $f_{tj}$ ) de BHP à différentes dates



**Figure V.9 :** Variation de la résistance en traction par fendage ( $f_{tj}$ ) de béton ordinaire et BHP à différentes dates

➤ **Interprétation :**

▪ **Essai de compression :**

Les tableaux et les figures précédentes indiquent les résultats de résistances à la compression obtenus par écrasements effectués sur des éprouvettes cylindriques de (16x32) cm de béton ordinaire et béton à haut performance, elles montrent en générale une augmentation de la résistance à (7j, 14j, 21j et 28j).

Si on fait une comparaison entre les deux types de bétons on remarque que la résistance du béton à haute performance est meilleure que celle du béton ordinaire ou elle atteint sa grande valeur maximale de 61,64 Mpa (BHP), et (45,27 Mpa (BO)).

▪ **Essai de traction par fendage :**

Les figures (V.7,V.8et V.9) montrent la variation de la résistance à la traction par fendage du béton ordinaire et béton à haut performance en fonction de l'âge mesuré à 7j,14j,21j et 28j sur des éprouvettes cylindriques de (16x32) cm, qui est en croissance avec celle de ce dernier et elle a aussi tendance à une augmentation pour les deux béton.

En remarque que la résistance à la traction par fendage croit avec celle de la résistance à la compression.

Il est très intéressant de remarquer que les mélanges étudiés avec un choix de granulats bien déterminé, permettent d'obtenir des résultats très satisfaisants pour les valeurs des résistances à la compression et à la traction entre 7 et 28 jours. En tirant cette conclusion pour choisir le laitier nous pouvons espérer améliorer les performances mécaniques de tous les mélanges.

### V.5.3 Module d'élasticité :

Le module de Young ou module d'élasticité (longitudinale) ou encore module de traction est la constante qui relie la contrainte de traction (ou de compression) et la déformation pour un matériau élastique isotrope.

Le module d'élasticité a été calculé à 7j, 14j, 21j, et 28j à partir des résultats d'essai de compression. Les résultats obtenus, cependant, montrent dans l'ensemble une tendance à l'accroissement du module d'élasticité lorsque la résistance en compression augmente.

Les valeurs des modules d'élasticités sont résumées dans les tableaux suivant :

**Tableau V.10 :** Module d'élasticité de béton

Type de béton	Age (jours)	$f_c$ (MPa)	Module d'élasticité $E_C$ (MPa) $E_C=3,3\sqrt{f_cj}+6,9$
BO	7 j	32,96	25,85
	14 j	37,99	27,24
	21 j	39,5	27,64
	28 j	45,27	29,10
BHP	7 j	36,77	26,91
	14 j	39,45	27,62
	21 j	47,36	29,61
	28 j	61,64	32,81

On remarque que les valeurs du module d'élasticité augmentent lors que la résistance augmente.

### V.5.4 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons insisté sur les résultats des essais sur béton durci.

Les bétons à hautes performances à base de laitier présentent des résistances un peu faibles aux jeunes âges, mais au cours de leurs cycles de durcissement, ils présentent des évolutions importantes des résistances surtout après 14 jours.