

Introduction :

Ce chapitre est consacré à la présentation des résultats obtenus du programme d'essais suivi par une analyse et une interprétation de ces résultats dans ce travail une étude de corrélation pour la prédiction de la résistance à l'écrasement (R_c) est considérée (les essais non destructifs « vitesse de propagation ultrason»), pour un béton recyclé comparé à un béton ordinaire.

IV -1- Méthodologie adaptée pour les manipulations :

Rappelons que le but de notre travail est la caractérisation aux moyens des essais non destructifs et essais directs d'un béton recyclé à base des matériaux locaux .Pour atteindre les objectifs on a adopté pour les essais proposés la méthodologie suivante :

Il fallait préparer des gâchées pour confectionner 108 éprouvettes (10×10×10) cm et 30 éprouvettes (7×7×28) cm.

-La composition été déterminée par la méthode de baron-lesage.

-trois groupes de béton sont réalisés :

G1 : Mélange à base de sable recyclé de 30%,50%,100%.

G2 : Mélange à base de gravier recyclé de 30%,50%,100%.

G3 : Mélange à base de granulas recyclés de 30%,50%,100%.

- Les essais étant exécuté à : 3 j, 14 j, et 28 jours de durcissement.

- Les propriétés étudiées: (La masse volumique, E/C, Affaissement, le résistance à l'écrasement (R_c) et la vitesse de propagation des ultrasons (V) ,ainsi que la résistance à la traction par flexion (R_t)).

IV -2-présentation des résultats :**IV -2-1- état frais :**

Le tableau ci-dessous, présente l'ensemble des propriétés physiques (masse volumique, le rapport E/C, et l'affaissement) des béton étudiés.

Groupe 1 :

Types de bétons	masse volumique (kg/m ³)	le rapport E/C	l'affaissement du béton (cm)
0%	2550	0.55	7
30%	2480	0.56	6.5
50%	2470	0.58	6
100%	2450	0.60	6

Groupe 2 :

Types de bétons	masse volumique (kg/m ³)	le rapport E/C	l'affaissement du béton (mm)
0%	2550	0.55	7
30%	2370	0.55	6
50%	2330	0.56	6.5
100%	2310	0.58	6

Groupe 3 :

Types de bétons	masse volumique (kg/m ³)	le rapport E/C	l'affaissement du béton (mm)
0%	2550	0.55	7
30%	2420	0.56	6.5
50%	2380	0.58	6
100%	2356	0.62	6

- absorption du sable recycle =7.2%
- absorption du gravier recycle 3/8 =7.2%
- absorption du gravier recycle 8/16 =7.2%

IV -2-1-1-le rapport E/C :

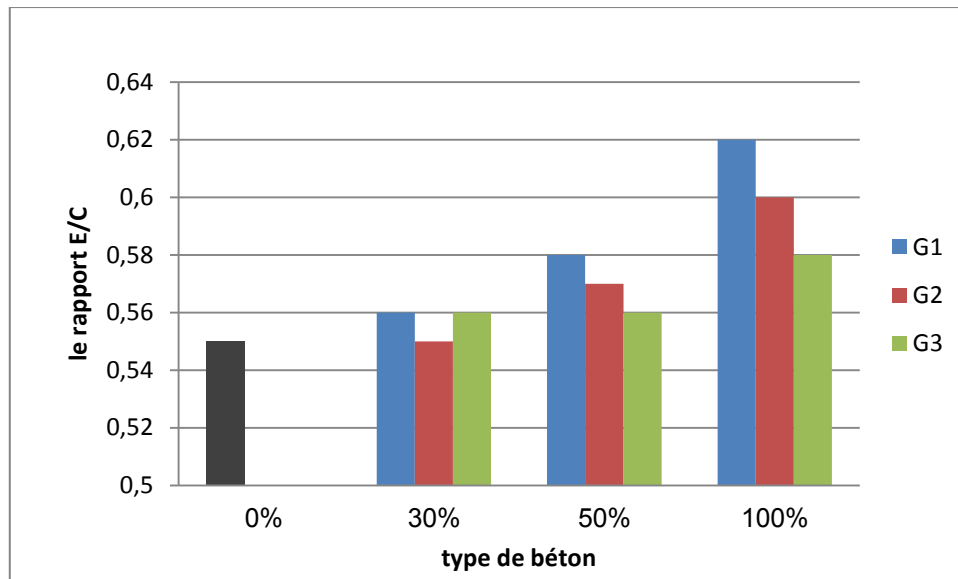


Figure IV - 1- La variation du rapport (E/C) pour les différents types du béton

La substitution de 30% de sable naturel par du sable recyclé conduit à une augmentation du rapport E/C l'exces d'eau est attribué à la forme, des grains de sable (irréguliers), sa teneur en fines (2.56 %) et sa forte absorption.

Généralement les fines des granulats recyclés absorbent une quantité plus élevée, que les éléments grossiers.

L'augmentation des taux de sable recyclé de 50% à 100% influe sur l'ouvrabilité du béton qui devient ferme.

Le remplacement du gravier naturel par du gravier recyclé affecte l'ouvrabilité du béton, au fur et à mesure qu'on augmente le taux de la substitution le rapport E/C augmente (qui demeure inférieur de celui au cas de la substitution du sable).

La raison est liée à la forte absorption des granulats recyclés, d'où la nécessité de pré saturer les granulats recyclés par immersion dans l'eau pour la confection des bétons à base de ces derniers.

Le remplacement du gravier (sable + graviers) naturels par les granulats recyclés augmente la demande en eau en fonction du taux de remplacement.

D'après des études, le béton à base de granulats recyclés requièrent approximativement 15% d'eau supplémentaire pour même affaissement qu'un béton ordinaire.

IV -2-1-2-1masse volumique :

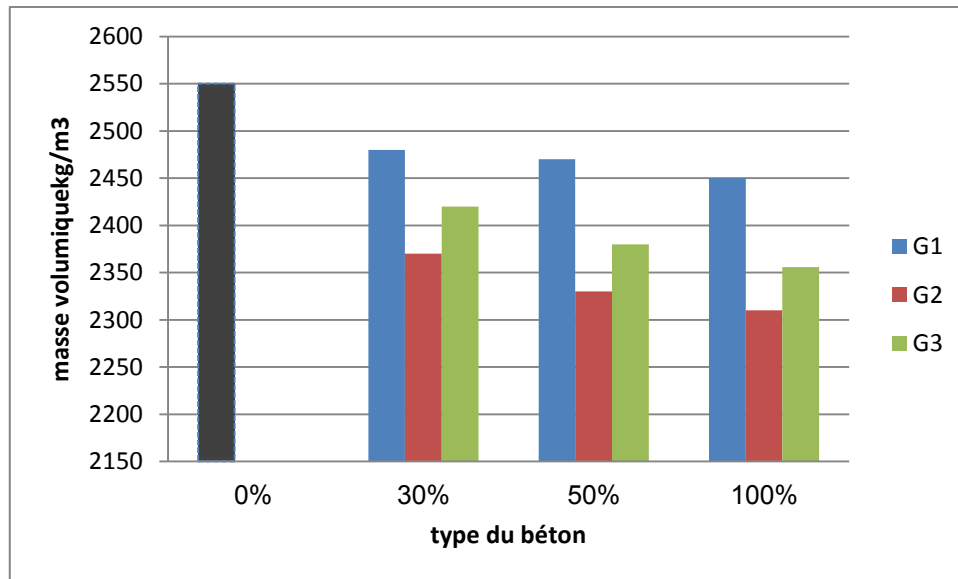


Figure IV- 2- La variation de la masse volumique pour les différents types de bétons

Généralement la masse volumique du béton à base des granulats recyclés est inférieure en comparaison avec celle du béton témoin, le remplacement total à 100% des graviers enregistre la valeur minimale de la masse volumique de 2310 kg/m³ suivi par le remplacement total des granulats et enfin le remplacement du sable.

Cette diminution de la masse volumique est attribué à la nature des granulats ayant une porosité élevée, de la texture des granulats qui est dus au mortier adhérent et rend le taux absorption plus grand avec une demande en eau plus grande.

IV -2-2- l'état durci :

Les résultats de la résistance et ultrason des différents groupes de béton sont regroupés sur le tableau suivant :

Type du béton	l'état frais	l'état durci 1jour	Age (jour)	Compression (Rc)			ultrason			
				cube (MPa)	Moy	(prism) (MPa)	t (µs)	Moy	V(Km/s)	Moy
30% G1	2.43	2.43	3	26.12	24.95	2.6	28.7	26.88	3.510	3.75
	2.43	2.35		22.69			26.7		3.770	
	2.57	2.42		26.04			25.25		3.960	
	2.48	2.4	14	22.9	25.6	4.2	27.69	26.60	3.658	3.72
				28.32			25.3		3.560	
				25.60			26.8		3.950	
			28	34.39	34.39	5.4	25.3	26.6	3.901	
				36			26		3.846	
				35.79			28.5		3.589	
30% G2	2.36	2.44	3	22.04	22.84	2.4	29.65	29.38	3.37	3.39
	2.39	2.34		24.06			27.1		3.63	
	2.36	2.54		22.4			31.4		3.19	
	2.37	3.45	14	28.65	27.11	4.4	27.1	26.43	3.56	3.75
				25.98			26.19		3.84	
				26.7			26		3.85	
			28	30.25	33.09	5.4	22.8	22.9	4.378	4.35
				33.03			22.6		4.367	
				35.98			23.3		4.298	
30% G3	2.43	2.413	3	18.85	18.45	2.3	26.3	25.73	3.795	3.89
	2.40	2.35		17.37			26.4		3.783	
	2.42	2.304		19.12			24.5		4.079	
	2.42	2.36	14	28.31	27.84	4.3	24.5	25.24	4.084	4.07
				25.44			24.1		4.455	
				29.72			27.1		3.675	
			28	36.16	36.16	5.7	24.9	24.93	4.016	
				36.66			26		3.846	
				35.67			23.9		4.184	

Tableau IV-1- Résultats des essais des propriétés physico-mécaniques des mélanges étudiés taux de 30% de trois groupes.

Type du béton	l'état frais	l'état durci 1jour	Age (jours)	Compression (Rc)			Ultrason			
				cube (MPa)	Moy	(prism) (MPa)	t (µs)	Moy	V(Km/s)	Moy
50% G1	2.53	2.343	3	14.75	14.52	2.4	28	26.55	3.570	3.73
	2.43	2.384		13.75			25		3.890	
	2.47	2.427		15.06			26.65		3.752	
	2.47	2.38	14	29.79	27.48	4.3	24	26.17	3.616	3.64
				27.58			25.4		3.844	
				25.08			29.1		3.436	
			28	32.52	33.60	5	27	27.5	3.70	3.665
				33.60			28		3.679	
				34.70			27.5		3.616	
50% G2	2.30	2.29	3	18.5	18.29	2.6	25.7	26..3	3.89	3.8
	2.34	2.51		16.68			26.4		3.78	
	2.35	2.33		19.69			26.8		3.73	
	2.33	2.38	14	28.87	27.55	4.2	25.8	28.08	3.73	3.7
				27			28.7		3.98	
				26.80			29.75		3.4	
			28	34.21	33.19	5.2	24.3	24.53	4.121	4.08
				31.7			24.7		4.051	
				33.67			24.6		4.055	
50% G3	2.35	2.604	3	19.6	19.23	2.4	26.2	26.3	3.819	3.855
	2.39	2.337		18.86			25.8		3.856	
	2.40	2.406		19.23			26.9		3.890	
	2.38	2.449	14	30.75	29.03	4.4	25	24.43	4.003	4.07
				28.83			24.3		4.112	
				27.50			24.5		4.084	
			28	35.03	35.02	5.4	29.2	27.75	3.42	4.031
				34.32			27.65		4.056	
				35.71			26.4		3.787	

Tableau IV-2- Résultats des essais des propriétés physico-mécaniques des mélanges étudiés taux de 50% de trois groupes.

Type du béton	l'état frais	l'état durci 1jour	Age (jours)	Compression (Rc)			Ultrason			
				cube (MPa)	Moy	(prism) (MPa)	t (µs)	Moy	V(Km/s)	Moy
100 % G1	2.46	2.42	3	20.44	19.52	2.6	26.94	28.2	3.760	3.57
	2.45	2.39		18.41			30		3.330	
	2.44	2.41		19.73			27.65		3.616	
	2.45	2.41	14	29.05	28.29	4.4	25.1	25.64	3.984	3.926
				27.51			25.3		3.952	
				28.30			26.51		3.842	
			28	36	36.13	5.2	29.6	30.08	3.803	3.618
				36.19			33.1		3.649	
				36.20			27.55		3.402	
100 % G2	2.30	2.64	3	20.21	20.25	2.8	27.6	28.2	3.68	3.46
	2.32	2.49		22.25			29.2		3.4	
	2.33	2.4		18.29			27.79		3.31	
	2.31	2.51	14	21.47	26.82	4.5	29.7	29.15	3.32	3.33
				28.48			28.15		3.25	
				30.53			29.6		3.42	
			28	32.72	34.66	5.4	24.7	24.8	4.051	4.09
				34.2			25.5		4.107	
				37.07			24.2		4.135	
100 % G3	2.36	2.289	3	20.52	19.74	2.9	25.5	25.8	3.906	3.87
	2.33	2.648		19.4			25.9		3.856	
	2.38	2.814		19.3			26		3.844	
	2.35	2.58	14	26.12	28.94	4.45	24.3	24.6	4.127	4.05
				30.81			24.5		4.084	
				29.90			25		3.950	
			28	34.58	35.15	5.2	24.9	24.63	4.016	4.015
				35.87			23.9		4.184	
				35.00			25.1		3.984	

Tableau IV-3- Résultats des essais des propriétés physico-mécaniques des mélanges étudiés taux de 100% de trois groupes.

Type du béton	l'état frais	l'état durci 1jour	Age (jours)	Compression (Rc)			ultrason			
				cube (MPa)	Moy	(prism) (MPa)	t (µs)	Moy	V(Km/s)	Moy
0%	2.56	2.398	3	27.54	26.28	4.8	26	26.6	3.981	3.81
	2.64	2.468		25.25			28.5		3.586	
	2.46	2.418		26.04			25.3		3.874	
	2.55	2.428	14	30.14	30.92	4.6	25.3	26.26	3.956	3.794
				32.19			27		3.781	
				30.43			26.5		3.645	
			28	34.13	35.18	5.2	22.8	22.66	4.505	4.45
				35.27			23		4.345	
				36.15			22.2		4.508	

Tableau IV-4-Résultats des essais des propriétés physico-mécaniques des mélanges étudiés (béton témoin).

IV -2-2-1-Résistance à la compression :

Les éprouvettes conservées dans un milieu humide sont écrasée en compression après 3j, 14j et 28j jours durcissement les résultats obtenus sont représentés sur les figures suivantes :

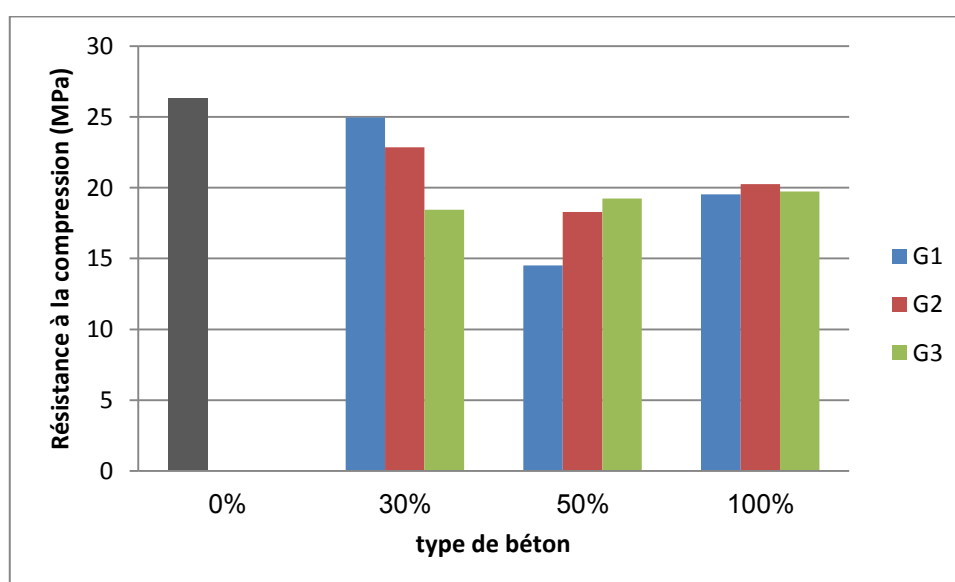


Figure IV-3- résistance à la compression des bétons étudiés à 3 jours.

Après 3 jours de durcissement, on remarque que l'augmentation du taux de substitution affecte la résistance en compression.

Le remplacement de 30% du sable naturel par du sable recycle semble être favorable (la résistance est presque la même d'un béton ordinaire)

Vers 50% de remplacement elle diminue presque de 30% et qui continue de diminuer pour un remplacement total de 100%.

A un pourcentage réduit de 30% l'effet du sable recyclé est favorable ce qui est attribué à la correction de la granulométrie du sable concassé par le sable recyclé, au de la 30% la forte absorption du sable en eau semble la cause de la dégradation de la résistance.

Le remplacement des graviers préteurs par les graviers recyclé de 30% et 50% et même de 100% n'influe pas considérablement sur la résistance en comparaison avec le sable recycle.[5]

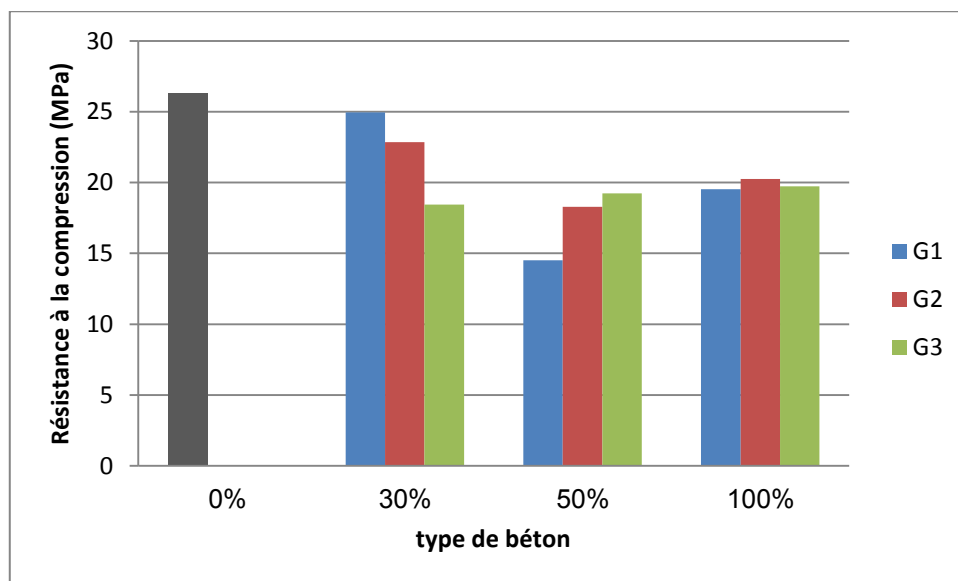


Figure IV-4- résistance à la compression des bétons étudiés à 14 jours

Les mêmes remarques restent valables après 14 jours de durcissement.

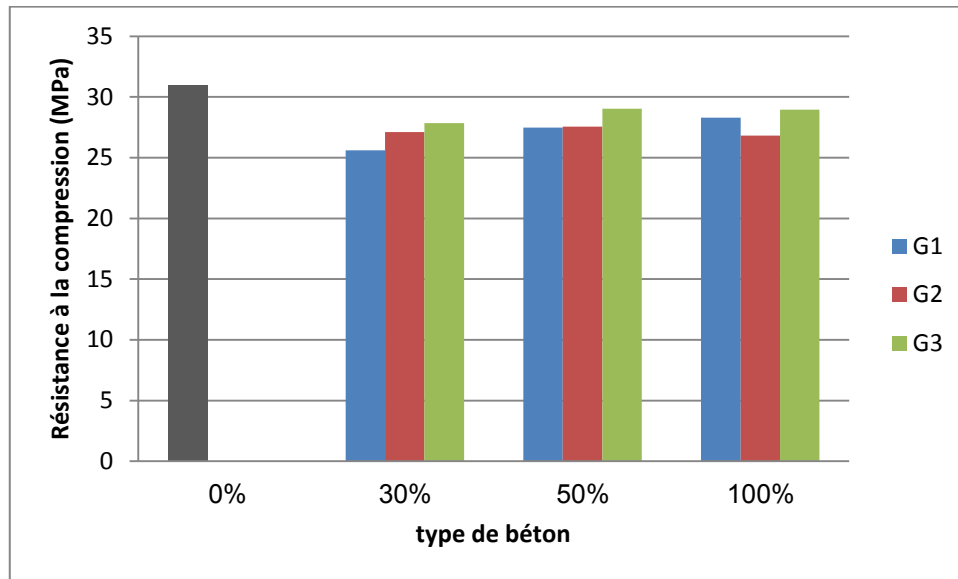


Figure IV-5- résistance à la compression des bétons étudiés à 28 jours

Après 28 jours de durcissement, le béton atteint sa résistance requise, le milieu humide est favorable à la continuité des réactions d'hydratation et à l'augmentation de la compacité du béton et sa résistance. Les granulats recycles affectent la résistance du béton à cause de leur forte absorption, les résultats obtenus sont proches dans le cas des 3 substitutions(en particulier à 50% de remplacement).

IV -2-2-2-Résistance à la traction par flexion :

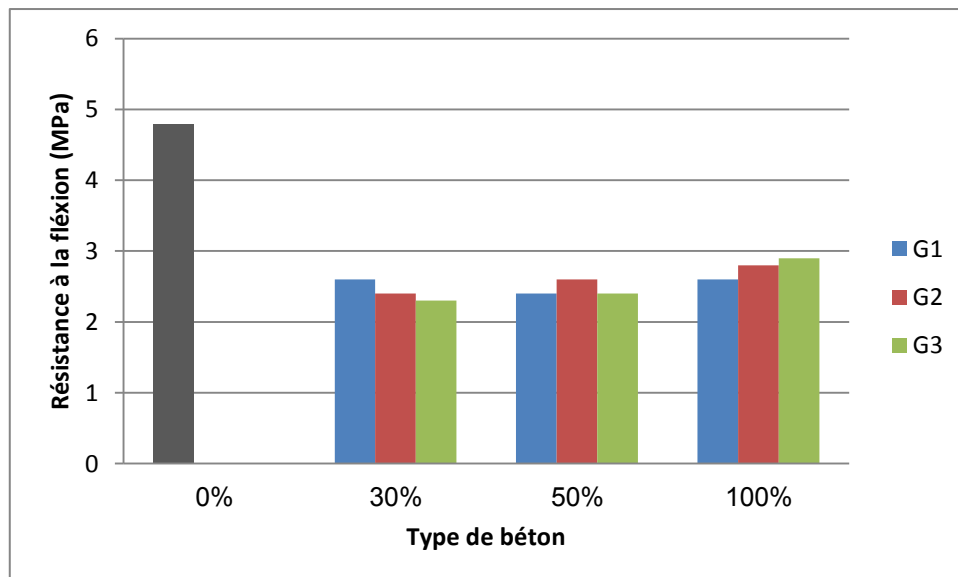


Figure IV-6- La variation de la résistance à la traction par flexion (R_t) à 3 jours.

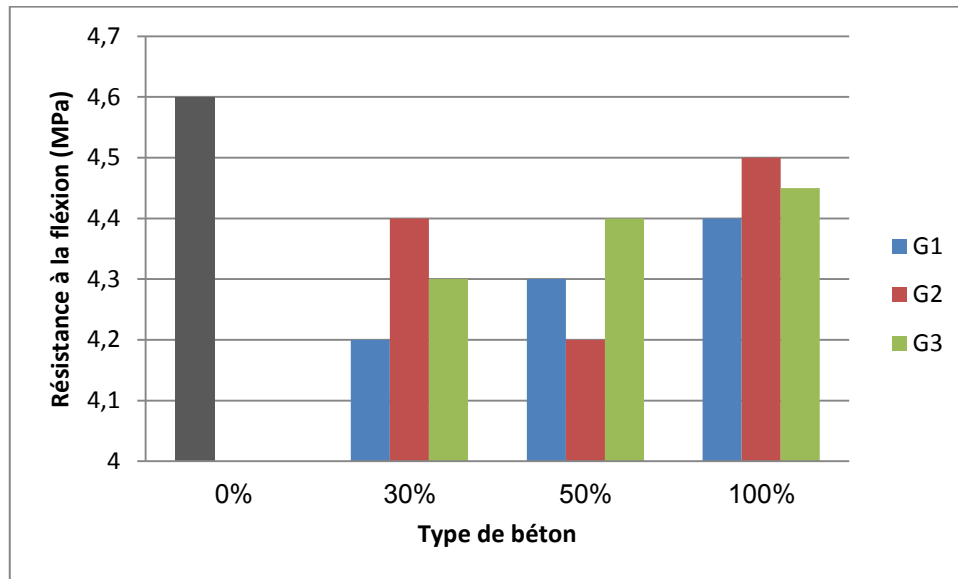


Figure IV-7- La variation de la résistance à la traction par flexion (R_t) à 14 jours.

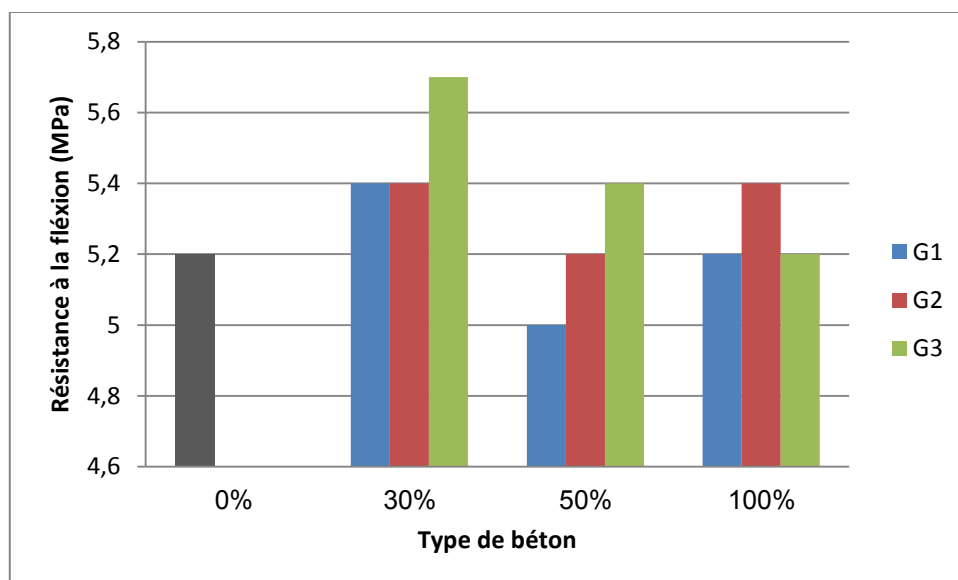


Figure IV-8- La variation de la résistance à la traction par flexion (R_t) à 28 jours.

La comparaison des différentes figures présentant l'évolution de la résistance à la traction aux différents jours de durcissement (3j, 4j, et 28 jours) montre la même allure soit à 3j, 14j, ou 28 jours.

Le remplacement total des graviers de 100% est favorable aux différents âges, ce qui est attribué à la bonne adhérence entre le granulats recyclés (à texture rugueuse) et la pâte de ciment. [7]

IV -2-2-3- ultrason :

Essais non destructifs : ces essais permis de mesurer la vitesse et le degré de compacité du béton.

Les résultats obtenus sont représenté sur les figures suivantes :

a)-Groupe 1 :

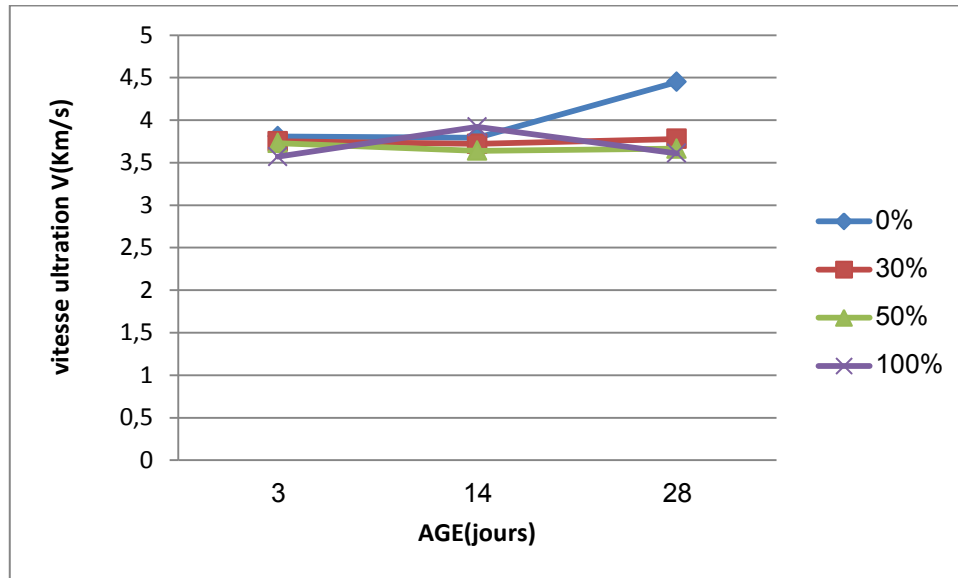


Figure IV-9- Le développement de la vitesse du son V_u dans le temps pour les bétons G1.

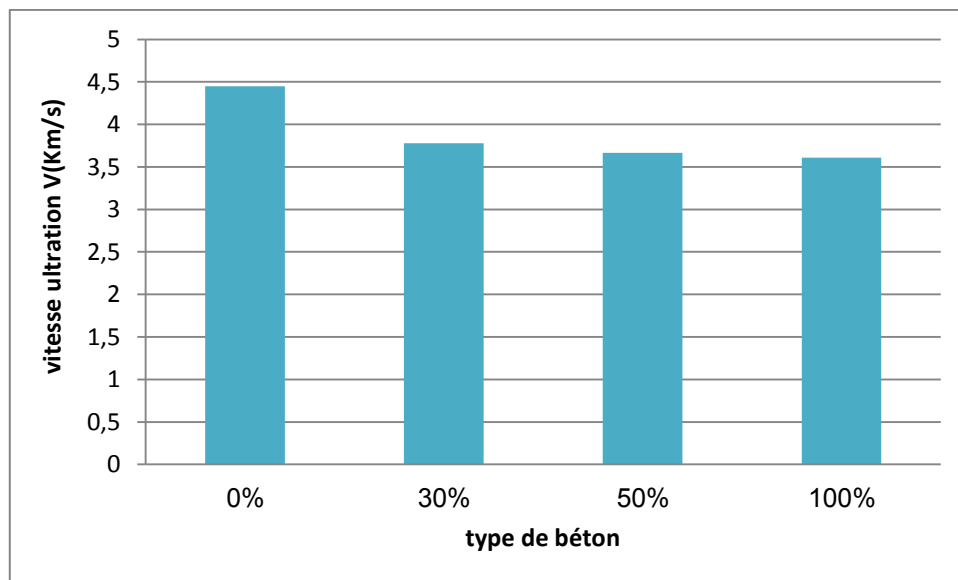
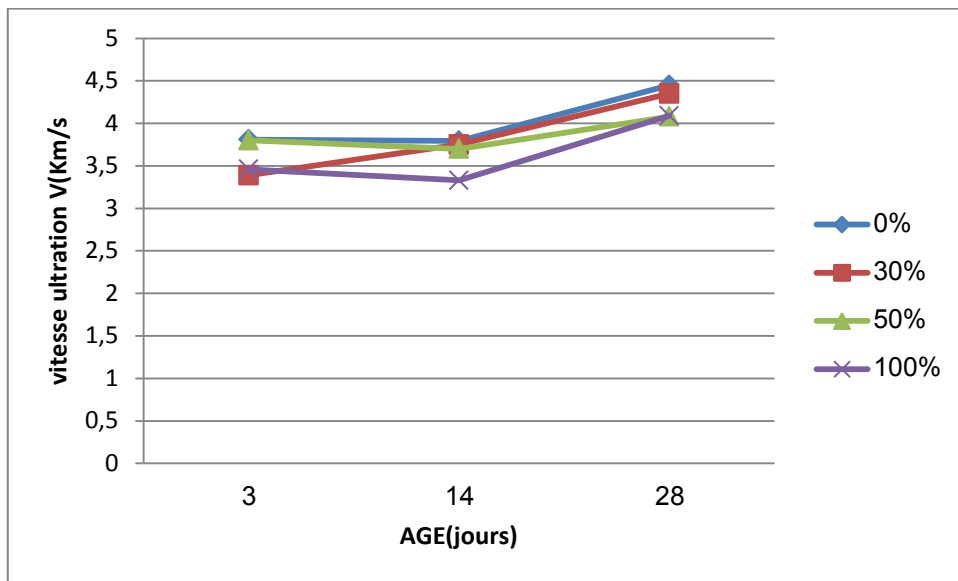
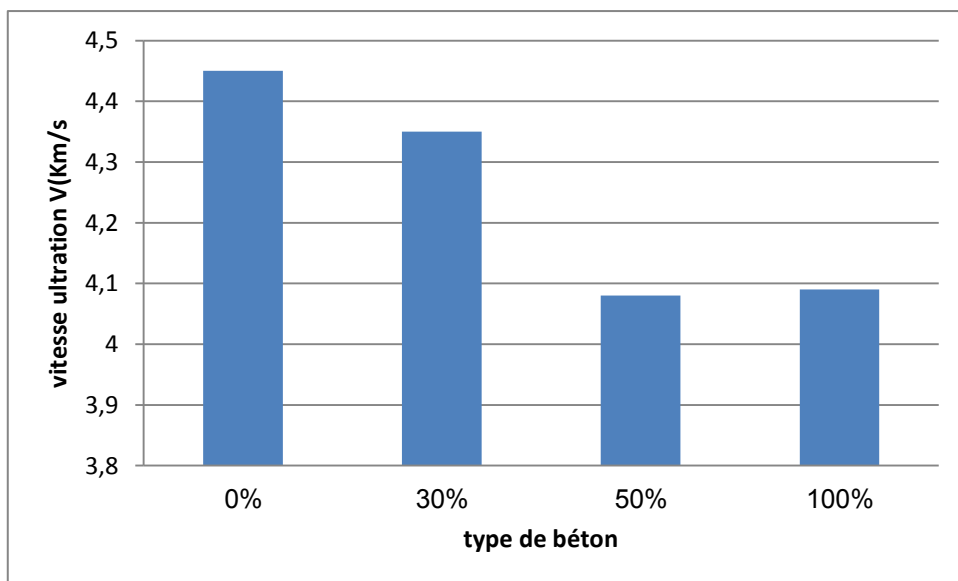


Figure IV-10- la vitesse du son V_u pour les bétons à 28 jours G1

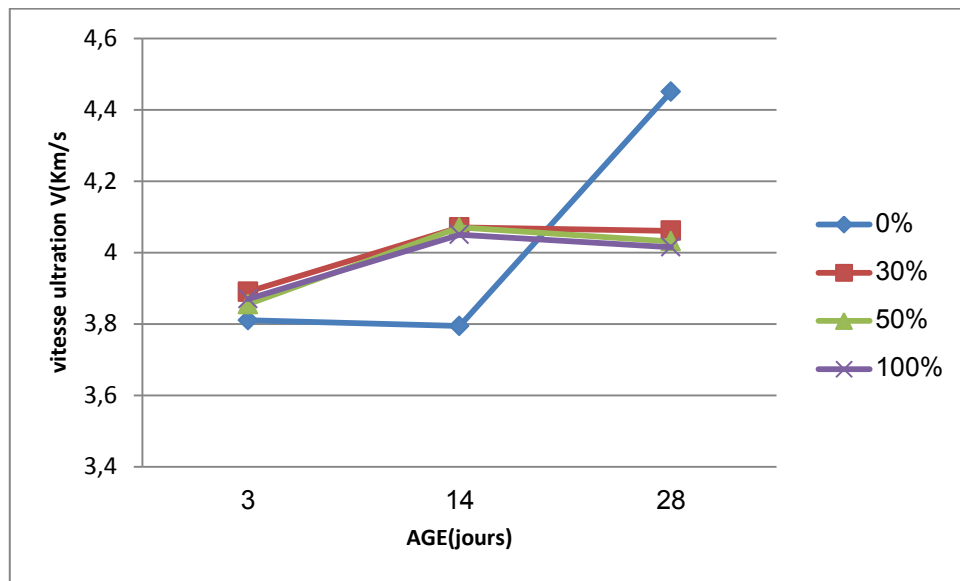
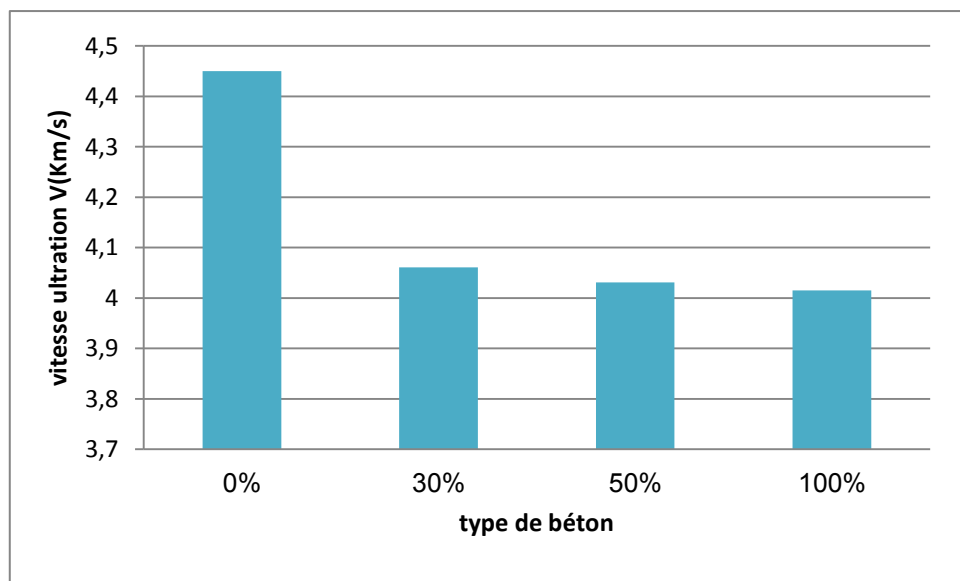
L'augmentation du taux du sable recyclé dans béton diminue la vitesse de surface et par suite la compacité du béton, ce qui est confirmé par les essais destructifs (compression).

b) Groupe 2 :

Figure IV-11- Le développement de la vitesse du son V_u dans le temps pour les bétons G2.Figure IV-12- la vitesse du son V_u pour les bétons à 28 jours G2.

La vitesse diminue augmentant le taux de remplacement du gravier, qui reste supérieure à celle enregistrée dans le cas du remplaceant du sable.

c) Groupe 3 :

Figure IV-13- Le développement de la vitesse du son V_u dans le temps pour les bétons G3Figure IV-14- la vitesse du son V_u pour les bétons à 28 jours G3

La vitesse diminue avec le taux de remplacement des granulats, elle est inférieure à celle enregistrée dans le cas du remplacement partiel ou total des graviers.

A partir des résultats obtenus nous pouvons remarquer que :

Le remplacement partiel de 30% est favorable soit : 30% du sable ou 30% de gravier même le mélange de gravier et sable recyclé.

Le remplacement des graviers recyclés est favorable en comparaison avec le remplacement du sable.

La diminution des performances mécaniques dans les bétons à base des granulats recyclés est liée à la forte absorption de ces granulats. [10]