

**STUDY OF THE WORKABILITY AND MECHANICAL STRENGTH OF  
CONCRETE IN THE FACE OF UPWELLING (CASE OF THE EL OUED REGION  
OF ALGERIA)**

T. Djedid<sup>\*1</sup>, A. Guettala<sup>2</sup>, M. Mani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'exploitation et valorisation des ressources énergétiques sahariennes  
« LEVRES » Université d'El Oued, Algérie

<sup>2</sup>Laboratoire de Recherche en Génie Civil « LRGC » Université Mohamed Khider Biskra,  
BP 145 RP, 07000 Biskra, Algérie

Received: 27 September 2018 / Accepted: 25 December 2018 / Published online: 01 January 2019

**ABSTRACT**

The objective of this study is to explore the effect of partial and total substitution of river sand by crushing sand in ordinary concrete. Various mixtures were tested to evaluate the properties of fresh and hardened concrete exposed to the water rising from the water table. The river sand was substituted by the limestone sand for the following proportions (0%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, and 100%). The results showed that, the presence of limestone sand greatly improves the properties of strength and workability. It was noted that these properties were much higher in the presence of crushed limestone sand compared to silica sand in the concrete. The optimal percentage of river sand substitution by crushed limestone sand is 50%.

**Keywords:** River Sand, Crushed Limestone Sand, Mechanical Strength, Workability, rising water.

Author Correspondence, e-mail: [tarek-djedid@univ-eloued.dz](mailto:tarek-djedid@univ-eloued.dz)

doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v11i1.24>



## 1. INTRODUCTION

Le béton est le matériau de construction le plus largement utilisé par l'homme dans le monde. Il est classé le deuxième après l'eau comme la substance la plus utilisée sur la planète. Il est obtenu en mélangeant le ciment, l'eau et les agrégats dans des proportions requises. Le sable est l'un des principaux constituants du béton faisant environ 35% du volume du béton utilisé dans l'industrie de la construction des bâtiments, des infrastructures et des ouvrages d'art, ces derniers exigent de gros approvisionnements en matériaux. Jusqu'à présent, les sables les plus couramment utilisés pour la confection des bétons entrant dans ces ouvrages sont les sables roulés alluvionnaires. Mais les prélèvements excessifs de ces sables ont fortement contribué à l'épuisement des ressources et ont provoqué des retombées néfastes sur l'environnement [1].

Comme plusieurs régions du monde, la zone d'El oued vive cette situation et doivent aujourd'hui chercher des matériaux de substitution pour faire face à la demande croissante en sables, qu'ils ont transportés en grandes quantités surtout au nord du pays (Algérie) après l'interdiction d'exploitation du sable de la mer. L'importance d'utiliser les sables de carrières concassés comme substitut avec les sables alluvionnaires est d'exploiter ces précieuses ressources car ils sont disponibles en quantités suffisantes, à prix raisonnables, par conséquent ils contribuent à améliorer les caractéristiques de la durabilité et / ou retarder le plus possible l'effet de substances chimiques nocives issus de la remontée des eaux sur le béton d'enrobage. Notons que certains travaux ont déjà été menés dans ce contexte, Les résultats obtenus ont révélé que différents matériaux locaux valorisés répondent bien aux exigences des normes et peuvent être utilisés pour l'élaboration des bétons hydrauliques et des mortiers. Çelik et Marar [2] ont utilisé des poussières provenant du concassage des roches calcaires pour remplacer le sable en béton pour des proportions allant jusqu'à 30%. Ils ont conclu que lorsque le taux de poussières augmente, le volume d'air et l'ouvrabilité réduit. Kenai et al [3] a constaté que l'ajout jusqu'à 15% des fines calcaires n'influent pas sur les performances de résistance du béton de calcaire. Ilangoan [4] a signalé que les déchets de carrière pouvaient être utilisés comme agrégats fins dans le béton et ont également constaté que la poussière de carrière réduisait le coût sans affecter la résistance du béton. Hudson [5] a conclu que, en raison de particules irrégulières de sable de concassage, l'ouvrabilité de béton réduit. En raison de

l'espace élevé des vides dans le sable concassé, l'exigence d'eau est également élevée, ce qui réduit la résistance du béton. Shukla et al [6] ont confirmé que le remplacement du sable par la poussière de pierre réduit l'ouvrabilité du béton, alors que la résistance à la compression et à la résistance à la traction du béton augmente jusqu'à 40% de substitution du sable par la poussière de pierre de concassage. Sahu et al [7] ont constaté que le béton fabriqué avec la substitution du sable naturel de la rivière par des déchets de poussière de pierre concassée peut atteindre la même résistance à la compression, une résistance à la traction comparable et un module de rupture comme le béton témoin. Topçu et al [6] ont évolué en augmentant la résistance à la compression et à la flexion lors de la substitution du sable par du calcaire de moins de 2 mm de grain. Salvador Villalobos et al [6] ont révélé que le pourcentage optimal de sable concassé au sable naturel est soit 1: 1,5 ou 1,5: 1 et a indiqué que le volume des vides est réduit de 41 à 46% lorsqu'il est mélangé avec du sable naturel. Ainsi, la teneur en ciment et la teneur en eau peuvent être réduites en mélangeant avec le sable naturel. Ilangovan et al [8] ont signalé que le remplacement complet de sable naturel avec la poussière de carrière en béton est possible avec un traitement adéquat de la poussière de carrière avant l'utilisation et a également constaté que la compression, la flexion, la traction et les propriétés de durabilité du béton en poudre de pierre de carrière sont près de 10% de plus que le béton conventionnel. Shahul Hameed et Sekar [9] ont délibéré les propriétés du béton vert contenant de la poussière de pierre de carrière et de la poudre de boue de marbre comme agrégat fin. Ils ont conclu que la résistance à la compression, la résistance à la traction et aux propriétés de durabilité du béton en poudre de pierre de carrière sont près de 14% de plus que le béton conventionnel. Vinay Chandwani et al [10] ont constaté que le taux le plus élevé de substitution de sable de concassage par le sable de rivière affecte l'ouvrabilité du béton et qu'une réduction considérable de la résistance à la compression était perceptible à plus de 50% de remplacement de sable de concassage.

L'objectif de cette recherche est de clarifier et d'interpréter l'effet de la substitution partiel et total de sable de rivière avec le sable de carrière de Hassi Messaoud (Sud Est de L'Algérie) sur l'ouvrabilité et la résistance des bétons ordinaires immergés pendant 6 mois dans les eaux remontées de la nappe phréatique, Selon les normes, ces eaux sont agressives [11]. En

cherchant le niveau optimal de substitution qu'on a obtenu dans cette étude après la consultation de la résistance à la compression, la résistance à la flexion, ainsi que les critères d'ouvrabilité (cône d'abrams).

## 2. MATÉRIAUX ET METHODES

### 2.1 Ciment

Le ciment utilisé dans ce travail est CEMI42.5 NA 442 provenant de la cimenterie de Tebessa (El Maa labiod) (Groupe industriel des ciments d'Algérie), dont les caractéristiques physico-chimiques et minéralogique sont indiquées dans le tableau 1.

### 2.2 Granulats

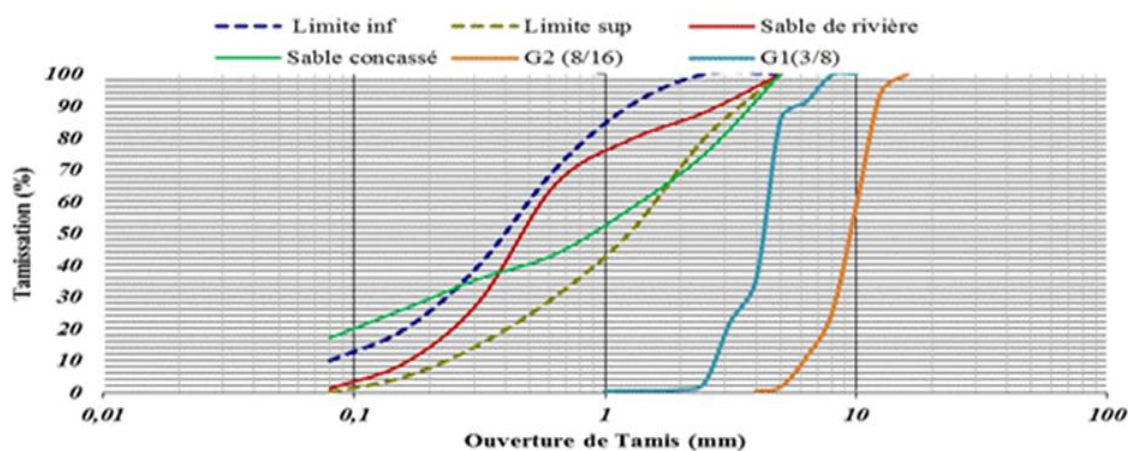
Deux types de sable ont été utilisés au cours de cette expérimentation, le premier est un sable de rivière (SR) provient de la sablière d'Asila (sur la route qui relie El meghier et still), et le deuxième est un sable concassé (SC) ramené des déchets de carrière Ben Brahim (Hassi Messoud). Leurs distributions granulométriques sont illustrées sur la figure (1).

Le SR présente une distribution de taille de particules continue allant de 0,08 à 5 mm avec une fraction de grains inférieure à 0,08 mm est environ 1% (figure1). Le SC présente également une distribution de taille de particules continue avec un diamètre de grain maximal d'environ 5 mm, mais la proportion de grains de moins de 0,08 mm est environ 17% (figure1). Il convient de noter que cette proportion de fines grains reste acceptable [12]. De manière schématique, la distribution granulométrique du sable concassé est légèrement plus étalée que celle du sable de la rivière (figure 1). De plus, les grains SR présentent des formes arrondies (figure 2a) tandis que les grains SC présentent des formes angulaires (figure 2b). Le tableau (2) énumère l'ensemble des caractéristiques physiques pour les deux types de sable.

Il révèle que la densité de SC et la densité de SR sont égaux. D'autre part le module de finesse de SR est de 2,29, mais SC est de 2,62, ce qui signifie que SC est légèrement plus grossier. Les valeurs de l'équivalent de sable ont signalé que les deux sables sont acceptables pour la construction. L'analyse minéralogique par DRX, nous montre la nature siliceuse de SR, et la nature essentiellement calcaire de SC (figure 3).

**Tableau 1.** Caractéristiques physico-chimiques et minéralogique du ciment

Composition Chimique (%)										
SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	AlO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	Cl	Na <sub>2</sub> O	PAF	RI	CaO Libre
20.16	5.54	4.54	2.66	62.97	0.34	0.001	0.18	0.87	0.97	0.69
Composition Minéralogique (%)										
C <sub>3</sub> S		C <sub>2</sub> S		C <sub>3</sub> A		C <sub>4</sub> AF				
68.84		6.98		2.58		17.69				
Caractéristiques physiques										
Consistance %		Début de prise (min)		Fin de prise (min)		Finesse (cm <sup>2</sup> /g)		P.S(g/cm <sup>3</sup> )		
25.59		177		280		3275		3.22		

**Fig.1.** Analyse granulométrique des granulats étudiés**Tableau 2.** Propriétés physico-mécanique de granulats utilisés

Caractéristiques physiques	SR	SC	G1(3/8)	G2(8/16)
Densité spécifique (g/cm <sup>3</sup> )	2.55	2.55	2.72	2.45
Densité apparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.65	1.44	1.25	1.22
Compacité (%)	62	56	46	50
Porosité (%)	38	44	54	50
Indice des vides (%)	61	78	117	100
Module de finesse	2.29	2.62	-	-
Equivalent du sable (visuel)	71.37	80.87	-	-
Equivalent du sable (piston)	72.65	82.60	-	-
Coefficient d'absorption (%)	2.13	4.1	2.38	3
Coefficient d'aplatissement (%)	-	-	17	14
Propreté superficielle (%)	-	-	98.84	99.95
Teneur en eau (%)	1.73	0.6	0.45	0.45
L.A	-	-	24	25

L'observation par Microscope Electronique à Balayage MEB de SC et SR montre clairement la forme angulaire de texture rugueuse du premier et la forme arrondis de la deuxième

(figure2). Enfin, il convient de noter que la différence fondamentale entre ces deux sables réside donc dans la nature, dans la forme du grain et de la proportion d'éléments fins.

Deux types des graviers sont utilisés G1 (3/8) et G2 (8/16) de la même source minéralogique que SC (figure1), dont les caractéristiques physico-mécaniques sont indiquées au tableau (2).

### 2.3 Adjuvent

Le plastifiant réducteur d'eau utilisé est SIKA PLAST BV40+ pour hautes résistances mécaniques, non chloré, à base de polycarboxylates modifiés, de densité  $1.04 \pm 0.015$  et de  $PH = 4.7 \pm 1$ , conforme à la norme NF EN 934-2. Le pourcentage autorisé par le fabricant est de 0.3 – 1.5% de poids de ciment selon les performances recherchées.

L'idée était de développer un béton dense à partir d'un squelette granulaire compact d'un pourcentage adéquat de substitution de sable de concassage, du ciment et de l'eau et répond aux exigences de résistance, de durabilité et de maniabilité.

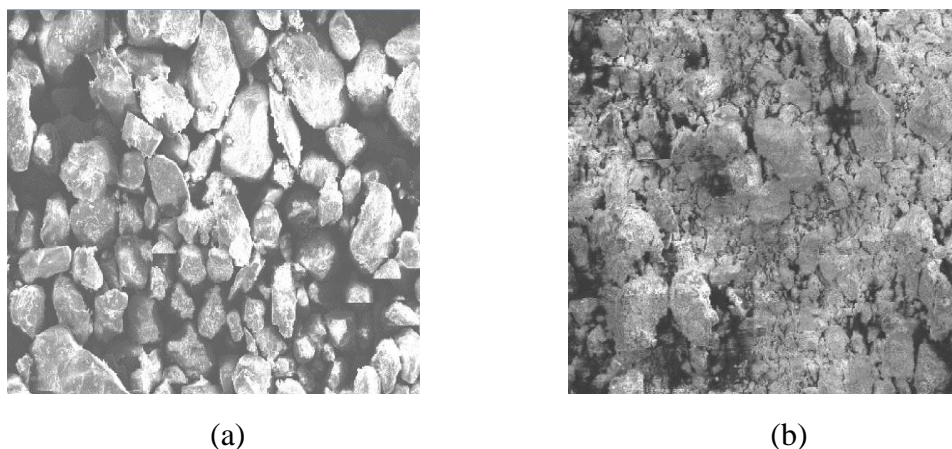
### 2.4 Procédure d'essai

#### 2.4.1 Composition des bétons

La méthode employée pour cette formulation est la méthode graphique de Dreux Gorise [13].

La composition utilisée est celle du béton normal de classe C 30/37 préparé selon la norme NF P18-405 [14]. Sept différents mélanges ont été utilisés C0, C1, C2, C3, C4, C5, C6 de pourcentage de substitution de SR avec SC respectivement : (0, 30, 40, 50, 60, 70, 100)%.

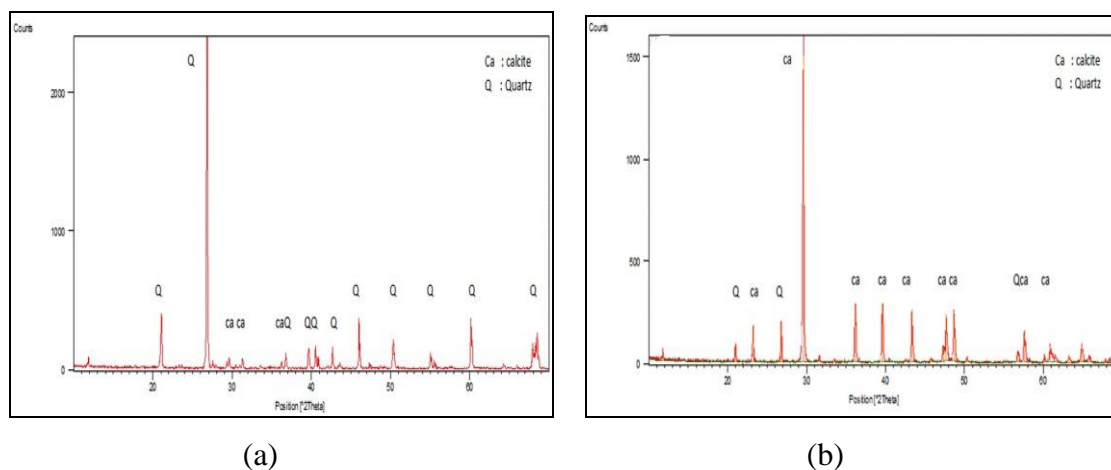
La valeur de E/C est fixée de 0.5, le dosage de ciment utilisé est de  $400 \text{ kg/m}^3$ . Le Tableau 3 indique les différentes proportions des matériaux utilisés.



(b) Fig.2. Photos prises au MEB de deux sables utilisés (a: sable de rivière, b : sable de carrière)

### 2.4.2 Confection des éprouvettes

Deux types de moules ont été utilisés, cubes de 100×100×100 mm pour la résistance à la compression, prismes de 70×70×280 mm pour la résistance à la flexion, Le matériau est coulé en deux couches. Chacune des couches est mise en place par 25 chocs dans le but d'éliminer les bulles d'air emprisonnées [15].



**Fig.3.** Analyse par DRX de deux sables utilisés : (a) SR, (b) SC

**Tableau 3.** Proportions des matériaux utilisés dans la confection de béton (par rapport au poids de ciment)

Type de béton	Ciment	SR	SC	G1(3/8)	G2(8/16)	Plastifiant(%)
C0	1	1.63	0.00	0.23	2.45	1.5
C1	1	1.12	0.48	0.28	2.38	1.5
C2	1	0.99	0.66	0.28	2.34	1.5
C3	1	0.82	0.82	0.28	2.34	1.5
C4	1	0.66	0.99	0.28	2.34	1.5
C5	1	0.51	1.19	0.28	2.30	1.5
C6	1	0.00	1.69	0.27	2.19	1.5

**Tableau (4).** Composition physico- chimiques de l'eau remontée

PH	T°C	Sal%	Ca <sup>+2</sup> mg/l	Mg <sup>+2</sup> mg/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	RS mg/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> mg/l
7.35	16-22	0.77	324.684	143.399	0.6	1425.21	10400	488	3.792	0.039	1119

### 2.4.3 Méthode de cure

Après l'élaboration des éprouvettes, ils sont conservés dans les eaux remontées de la nappe phréatique (figure 4), on a noté que cet environnement est d'agressivité chimique modérée [11]. La composition physico-chimique de ces eaux est illustrée au tableau (4).

Dans le but d'accélérer la cinétique de dégradation, des cycles de mouillage-séchage ont été réalisés. Le Bureau de réclamation des États-Unis a suivi depuis vingt ans les changements dimensionnels des éprouvettes cylindriques de béton soumis séparément à des cycles d'immersion-séchage et à une immersion continue. Les résultats montrent qu'une année de l'immersion alternative est équivalente à huit ans d'immersion continue [16,17].

### 2.4.4 Protocol et suivis

Les éprouvettes cubiques et prismatiques sont soumises jusqu'au jour d'écrasement à huit cycles périodiques des mouillage-séchage comme il est indiqué ci-après :

Du 1<sup>er</sup> – 4<sup>ème</sup> cycle : Toutes les éprouvettes sont mouillées six jours et séchées un jour dans un étuve de (60°C), pendant un mois (soit 4 cycles, chaque cycle = 7 jours)

Du 5<sup>ème</sup> – 6<sup>ème</sup> cycle : Toutes les éprouvettes sont mouillées 14 jours et séchées un jour dans un étuve de (60°C), pendant un mois (soit 2 cycles, chaque cycle = 15 jours)

7<sup>ème</sup> cycle : Toutes les éprouvettes sont mouillées 29 jours et séchées un jour dans un étuve de (60°C), pendant un mois (soit 1 cycle = 30 jours)

8<sup>ème</sup> cycle : Toutes les éprouvettes sont mouillées 59 jours et séchées un jour dans un étuve de (60°C), pendant deux mois (soit 1 cycle = 60 jours).

## 3. RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1. Effet de la substitution sur les propriétés du béton frais

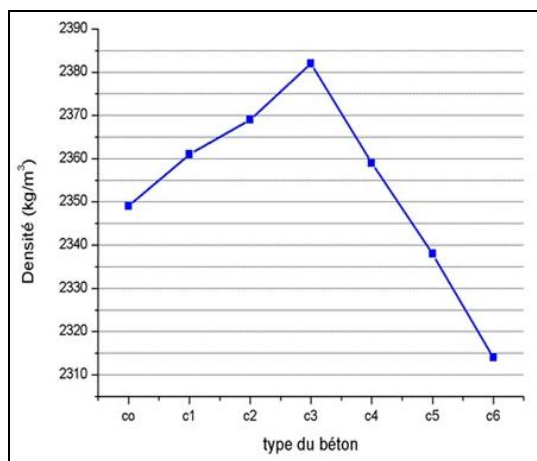
Les détails des mélanges des bétons étudiés, ainsi que les résultats de l'ouvrabilité obtenus au cours de cette expérimentation (Tableau 3, 5) nous montrent que lorsqu'on augmente la teneur en sable concassé de nature minéralogique quasi-totalement CaCO<sub>3</sub>, le mélange devient plus difficile à maîtriser (Tableau 5) et un besoin d'eau sera nécessaire pour atteindre la plasticité souhaitée. Contrairement au cas du sable de rivière, où le mélange devient presque fluide (4.1% d'absorption pour SC au lieu de 2.13% pour SR). Une fois que le ciment est presque



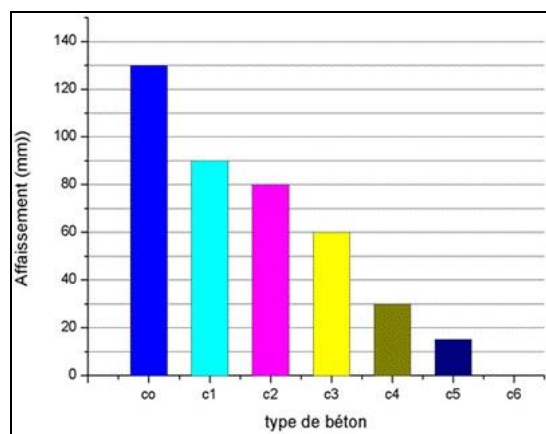
totalelement hydraté, l'excès d'eau rend les grains de ciment plus éloignés, la cohésion agrégats-pâte est affaiblie et donc le matériau devient plus fluide [18]. De plus les résultats indiquent que pour un rapport E/C égale à 0.5 et l'ajout d'un plastifiant bien déterminé, les mélanges qui ont des taux de substitution entre (0-50%) deviennent plus réalisables que plus de 50% (Figure 6). Cela s'explique sans doute que la forme ronde et la texture de surface lisse du sable naturel de rivière réduisent le frottement inter-particules afin que la maniabilité soit presque élevée. Les particules de sable concassé sont de forme angulaire et leur texture de surface rugueuse améliore le frottement interne dans le mélange. Pour cette raison, la maniabilité est réduite [19]. L'incorporation d'un plastifiant réducteur d'eau sera nécessaire dans notre cas pour conserver une meilleur maniabilité, une bonne hydratation de ciment et une résistance élevée [20, 12, 21]. Le dosage performant de ce dernier est de 1.5% de poids de ciment en raison de la grande densification obtenue (Tableau 5, Figure 5) (seuil supérieur autorisé par le fabricant). Cette densification a été augmentée d'un pourcentage de 1.40% dans le cas d'un 50% de substitution par rapport au béton de 100% sable siliceux (référence), et diminuée de 1.49% dans le cas d'un béton à 100% sable concassé par rapport à la référence. Cela pourrait être dû à un pourcentage idéal de fines (9.75%), qui remplissent les vides et assurent une meilleur interface entre la pâte et les granulats dans le mélange du béton à 50% de substitution, en le rendant plus compact. Au-delà de cette valeur la densité diminue. Ce constat est confirmé par Lohani et al. [22]. Selon Bertrand et Coquillat [23] pour une consistance plastique, le taux de fillers optimal semble se situer entre 8 et 12 % dans le sable de concassage. En outre, La présence d'une courbe granulométrique régulière du sable combiné (50% SR - 50% SC) ayant un module de finesse (MF = 2.49) diminue les interstices entre les particules des granulats du mélange de béton homogénéisé, comparant à des bétons de totalité SR ou SC qui ont de MF respectivement 2.29 et 2.62 (Tableau2). Notez que, le module de finesse ne peut pas être utilisé seul pour décrire la granulométrie d'un granulat, mais il est valable pour indiquer des petites variations dans le cas de granulats élaborés à partir d'une même source [24].



**Fig.4.** Conservation des éprouvettes dans l'eau rémontée



**Fig.5 .** Densité du béton frais selon différentes compositions



**Fig.6.** Valeurs d'affaissements en fonction de type du béton

### 3.2. Effet de la substitution sur la résistance mécanique

La résistance mécanique (à la compression et à la flexion) a été déterminée selon les normes EN 12390-3 [25], EN 12390-5 [26] respectivement et a également été exécutée pour différents échantillons de béton façonné avec différents pourcentages de substitution de sable de rivière avec du sable de carrière. Les résultats (figure 7, 8, Tableau 6) montrent que la résistance mécanique augmente avec l'augmentation du pourcentage de substitution jusqu'au 50%, au-delà de cette valeur la résistance chute jusqu'à la substitution complète.

L'évolution de la résistance mécanique au cours du temps est due à la bonne hydratation de matériaux cimentaires, malgré l'existence du béton dans un environnement agressif. Cela explique qu'une concentration plus élevée de cristaux de portlandite ainsi qu'une

concentration plus faible de silicate de calcium hydraté (C-S-H) sont formés à la zone de transition interfaciale entre les agrégats et la pâte, et que le pourcentage de pores capillaires est minimal, surtout le béton C3 comparant aux autres formulations étudiées. Plusieurs auteurs stipulent que La porosité capillaire est fortement influencée par : le rapport eau/ciment, la distribution granulométrique du matériau cimentaire et le degré d'hydratation [20]. Enfin le module de finesse du sable combiné du mélange C3 est optimisé par rapport à ceux du mélange C0 , C6 (Tableau 2).

il convient également de noter que le béton de sable de calcaire de 50% de substitution par le sable alluvionnaire résiste mieux et surtout à la flexion lorsqu'il est immergé dans l'eau remontée de la nappe phréatique comparant au béton de autres pourcentages de remplacement.

**Tableau 5.** Propriétés des bétons frais et durcis et optimisation de plastifiant

Plastifiant BV40+ (%)	Mélange du Béton frais				Béton durci
	N°	E/C	Affaissement mm	Densité kg/m <sup>3</sup>	Résistance à la compression à 28 jours ( MPA)
1.5	C0	0.5	130	2349	20.21
1.5	C1	0.5	90	2361	23.18
1.5	C2	0.5	80	2369	26.72
1.5	C3	0.5	60	2382	30.77
1.5	C4	0.5	30	2359	28.35
1.5	C5	0.5	15	2338	26.03
1.5	C6	0.5	00	2314	24.58
0.5	C3	0.5	10	2325	
1.0	C3	0.5	30	2330	
1.5	C3	0.5	60	2382	

**Tableau 6.** Résistance mécanique de différentes compositions étudiées

Age (jours)	Résistance à la compression (MPa)				Résistance à la flexion (MPa)			
	28	60	90	180	28	60	90	180
<b>C0</b>	20.21	23.60	24.95	27.54	3.55	5.71	6.12	7.72
<b>C1</b>	23.18	24.97	26.55	29.56	4.69	6.33	7.55	9.14
<b>C2</b>	26.72	31.35	33.12	34.44	6.73	8.57	9.06	10.33
<b>C3</b>	30.77	33.50	36.53	38.60	7.96	9.03	10.61	11.31
<b>C4</b>	28.35	31.90	34.70	36.87	6.90	8.78	9.80	11.14
<b>C5</b>	26.03	30.79	33.05	33.80	6.53	7.35	8.74	10.24
<b>C6</b>	24.58	28.17	29.27	31.41	6.32	7.34	7.93	9.36

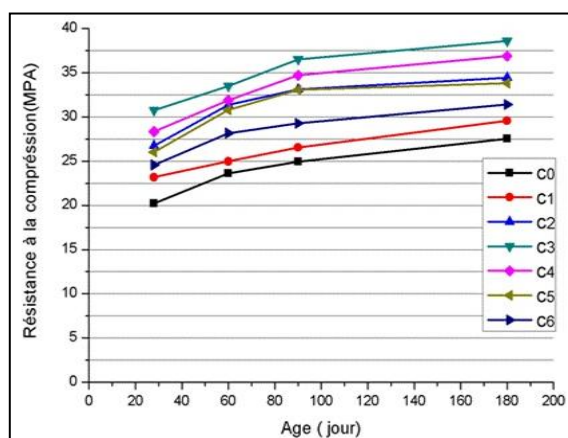
### 3.2.1 La résistance à la compression

La Figure 7 et le Tableau 7 ont indiqués que la résistance à la compression de 50% de substitution gagne 52.25% à 28 jours par contre elle gagne 40.16% à 180 jours par rapport au béton témoin (100% à base de sable siliceux). Les résultats prouvent aussi que la substitution globale de SR par SC améliore la résistance à la compression de 21.62% à 28 jours et 14.05% à 180 jours. Ces résultats ont été confirmés par plusieurs chercheurs, Adams et al. [27], déclaraient que le remplacement du sable naturel par 50% du sable de concassage dans le béton présente une meilleure résistance à la compression. Priyanka et al. [28], confirmaient que le remplacement de 50% de sable naturel par le sable artificiel, dans le mélange du mortier, présente une résistance à la compression élevée avec un rapport E/C égale 0.5. V. Chandwani et al. [10], ont constaté qu'une réduction considérable de la résistance à la compression était perceptible à plus de 50% de remplacement de sable de concassage. Toutefois il est connu que les bétons conçus avec des granulats totalement concassés génèrent une surface spécifique plus développée et demandent plus d'eau que les granulats roulés ce qui affecte la résistance. Benabed et al. [29], a conclu que lorsque le pourcentage de fines dépasse 15%, (dans notre cas 17.12%) la résistance chute. Ceci est probablement dû en raison d'insuffisance de la pâte de ciment pour enrober toutes les particules des agrégats fins ce qui conduit par conséquent à une diminution de la résistance à la compression.

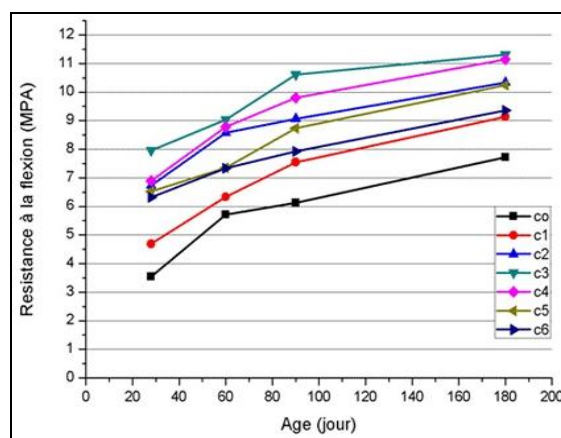
### 3.2.2 La résistance à la flexion

La Figure 8 et le Tableau 7 ont affirmés que la résistance à la flexion de 50% de substitution gagne 124.23% à 28 jours par contre elle gagne 46.50% à 180 jours par rapport au béton témoin. Les résultats montrent que la substitution globale de SR par SC améliore la résistance à la flexion de 78.03% à 28 jours et 21.24% à 180 jours. Par conséquent, la résistance à la flexion du béton avec des granulats de calcaire est meilleure que celle du sable de la rivière (figure 8). Shanumugapriya et al. [30], ont montré que la résistance à la flexion du béton à haute performance augmente avec l'augmentation du pourcentage de la fumée de silice dans le ciment. Pour un béton contenant 50% de sable artificiel, la résistance est optimale. Cependant, le taux d'augmentation de la résistance à la flexion est de 13.2% à l'âge de 28 jours pour le béton avec 50% de sable artificiel et 5% de fumée de silice. Puneeth G T et al. [31], ont déclaré que l'échantillon de béton avec 15% de remplacement du ciment par fumée de silice présentait une résistance à la flexion supérieure à celle du béton conventionnel. La résistance a augmenté jusqu'à 12,5% par rapport à celle du l'échantillon de béton conventionnel après une période de durcissement de 28 jours. En outre, la résistance à la flexion est plus élevée pour le béton composé de 100% de la poudre de pierre concassée comme une substitution du sable naturel, avec une évolution de la résistance à la flexion de l'ordre de 162% par rapport au béton de sable naturel [32].

Le tableau 7 résume l'évolution de la résistance mécanique avec l'âge par rapport au béton témoin (C0) (en pourcentage).



**Fig.7.** Résistance à la compression des bétons conservés dans l'eau remontée



**Fig.8.** Résistance à la flexion des bétons conservés dans l'eau remontée

**Tableau 7.** Évolution de la résistance mécanique des différentes compositions avec l'âge comparé de C0

Age (jours)	Évolution de la Résistance à la compression (%)				Évolution de la Résistance à la flexion (%)			
	28	60	90	180	28	60	90	180
<b>C0</b>	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>C1</b>	14.70	5.80	6.41	7.33	32.11	10.86	23.37	18.39
<b>C2</b>	32.21	32.84	32.75	25.05	89.58	50.09	48.04	33.81
<b>C3</b>	52.25	41.95	46.41	40.16	124.23	58.14	73.37	46.50
<b>C4</b>	40.28	35.17	39.08	32.39	94.37	53.77	60.13	44.30
<b>C5</b>	28.80	30.47	32.46	22.73	83.94	28.72	42.81	32.64
<b>C6</b>	21.62	19.36	17.31	14.05	78.03	28.55	29.58	21.24

#### 4. CONCLUSION

Après cette étude on peut aboutir à la synthèse suivante :

Un taux de substitution compris entre 0 et 50% de sable de rivière par le sable de carrière concassé dans le béton ordinaire donne une maniabilité acceptable. Sa consistance varie de plastique à très plastique, par conséquent plus de 50% de substitution le mélange devient moins réalisable et la consistance apparait ferme. De plus la densité à l'état frais a été améliorée lorsqu'on commence de substituer le sable alluvionnaire par le sable concassé. Elle atteint un point d'inflexion de 50% de remplacement. Une réduction graduelle de celle-ci est remarquée jusqu'à la substitution complète.

Dans l'eau remontée de la nappe phréatique, la présence du sable de calcaire améliore la résistance à la compression pour tous les pourcentages de substitution, en particulier de 50%. Elle gagne en conséquence de 52.25% à 28 jours et de 40.16% à 180 jours. Il a noté également que l'incorporation du sable de calcaire dans l'élaboration des éléments soumis à la flexion est très important parce que la résistance a évolué de 124.23% à 28 jours, mais le pourcentage d'évolution de la résistance a reculé de 2.67 fois après la période de dégradation accélérée (180 jours).

Le pourcentage optimal de substitution de sable de rivière par le sable de calcaire concassé est de 50%. Ainsi qu'un pourcentage optimisé des fines de la même formulation (9.75%) assure

une meilleure interface entre la pâte et les granulats dans le mélange en le rendant plus compact.

Dans l'eau remontée de la nappe phréatique, le matériau calcaire est bénéfique pour augmenter la durée de vie des structures et pour préserver l'environnement.

## 5. REFERENCES

- [1] Imène Joudi-Bahri. "Influence des sables fillérisés calcaires sur les propriétés des bétons courants et superplastifiés. Un exemple tunisien", Thèse de doctorat. Université de Lorraine, 2012.p.3.
- [2] Celik, T., Marar, K. Effects of crushed stone dust on some properties of concrete. *Cement Concrete Res.*, 1996, 26 (7),1121-1130.
- [3] Kenai S, Menadi B, Ghrici M. Performance of limestone cement mortar. In: Eight CANMET/ACI international conference on recent advances in concrete technology; 2006. p. 39.
- [4] Ilangovan, R. Studies on strength and behaviour of concrete by using quarry dust as fine aggregate. In: *Proceedings of All India Seminar on Materials and Machines for Construction*. NewAge International., 2000, pp. 99 -102.
- [5] Hudson BP. Manufactured sand for concrete. *The Indian concrete journal*, 1997: pp:237-240
- [6] [Shodhganga.inflibnet.ac.in/bitstream/10603/.../7/07\\_chapter2.pdf](http://Shodhganga.inflibnet.ac.in/bitstream/10603/.../7/07_chapter2.pdf)
- [7] Sahu, A.K., Sunil Kumar Sachan, A.K. Quarry stone waste as fine aggregate for concrete. *Indian Concrete J.*, 2003, 845-848.
- [8] R. Ilangovana., N. Mahendrana and K. Nagamanib. Strength And Durability Properties Of Concrete Containing Quarry Rock Dust As Fine Aggregate, *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences.*, 2008, vol. 3, no. 5.
- [9] Shahul Hameed, M., Sekar, A.S.S. Properties of green concrete containing quarry rock dust and marble sludge powder as fine aggregate. *ARPJ J. Eng. Appl. Sci.*, 2009, 4 (4), 83-89.
- [10] Vinay Chandwania, Sanjay Mundraa, P.R. Sindhib, Ravindra Nagara, Vinay Agrawalaa. Crushed rock sand-An economical and ecological alternative to natural sand to optimize

concrete mix .Engineering and Material Sciences., 2016, 345-347.

[11] NF EN 206-1 Béton — Partie 1: Spécification, performances, production et conformité, AFNOR, French standard, from European standard EN 206 Concrete-Performance, production and conformity, 2004.

[12] Menadi B, Kenai S, Khatib J, Aït-Mokhtar A. Strength and durability of concrete incorporating crushed limestone sand. *Constr Build Mater.*,(2009), 23:625-633.

[13] Dreux G, Jean FESTA. Nouveau guide du béton et de ses constituants. Edition Eyrolles. Juin; 1998. p. 416.

[14] NF P18-405 Bétons- Essais d'information Confection et conservation des éprouvettes, Décembre 1981.

[15] NF EN 12390-2. Essais pour béton durci - Partie 2: confection et conservation des éprouvettes pour essais de résistance, Octobre 2001.

[16] Kamali S, Gerard B, Moranville M. Modelling the leaching kinetics of cement based materials-influence of materials and environment. *Cem Concr Compos* 2003;25:451–8.

[17] Agostini F, Lafhaj Z, Skoczylas F, Loodsveldt H. Experimental study of accelerated leaching on Hollow cylinders of mortar. *Cem Concr Res* 2007;37:71–8.

[18] Gmira A. Etude texturale et thermodynamique d'hydrates modèles du Ciment, These de Doctorat, Université d'Orleans, France; 2003. p. 212.

[19] Swapnil S. Fate. Concrete with Smart Material (Manufactured Crushed Sand)-A Review. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR- JMCE)* e-ISSN: 2278-1684, p-ISSN: 2320-334X PP 27-29.

[20] Neville AM. Properties of concrete. Fourth edition, Longman, England,1995, pp.844.

[21] Aquino Carlos, Inoue Masumi, Miura Hiroaki, Mizuta Maki, Okamoto Takahisa. The effects of limestone aggregate on concrete properties. *Construction and Building Materials.* ,2010, 24: 2363-2368.

[22] Lohani T.K, Padhi M, Dash K.P, Jena S, Optimum utilization of Quarry dust as partial replacement of sand in concrete, *Int. Journal of Applied Sciences and Engineering Research*, 2012; V 1, pp:391-404.

[23] Bertrand R., Coquillat G. Les calcaires dans les bétons hydrauliques, CEBTP., 1992,



pp. 6-13.

[24] Neville Adam M. Proprietes des betons. Edition Eyrolles; 2000. p. 824.

[25] NF EN 12390-3. Essai pour beton durci – Partie 3: resistance a la compression des eprouvettes, Fev. 2003.

[26] NF EN 12390-5. Essai pour beton durci – Partie 5: resistance a la flexion sur eprouvettes, October 2001.

[27] Adams JM, Rajesh AM, Brightson P, Anand MP. Experimental Investigation on The Effect Of M-Sand In High Performance Concrete, American Journal of Engineering Research (AJER), 2013; V 02, pp: 46-51.

[28] Priyanka AJ, Dilip KK. Effect of replacement of natural sand by manufactured sand on the properties of cement mortar. International Journal Of Civil And Structural Engineering, 2013; V 3, pp: 621-628.

[29] Benabed B, Kadri EH, Azzouz L, Kenai S. Properties of self-compacting mortar made with various types of sand, Cement and Concrete Composites, 2012; V 34, pp:1167–1173.

[30] Shanmugapriya T, Uma RN, Optimization of partial replacement of M-sand by natural sand in high performance concrete with silica fume. International Journal of Engineering Sciences & Emerging Technologies, 2012; V 2, pp: 73-80.

[31] Puneeth G T., Mamatha A. An experimental investigation on the strength of concrete by partial replacement of cement with micro silica and naturel sand with manufactured sand. International Journal of Civil and Structural Engineering Research ISSN 2348-7607 (Online) Vol. 3, Issue 2, pp: (52sand-57).

[32] Anitha-selva SSD, Gayathri R, Swathi G, Prince AG. Experimental Investigation On Quarry Dust Concrete With Chemical Admixture, International Journal of Latest Research in Science and Technology, 2013; V 2, pp:91–94.

**How to cite this article:**

Djedid T, Guettala A, Mani M. Study of the workability and mechanical strength of concrete in the face of upwelling (case of the El oued region). J. Fundam. Appl. Sci., 2019, 11(1), 368-384.