

ASSESSMENT OF THE COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE BY THE SONREB TESTS: CASE OF THE POLE MOSQUE OF ORAN

S. Bousmaha*, M. Cheikh-Zouaoui, S. Chergui

Laboratory ETAP/IAU-University of Blida 1

Received: 14 May 2020/ Accepted: 27 April 2021 / Published online: 01 May 2021

ABSTRACT

The non-destructive evaluation of concrete is a vital part and an active and interesting field of research which can be a fundamental step in the process of heritageization of contemporary architecture, especially for the new large mosques in Algeria. The present study consists of the assessment of the concrete structure of the pole mosque of Oran by applying a protocol of non-destructive testing of the compressive strength based on the combination of two tests of the SonReb approach; ultrasonic pulse velocity (UPV) and rebound index (RN).

This method not only makes it possible to check the physical state of the structure, but also to collect the information necessary to predict the possibility of use in the future. The results of the experimental tests obtained indicate a very acceptable quality of the concrete of the pole mosque of Oran.

Keywords: mosque, concrete, combination, compressive strength, SonReb.

Author Correspondence, e-mail: bousmahasaid@mail.com

doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v13i2.26>

1. INTRODUCTION

Parmi les enjeux multiples du patrimoine immobilier ; la capacité incontournable de témoigner au futur et de transmettre une certaine identité locale d'une génération à une autre. Dans une perspective patrimoniale qui vise la préparation des nouvelles grandes mosquées en



Algérie à devenir le patrimoine religieux des générations futures à l'instar de la mosquée pôle Ibn Badis d'Oran, la présente recherche souhaite répondre à la question sur la durabilité des matériaux employés particulièrement le béton par l'utilisation d'un protocole d'essais non destructifs, afin de garantir la durée d'utilisation et de vie de l'édifice au futur. Cette dernière n'est que la valeur d'ancienneté qui nécessite généralement un minimum de 30 ans d'âge pour qu'elle soit reconnue.

Le béton standard est généralement confectionné pour une durée de vie minimale de 50 ans pour les bâtiments et 100 ans pour les ouvrages d'art [1]. Aujourd'hui, sa durabilité est appréhendée en considérant un ensemble de propriétés dont, bien sûr, la résistance mécanique pour laquelle l'estimation de cette dernière est une des données couramment recherchées pour affirmer la pérennité d'un ouvrage et la question clé pour déterminer la qualité et la durabilité du béton [2]. En effet, seule l'approche non destructive qui considère l'évaluation de la durabilité des bétons par la quantification de la résistance mécanique [3] peut être utilisée dans des édifices en service. C'est pour cela qu'on a choisi le protocole SonReb qui combine les vitesses ultrasoniques (UPV) et les indices de rebondissement (RN). Donc, le but recherché de la mise en place de ce protocole est l'estimation de la résistance du béton à la compression ce qui permettra de contrôler l'état physique de l'objet d'étude et prédire les opportunités de son fonctionnement dans l'avenir.

Dans le présent article, nous présentons quelques résultats expérimentaux obtenus qui permettent une évaluation de la durabilité du béton de la mosquée pôle Ibn Badis d'Oran en quantifiant la résistance à la compression par la mise en place du protocole de contrôle non destructif précité.

1.1. Un aperçu sur la mosquée pôle d'Oran

La mosquée pôle d'Oran appelée aussi la mosquée Abdelhamid Ibn Badis d'Oran (Fig. 1) a été initiée en 1975 par des notables de la ville. Il fallait attendre la date du 17 avril 2015 pour son inauguration officielle. L'édifice n'est pas une simple mosquée, c'est un complexe de culte et de culture qui rappelle fort et bien les anciennes medersas de l'Algérie qui sont annexées à des mosquées à l'instar du complexe de Sidi Boumediene à Tlemcen, et la mosquée de Sidi El Kattani de Constantine. Située à l'Est d'Oran, à Hai Djamel Eddine, la mosquée pôle d'Oran

est facilement remarquable par son dôme colossal et la hauteur du minaret qui atteint les 104 mètres, couverts en verre sérigraphié et le GRC (un mélange de ciment et du verre). L'ouvrage s'étale sur une superficie totale de quatre hectares, dont la structure ainsi que le traitement architectural en arcs outrepassés sont totalement coulés en béton. [4]



Fig. 1. Vue sur la mosquée pole d'Oran. (Source: auteurs)

Le complexe de la mosquée pôle Ibn Badis accessible par trois grandes portes, comprend deux grandes salles de prières dont une pour les hommes et l'autre pour les femmes ainsi qu'une vaste esplanade offrant une capacité d'accueil totale de 25000 fidèles. Il comprend aussi une salle de conférences de 400 places, 13 locaux commerciaux, des salles de cours, une bibliothèque et des annexes d'administration. Au-dessous de la grande salle de prière se trouve un parking d'une capacité de 600 véhicules, renforcé par des aires de stationnement à ciel ouvert.

Inscrite dans le parcours touristique de la ville, la mosquée pôle d'Oran est un véritable chef-d'œuvre de culte et de culture qui unira à la fois modernisme et tradition. Elle est considérée aussi comme une référence incontournable et un des symboles de la ville.

1.2. La méthode SonReb :

L'approche SonReb (Son pour sonique et Reb pour rebond) est une des techniques de mesure in-situ qui donne des résultats directs sur la résistance du béton durci. C'est une méthode qui a été développée par RILEM en particulier pour l'évaluation de la qualité de la construction [5,6 et 7]. Son principe est basé sur la combinaison de la technique des ultrasons et les indices de rebondissement obtenus à l'aide du scléromètre. Par la méthode SonReb des mesures simples et rapides de la résistance mécanique des bétons peuvent être effectuée. La SonReb consiste à prendre la valeur moyenne de la vitesse ultrasonore (UPV) issue de deux à quatre mesures et la valeur moyenne de rebond (RN) issue d'au moins neuf mesures sur chaque élément, puis la résistance à la compression du béton est estimée à l'aide de la lecture des courbes à trois dimensions [8]. La résistance du béton est décrite comme une formule de deux variables (voir le tableau 1) [9 et 10]. La résistance du béton peut être estimée par l'utilisation des courbes donnant la résistance en fonction de la vitesse de propagation des impulsions ultrasonores et l'indice de rebondissement. Aujourd'hui cette méthode est la plus usuelle pour estimer la résistance du béton dans les structures en service [11].

Tableau 1. Modèles de regression pour prédiction de la résistance à la compression

	Equation F(UPV,RN)	Investigateurs
01	$F(UPV,RN) = -24.668 + 1.427RN + 0.0294UPV^4$	Meynink and Samarin
02	$F(UPV,RN) = -39.570 + 1.532RN + 5.061UPV$	Tanigawa and al.
03	$F(UPV,RN) = -39.5 + 1.53RN + 5.06UPV$	Ramyar and Kol
04	$F(UPV,RN) = -194 + 0.77RN + 44.8UPV$	P. Turgut and O. F. Kucuk

L'intérêt majeur dans l'utilisation de la SonReb se définit par les effets opposés produit par la variabilité de certaines propriétés du béton. Par exemple l'accroissement de l'humidité augmente les vitesses de la propagation des ultrasons, cependant réduit les valeurs de l'indice de rebondissement. En conséquence, l'utilisation de la SonReb diminue les effets relatifs, entre autres la classe et le dosage du ciment, les dimensions des agrégats, le pourcentage de l'humidité et également le rapport eau /ciment.

Par ailleurs, la SonReb est un procédé d'investigation qui permet de tester directement tous les éléments d'une structure en béton. De plus, parmi les avantages de cette méthode : la facilité de manipulation qui ne nécessite pas un haut niveau d'expertise et surtout un faible coût

d'utilisation. [12 et 13].

Compte tenu de l'impossibilité d'effectuer un nombre important d'essais destructifs sur un élément ou une partie de la structure pour estimer la résistance à la compression du béton tant pour des raisons économiques que pour les effets négatifs qui peuvent être engendrés par l'extraction des échantillons [14], seuls les essais non destructifs de la SonReb qui n'endommagent pas la structure seront pris en considération, en plus du fait qu'ils favorisent l'estimation rapide de la résistance du béton en raison de leur simplicité d'utilisation .

Les essais de la SonReb donnent des résultats plus fiables et plus proches de la réalité [15] puisque l'intervalle dans lequel 90% des valeurs estimées coïncident bien avec les valeurs mesurées par les essais destructifs [11].

2. EXPERIMENTAL

Dans cette étude, la méthode SonReb du contrôle non destructif a été adoptée en utilisant le marteau à rebond de Schmidt (ou le scléromètre) ainsi que l'appareil d'auscultation sonore (voir Fig. 2), pour suivre, inspecter et évaluer la résistance du béton de la mosquée pôle d'Oran après environ deux décennies d'existence de la structure.



Fig. 2. Matériel de mesure utilisé. (Source : auteurs)

À cet effet, et afin d'améliorer la fiabilité des résultats de la SonReb, des travaux expérimentaux sont exécutés sur des échantillons prélevés par carottage du béton des éléments de structure.

Dans le but de trouver une équation appropriée de corrélation entre les essais non destructifs et la résistance à la compression obtenue traditionnellement par les tests destructifs, le recours à une analyse statistique semble être le plus adéquat et le moyen incontournable dans le

traitement des résultats. Dans cette étude ; des relations de corrélation entre les résultats des essais mécaniques destructifs des carottes et ceux obtenus par les tests non destructifs (scléromètre et ultrasons) sont établies. Les mesures sont combinées pour extraire les courbes de tendance (courbe de régression) et leurs coefficients de détermination R^2 considéré comme un indicateur statistique [16] de grande utilité.

Après la détermination de l'équation mathématique de corrélation la plus significative, des campagnes d'auscultation sont effectuées sur divers éléments de la structure de la mosquée objet d'étude, principalement pour relever les mesures ; d'une part, les indices de rebondissement en utilisant le scléromètre et d'autre part, calculer le temps de propagation des impulsions ultrasoniques (T) par l'appareil d'auscultation sonore, tout en suivant les recommandations établis par RILEM sur l'utilisation combinée des tests non destructifs [5].

Pour chaque élément sélectionné, trois différentes zones de mesures (RN1, RN2 et RN3) sont sélectionnées, et sur chacune 09 lectures seront prises par le marteau à rebond (le scléromètre) et 04 autres avec l'appareil des ondes ultrasonores.

Le mode de lecture appliqué au scléromètre est horizontal pour tous les éléments examinés (poteaux, poutres et voiles). En ce qui concerne l'auscultation sonore, seule la méthode directe (c'est-à-dire mettre l'émetteur dans une face et le récepteur sur la face opposée) est adoptée.

Les données collectées sont traitées et analysées pour estimer la résistance du béton de l'ouvrage en appliquant l'équation de régression multiple développée préalablement.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Définition de l'équation de corrélation :

Pour la définition de la corrélation entre les mesures des essais non destructifs et les résultats des tests destructifs, neuf (09) carottes de diamètre de 6.5 cm et une hauteur de 13 cm, ont été extraites des différentes parties de la structure de la mosquée pole d'Oran, conformément à la norme NF EN 12504-1 [17]. Le nombre des échantillons autorisé est réparti en trois (03) carottes pour chaque élément de contreventement accessible, à savoir les poteaux, les murs voiles et les dalles.

Après avoir préparé et nettoyé convenablement les carottes, la moyenne de neuf (09) mesures sclérométriques (RN), et une valeur de la vitesse des ultrasons (UPV) ont été prise sur chaque échantillon. Ensuite, les objets du test étaient soumis à l'essai mécanique destructif par l'écrasement selon la norme NF EN 13791, afin d'obtenir les résistances à la compression du béton (F_c). Les résultats des différents tests sont récapitulés dans le tableau 2.

Tableau 2. Données de la corrélation entre les essais non destructifs de la SonReb et les essais destructifs. (Source: auteurs)

Elément	Niveau	RN	UPV (Km/s)	F_c (Mpa)
Poteau	Sous-sol (-2)	36	4.24	39.50
	Etage 2	33	4.06	37.50
	Etage 5	37	4.11	40.00
Voile	Sous-sol (-2)	34	4.19	38.00
	Etage 2	36	4.30	39.00
	Etage 5	34	4.05	38.50
Dalle	Sous-sol (-2)	38	4.20	41.50
	Etage 2	35	4.13	39.00
	Etage 5	36	4.27	40.00

La corrélation entre les indices sclérométriques et la résistance à la compression des carottes illustrée dans la figure 3, montre un coefficient de détermination relativement bon ($R^2 = 0.9136$).

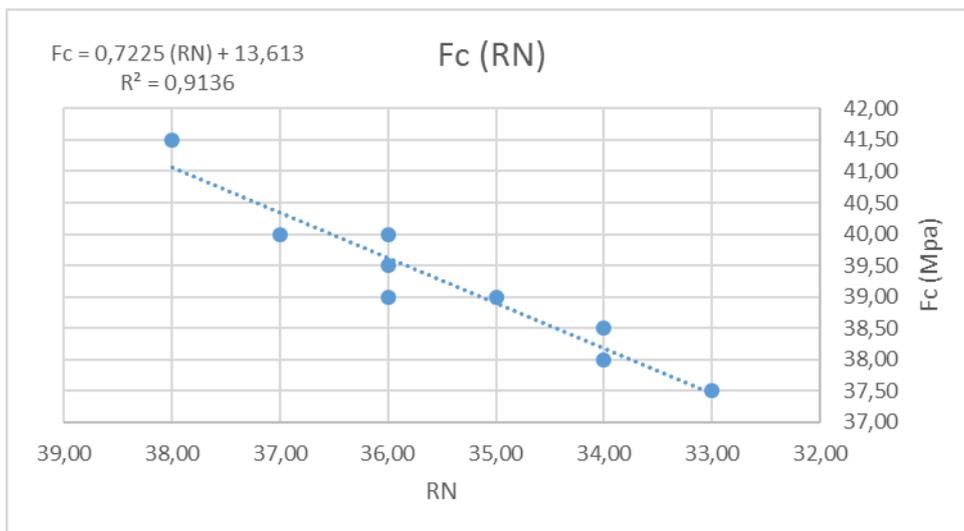


Fig. 3. Corrélation entre les indices sclérométriques et la résistance à la compression des carottes. (Source: auteurs)

Cependant, la corrélation entre les vitesses des ondes ultrasoniques et la résistance à la compression des échantillons schématisée par le graphique 4, a donné un ratio de détermination très faible.

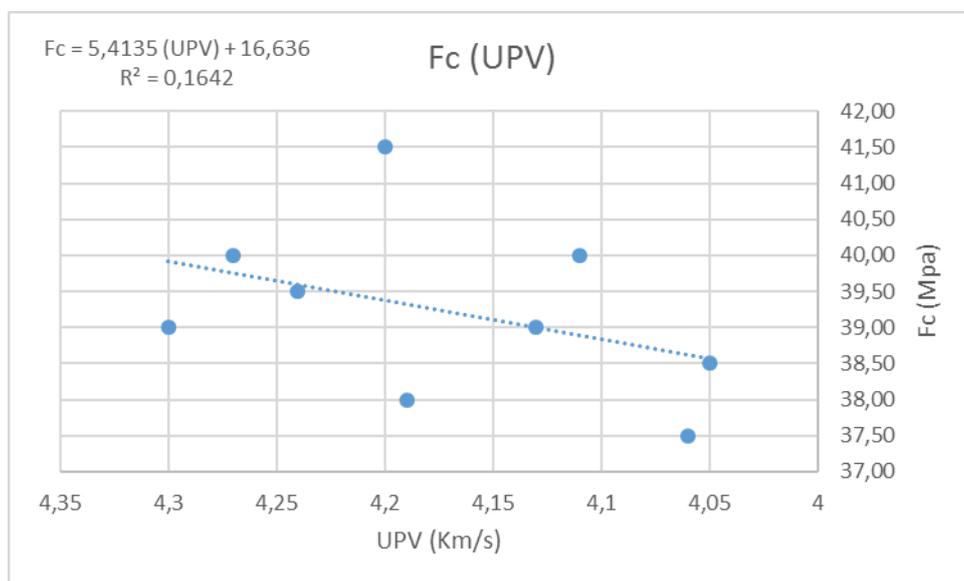


Fig. 4. Corrélation entre les vitesses des ondes ultrasoniques et la résistance à la compression des carottes. (Source: auteurs)

En outre, la corrélation multi variable entre les mesures non destructives et les résultats des tests destructifs illustrée par le graphe 5, mène vers des corrélations plus précises et probantes que l'utilisation des tests de la SonReb séparément.

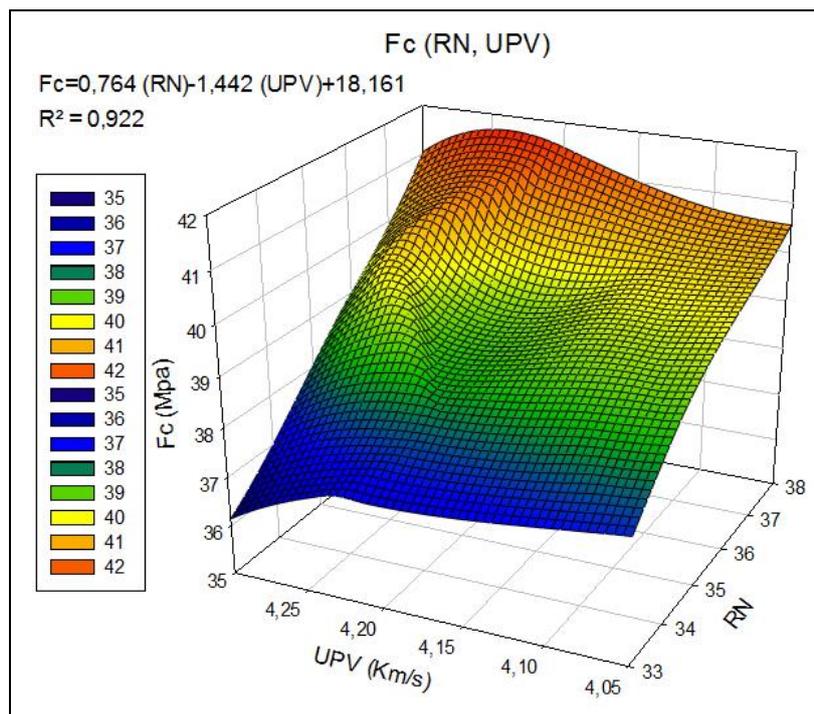


Fig. 5. Corrélation multiple entre les indices sclérométriques, les vitesses des ondes ultrasoniques et la résistance à la compression des carottes. (Source : auteurs)

En comparant les résultats expérimentaux acquis dans cette phase, particulièrement les coefficients de détermination des régressions mathématiques résumés dans le tableau 3, il est constaté que la méthode SonReb qui associe les données de deux essais non destructifs à savoir les indices sclérométriques et les vitesses des ultrasons, semble très prometteuse pour le contrôle et l'évaluation in situ du béton en structure. La quantification des résistances mécaniques à la compression du béton par cette approche conduira en effet, à des estimations plus crédibles, en admettant que le béton des carottes est représentatif pour toute la structure.

Tableau 3. Résultats des régressions. (Source : auteurs)

	Equation de corrélation	Coefficient de détermination
Fc (RN)	$Fc = 0,722 (RN) + 13,613$	$R^2 = 0,9136$
Fc (UPV)	$Fc = 5,413 (UPV) + 16,636$	$R^2 = 0,1642$
Fc (RN, UPV)	$Fc = 0,764 (RN) - 1,442 (UPV) + 18,161$	$R^2 = 0,9222$

Dans ce qui suit, quelques résultats d'une large campagne de mesure par les essais non destructifs de la SonReb sont présentés et associés en adoptant l'équation de corrélation à

deux variables (RN et UPV) établie précédemment. L'objectif des investigations est le contrôle de la résistance du béton de la mosquée pole d'Oran, ce qui permet de recueillir des indicateurs objectifs sur l'état physique de la structure ainsi que les données utiles pour prédire son existence dans le futur.

3.2. Résultats des campagnes d'auscultation par la SonReb :

Le programme des investigations par les essais in situ de la SonReb examine trois (03) types d'organes structurants qui sont des poteaux, des poutres et des voiles de contreventement. Pour chaque typologie, quinze (15) éléments répartis sur trois (03) différents niveaux de la mosquée, soit un total de quarante-cinq (45) éléments.

Les relevés des indices sclérométriques et les vitesses de propagation des ondes ultrasoniques, sont pris sur trois zones distinctes du même élément ; en bas, à mi-hauteur et en haut pour les organes verticaux, et aux extrémités et à mi- travée pour les poutres.

Les résultats de cette campagne de mesure illustrés dans le tableau 4, représentent la synthèse après le calcul des valeurs médianes pour chacun des éléments, auxquels l'indice de rebondissement RN est la moyenne de 27 mesures par le scléromètre, et la vitesse ultrasonique UPV est la médiane de trois valeurs.

Tableau 4. Résultats de l'auscultation Sclérométrique et Ultrasonique. (Source : auteurs)

Niv.	Poteaux	RN	UPV (Km/s)	Voiles	RN	UPV (Km/s)	Poutres	RN	UPV (Km/s)
Sous-sol -1	P16	33,00	3,90	V16	36,00	4,44	Ptr16	32,00	4,06
	P17	35,00	4,06	V17	35,00	3,63	Ptr17	35,00	4,86
	P18	34,00	4,15	V18	35,00	3,85	Ptr18	35,00	4,46
	P19	35,00	4,01	V19	33,00	3,97	Ptr19	36,00	4,59
	P20	34,00	4,00	V20	34,00	4,07	Ptr20	34,00	4,01
2 ^{ème} Etage	P21	36,00	4,31	V21	32,00	4,26	Ptr21	33,00	4,52
	P22	36,00	3,77	V22	37,00	4,00	Ptr22	33,00	4,51
	P23	33,00	4,59	V23	36,00	3,97	Ptr23	36,00	3,91
	P24	34,00	4,10	V24	36,00	4,69	Ptr24	35,00	4,20

	P25	34,00	4,35	V25	34,00	4,08	Ptr25	34,00	4,40
4 ^{ème} Etage	P26	35,00	4,00	V26	35,00	3,92	Ptr26	35,00	4,50
	P27	36,00	4,14	V27	35,00	4,06	Ptr27	36,00	4,06
	P28	36,00	4,30	V28	33,00	4,30	Ptr28	33,00	5,07
	P29	34,00	3,49	V29	36,00	4,12	Ptr29	36,00	5,13
	P30	33,00	4,41	V30	35,00	4,01	Ptr30	34,00	3,87

Toutes les mesures en indices Sclérométriques (RN) des différents éléments auscultés (poteaux, poutres et voiles) sont incluses dans l'intervalle défini par les valeurs allant de 32 à 37. Par ailleurs, le calcul des vitesses des ondes ultrasoniques a donné des valeurs comprises entre 3,49 et 4,86 Km/s.

Dans le tableau 5, les résultats d'estimation de la résistance à la compression sont présentés en utilisant le modèle empirique de régression mathématique qui associe les deux variables de l'approche SonReb (RN et UPV). Rappelons que l'équation de corrélation était développée précédemment après calibration entre les essais non destructifs et destructifs.

Tableau 5. Résultats d'estimation des résistances mécanique par la corrélation empirique entre les données de la SonReb (RN et UPV). (Source : auteurs)

Niv.	Poteaux	Fc (Mpa)	Voiles	Fc (Mpa)	Poutres	Fc (Mpa)
Sous-sol -1	P16	37,75	V16	39,26	Ptr16	36,75
	P17	39,05	V17	39,67	Ptr17	37,90
	P18	38,16	V18	39,34	Ptr18	38,46
	P19	39,11	V19	37,65	Ptr19	39,05
	P20	38,37	V20	38,27	Ptr20	38,36
2 ^{ème} Etage	P21	39,44	V21	36,47	Ptr21	36,85
	P22	40,22	V22	40,66	Ptr22	36,87
	P23	36,76	V23	39,93	Ptr23	40,03
	P24	38,22	V24	38,90	Ptr24	38,84
	P25	37,86	V25	38,25	Ptr25	37,79
Et	P26	39,14	V26	39,24	Ptr26	38,41

	P27	39,70	V27	39,05	Ptr27	39,81
	P28	39,46	V28	37,17	Ptr28	36,07
	P29	39,11	V29	39,72	Ptr29	38,27
	P30	37,01	V30	39,12	Ptr30	38,55

Pour les poteaux, la corrélation entre les RN et les UPV en appliquant l'équation de régression de la SonReb, a donné des résistances à la compression comprise entre 36 et 40 Mpa.

En ce qui concerne les murs voiles, la combinaison des mesures sclérométriques et les vitesses de propagation des ondes ultrasoniques en utilisant la même équation de corrélation déterminée antérieurement, permet l'obtention des valeurs de résistance à la compression allant également de 37 à 40 Mpa. Cela signifie une très bonne qualité du béton utilisé dans ce type d'élément structurant.

En outre, la corrélation entre les deux variables RN et UPV des poutres auscultées, en appliquant le modèle mathématique de régression, donne des résistances mécaniques supérieures à la valeur 36 Mpa comme l'indique le tableau 5. Ces résultats permettraient d'apprécier la conformité du béton employé dans les poutres par rapport aux conditions techniques algériennes en vigueur.

Les corrélations par la combinaison SonReb entre les données du scléromètre avec les vitesses d'impulsions soniques en appliquant un des modèles de régression à deux variables donnant la résistance du béton développé dans cette étude, expriment globalement des valeurs de résistance à la compression du béton largement supérieures à la valeur minimale requise par la réglementation technique en Algérie qui égale à 25Mpa, ce qui signifie aussi une très bonne qualité du béton ausculté.

4. CONCLUSION

Dans le présent article l'approche SonReb a été appliquée pour évaluer la résistance du béton de la structure de la mosquée pôle d'Oran après un âge de deux décennies de service, et cela afin d'apprécier la durabilité de ce dernier dans le temps, d'inspecter et de prédire l'existence au futur de l'ouvrage en tant que patrimoine religieux de l'avenir.

À travers cette étude, il est constaté que la combinaison des deux tests conduits vers une meilleure corrélation, et des résultats plus significatifs. Cela est confirmé par le coefficient de détermination (R^2) relativement élevé pour les régressions de la combinaison des RN et UPV par rapport aux régressions à une seule variable.

L'équation mathématique de corrélation développée dans cette recherche, en associant les résistances à la compression des carottes issues des tests mécaniques destructifs et les données des techniques non destructives de la SonReb en l'occurrence les indices Sclérométrique et les vitesses ultrasoniques, permet le contrôle in situ de la structure objet de l'étude en recueillant des informations précises et objectives sur l'une des qualités principales du béton.

En outre, les résultats d'auscultation par les essais combinés SonReb sur les éléments de contreventement de la mosquée pôle Ibn Badis d'Oran, en appliquant l'équation de corrélation déterminée, ont donné une bonne résistance du béton largement supérieure à la résistance caractéristique d'un béton ordinaire dosé à 350 kg de ciment CEM II par mètre cube ($F_c=25$ Mpa) ce qui nous permet d'apprécier positivement l'avenir de cet édifice de culte et culture.

Les multiples avantages du présent protocole d'évaluation de la durabilité du béton à travers la quantification de la résistance mécanique, peuvent-être adoptés comme un outil pratique non destructif permanent de contrôler et d'examiner l'état physique de cette structure en béton armé qui fait partie des œuvres désignées pour être le patrimoine des générations futures en Algérie.

Les limites de la présente étude incluent naturellement la contrainte des extractions des échantillons du béton à cause de leur caractère destructeur sur la structure en service. À cet effet, le nombre des carottes utilisées était relativement faible pour la détermination d'une corrélation plus raffinée entre les essais destructifs et non destructifs.

Par ailleurs, on considère ce travail d'inspection de la mosquée objet d'étude comme une étape dans le processus de suivi et de contrôle, qui nécessite éventuellement d'autres niveaux d'évaluations pour confirmer ou infirmer non seulement l'état physique de l'édifice mais aussi la résistance de la structure aux différentes vulnérabilités chimiques.

6. REFERENCES

- [1] La norme NF EN 206-1 (l'approche prescriptive) en application des tableaux NAF 1 et NAF 2.
- [2] ABRAMS, Duff A. Water-cement ratio as a basis of concrete quality. In : Journal Proceedings. 1927. p. 452-457.
- [3] R. Chaid, Raoul Jauberthie, et A. Boukhaled, Effet de l'ajout calcaire sur la durabilité des bétons, 2010.
- [4] Dalila Senhadji, La grande mosquée IBN BADIS d'Oran, in histoires et pratiques architecturales, colloque international sur l'architecture islamique, Constantine, 2016.
- [5] RILEM, Draft Recommendation For Concrete Strength Determination by Combined Non-Destructive Methods, Materials and Structures 26, no 1 (1 janvier 1993): 43-49.
- [6] Komlos, K., Popovics, S., Nurnbergerova, T., Babal, B., Popovics, J.S., Ultrasonic Pulse Velocity test of concrete properties as specified in various standard, Cement and Concrete Composites, 18, 357-364. 1996
- [7] Loic Divet, techniques for diagnosing the condition of concrete LCPC Presentation 2005
- [8] Balayssac, J. P., & Garnier, V. (Eds.). (2017). Non-destructive testing and evaluation of civil engineering structures. Elsevier.
- [9] Turgut, P., & Kucuk, O. F., Comparative relationships of direct, indirect, and semi-direct ultrasonic pulse velocity measurements in concrete. Russian Journal of Nondestructive Testing, 2006, 42(11), 745.
- [10] Arioglu, E., Arioglu, N., and Girgin, C., A discussion of the paper "Concrete strength by combined nondestructive methods simply and reliably predicted" by HY Qasrawi. Cement and Concrete Research, 2001, 31(8), 1239-1240.
- [11] Ngoc Tan Nguyen, Évaluation non destructive des structures en béton armé : étude de la variabilité spatiale et de la combinaison des techniques, Université de Bordeaux, 2014.
- [12] BREYSSE, D. Nondestructive evaluation of concrete strength: An historical review and a new perspective by combining NDT methods. Construction and Building Materials, 2012, vol. 33, p. 139-163.

[13] Samia Hannachi, Evaluation de la résistance à la compression du béton sur site, 2015, P87.

[14] M.T. Cristofaro et al., CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DI CALCESTRUZZI ESTRATTI DA EDIFICI ESISTENTI CON IL METODO SONREB, In : 15° Congresso AIPnD, At Trieste. 2013.

[15] Mahdi Shariati et al., Assessing the strength of reinforced concrete structures through Ultrasonic Pulse Velocity and Schmidt Rebound Hammer tests, *Scientific Research and Essays* 6, no 1 (2011): 213–220.

How to cite this article:

Bousmaha S, Cheikh-Zouaoui M, Chergui S. assessment of the compressive strength of concrete by the sonreb tests: case of the pole mosque of oran. *J. Fundam. Appl. Sci.*, 2021, *13(2)*, 1117-1131.