MESURE DE LA RÉSISTANCE À LA COMPRÉSSION DU BETON . INFLUENCE DES MÉTHODES DESTRUCTIVE (ECRASEMENT) ET NON DESTRUCTIVE (ULTRASON) ET DES GÉOMETRIES DES CORPS D'ÉPREUVES

B. Redjel[1] , W. Khelifi[1] & R. Jauberthie[2]

[1] *Laboratoire de Génie Civil, Université Badji Mokhtar de Annaba, BP 12, 23000, Annaba, Algérie.*
email : bredjel@yahoo.fr

[2] *Département de Génie Civil et Génie Mécanique, EA 3913, 20 av. Buttes de Coësmes, Rennes, 35708, Rennes cedex 7, France.*

Résumé :

Dans cette étude, deux techniques ont été utilisées pour mesurer la résistance à la compression d'un béton confectionné : ultrason et écrasement sur des éprouvettes de différentes géométries (cube, prisme et cylindre). Les résultats des essais de mesure se caractérisent par une dispersion. Celle-ci est la conséquence du caractère hétérogène de ce matériau granulaire ainsi que de l'essai mécanique lui même. Il apparaît clairement que les deux techniques donnent des résultats comparables. En effet, La résistance à la compression mesurée par la méthode destructive (écrasement) est très proche de celle mesurée par la méthode non destructive (ultra son) pour tous les échantillons testés. La résistance à la compression est influencée par la forme et les dimensions des éprouvettes. Les facteurs de conversion s'appliquent parfaitement aux résultats de mesure. La résistance à la compression mesurée diminue avec l'augmentation de la section d'écrasement pour le cube et pour le cylindre ainsi qu'avec l'élancement de l'éprouvette pour se stabiliser à partir du rapport hauteur/arête (h/a)=2. L'éprouvette cylindrique donne des valeurs de résistances inférieures à celles données par le prisme et par le cube. Par ailleurs, les coefficients de conversion de forme et de géométrie donnent des valeurs comparables à ceux obtenus réellement. Il est enfin à noter que les modes de rupture du béton sont différents d'une géométrie à l'autre. Le cube se rompt selon des plans obliques et donne une rupture pyramidale. Le cylindre et le prisme donnent de véritables ruptures de compression avec des lignes de fissuration parallèles à la direction de l'effort de compression.

Mots clés : compression, résistance, écrasement, vitesse d'ultrason, élancement.

Abstract:

In this study, two techniques are carried out for the measure of the compressive strength of concrete: non destructive test using ultrasonic velocity and crushing on specimens of different geometries (cube, prism and cylinder). Results of tests are characterized by scatter. This is the consequence of the heterogeneous nature of this granular material and the mechanical test itself. It is clear that both methods give comparable results. Indeed, the compressive strength measured by the destructive method (crushing) is very close to that measured by the non-destructive method (ultrasound) for all specimens tested. furthermore influenced by the shape and dimensions of the specimens. Conversion factors could be easily applied perfectly to the measurement results. The compression strength decreases with an increase in the cross section of the cube and the cylinder also with the slenderness ratio's specimen to stabilize from the ratio height/edge (h/a) = 2. The cylindrical specimen gives strength values lower than those given by the prism and the cube. In addition, the conversion factors of form and geometry give values comparable to the standard. Finally, it is noted that the failure modes of concrete are different from geometry to another. Thus the cube breaks in oblique planes and gives a pyramidal break. The cylinder and prism give real compression failures with crack lines parallel to the direction of compressive stress.

Keywords: compression, strength, crushing, ultrasonic velocity, slenderness.

1. INTRODUCTION

La résistance à la compression du béton à 28 jours désignée dans les calculs du béton armé aux états limites par f_{C28}, se mesure en général par compression axiale sur des cylindres de révolution d'une hauteur double de leur diamètre. Le cylindre le plus couramment employé est celui de 16 cm de diamètre dont la section est de 200 cm^2 selon la norme NF P18-400 [1]. La normalisation Européenne indique comme dimensions, des cylindres de diamètre d égal à 15 cm et de hauteur h égale à 30 cm selon la norme NF EN 12390-1 [2]. La grande expérience et la bonne maîtrise acquises maintenant dans le domaine de la fabrication des éprouvettes en béton montrent qu'en assurant à une série d'éprouvettes d'une même gâchée, des dimensions, un mode de fabrication ainsi que des conditions de conservation et d'essais identiques la possibilité de déterminer avec justesse et précision les vrais ou véritables valeurs des caractéristiques mécaniques des matériaux à base de ciment apparaît évidente et très probable à atteindre [3-4]. L'effet des dimensions et de la forme des éprouvettes est un paramètre important dans la détermination des résistances du béton [5]. C'est pourquoi des facteurs correctifs ont été introduits afin de comparer des résultats obtenus sur différentes éprouvettes [6].

Les techniques de mesure non destructives, de caractérisation des matériaux et des bétons en particulier, qui se sont développées ces dernières années aussi bien dans les laboratoires qu'in situ dans les chantiers pour le contrôle des ouvrages sont appelées à réduire voire à remplacer et à se substituer aux méthodes destructives. Ces essais non destructifs rapides, faciles à mettre en œuvre et économiques, sont souvent envisagés pour décrire la situation ou l'état d'une structure ou d'un ouvrage dans le cadre de contrôle d'ouvrages neufs, en construction, ou d'ouvrages anciens. Ainsi, le contrôle par ultrasons commence à occuper désormais une place importante grâce à sa commodité d'emploi et à son coût raisonnable [7]. Les tests par ultrasons représentent selon diverses études rapportées dans la littérature technique et scientifique, environ le tiers des essais non destructifs de matériaux ou de structures en tout genre, et dans des secteurs d'applications très diversifiés comme par exemple l'aéronautique, les industries des transports, celles de l'énergie et du génie civil, le génie militaire, les travaux publics, etc. Cependant, leur utilisation nécessite le développement d'indicateurs adaptés au problème posé.

Dans cette étude, la résistance à la compression statique d'un béton confectionné au laboratoire a été mesurée par deux techniques : celle utilisant les ultrasons et celle basée sur les essais d'écrasement en compression axiale sur des éprouvettes de différentes géométries (cube, prisme et cylindre).

2. METHODOLOGIES EXPERIMENTALES

2. 1. Matériaux

Les matériaux utilisés pour cette étude sont : un ciment portland composé CPJ/CEM II 42.5, une eau de robinet comme eau de gâchage, un sable naturel (0/5) mm d'équivalent de sable 80.56 et de module de finesse 1.8 et deux graviers de fraction (3/8) et (8/16).

La formulation du béton de cette étude a été effectuée selon la méthode de G. Dreux pour produire un béton courant [8]. Le calcul a donné la composition présentée dans le tableau 1 pour 1m^3 de béton :

Tableau 1 : dosage massique des constituants pour 1m^3 de béton

Sable (0/5) Kg	Gravier (3/8) kg	Gravier (8/16) kg	Eau kg	Ciment CEMII kg
568	351	825	200	400

Le temps de malaxage varie de 2, 3 à 4 min pour la bétonnière classique à axe inclinée utilisée dans cette étude [8]. Les éprouvettes ont été stockées dans un local approprié

pendant 24 heures à la température ambiante puis démoulées et conservées pendant 28 jours dans un bac rempli d'eau.

2. 2. Géométrie des éprouvettes

Six éprouvettes par cas ont été confectionnées pour huit différentes géométries soit un total de 48 essais de compression réalisés. Les extrémités des corps d'épreuve ont été préalablement rectifiées afin d'assurer une grande planéité des surfaces qui seront en contact avec les plateaux de la presse.

- Eprouvettes cubiques (3 arêtes)
  - E1 (10*10*10 cm^3)
  - E2 (15*15*15) cm^3
  - E3 (20*20*20) cm^3

- Eprouvettes prismatiques (3 élancements) :
  - E4 (10*10*15) cm^3
  - E5 (10*10*20) cm^3
  - E6 (10*10*30) cm^3

- Eprouvettes cylindriques (2 diamètres)
  - E7 (11*22) cm^2
  - E8 (16*32) cm^2

2.3. Dispositifs ultrasonore et d'écrasement

La méthode ultrasonore utilisée est la méthode en transmission en conformité avec la norme NFP 18-418. Les capteurs que sont l'émetteur et le récepteur de l'ultrason sont montés de part et d'autre des surfaces opposées de l'éprouvette selon l'axe longitudinal. Les surfaces lisses sont choisies pour le placement des capteurs. Un léger film de gel induit les deux surfaces parallèles pour assurer un bon contact entre les transducteurs et le béton. L'appareil calibré à l'indice 32.3 permet d'enregistrer le temps de transit de l'onde (figure 1). La vitesse du son dans le béton est calculée par le rapport de la longueur de l'éprouvette convertie en mètres sur le temps converti en seconde indiqué par l'appareil ultrasonore.

Figure 1 : calibrage de l'appareil ultrasonore

La résistance à la compression R_c en MPa, mesurée par cette méthode non destructive est déterminée par la formule suivante en fonction du module de déformation dynamique E_d donné en MPa [9]:

$$R_c = 16.7 * e^{\frac{E_d}{122500}} \qquad (1)$$

avec:

$$E_d = V^2 * \frac{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}{(1-\nu)} \qquad (2)$$

V représente la vitesse du son en km/s.
ν est le coefficient de Poisson pris dans notre cas égal à 0.2 pour le béton confectionné.
ρ est la densité du béton en kg/m^3 prise égale à la moyenne calculée sur toutes les éprouvettes dont le volume a été mesuré et le poids pesé sur une balance électronique.

Pour les essais d'écrasement, une presse hydraulique de capacité 500 KN a servi à l'enregistrement de la force de rupture. La manipulation a été conduite selon la norme NF P 18- 406. Les éprouvettes ont été placées de façon à être parfaitement centrées entre les plateaux de la presse de compression comme l'illustre la figure 2. Le plateau supérieur est mobile de telle sorte à épouser la surface de l'échantillon. L'essai est conduit jusqu'à la ruine totale de l'éprouvette à une vitesse lente et constante.

Figure 2 : essai d'écrasement sur une presse hydraulique de compression

La résistance à la compression R_c est calculée par la formule classique de la résistance des matériaux : $R_c = F/S$ où F et S représentent respectivement la valeur de la force relevée au moment de la rupture de l'éprouvette sur le cadran de la presse et la section transversale de l'échantillon.

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Valeurs mesurées

Le tableau 2 rassemble les valeurs moyennes des résistances mesurées par les deux méthodes, à savoir la méthode par l'ultrason et celle par écrasement en compression, ainsi que la mesure de la dispersion par les calculs de l'écart type et du coefficient de variation exprimé en pourcentage. Les valeurs mesurées par les deux techniques se caractérisent par une dispersion. Celle-ci est une caractéristique des bétons et des matériaux granulaires. Il est clair que le caractère hétérogène du béton reste la principale cause de ce facteur handicapant. Par ailleurs, il est à signaler que les corps d'épreuve possèdent rarement des caractéristiques comparables. En effet, d'une éprouvette à une autre, la densité spatiale des différents constituants (sable, gravier, ciment hydraté), leur grosseur, leur orientation, leur distribution, la distribution des microfissures et des porosités pré-existantes, ainsi que la densité de ces défauts ne sont pas les mêmes. Chaque éprouvette peut, par conséquent, constituer en elle-même un matériau différent. L'ordre de grandeur des coefficients de variation pour les différents types d'éprouvettes ne dépasse pas 4.70% ce qui est acceptable. Cet ordre de grandeur rentre en général dans la plage tolérée pour les bétons de chantier.

Tableau 2 : Valeurs moyennes de la résistance à la compression mesurée par les deux méthodes, des écarts-types entre parenthèses et des coefficients de variations en pourcentage.

Eprouvettes	Valeur moyenne de la résistance mesurée par la méthode non destructive (ultrason) et écart-type en (MPA)	Coefficient de variation	Valeur moyenne de la résistance mesurée par la méthode destructive (écrasement) et écart-type en (MPA)	Coefficient de variation
cube (10x10x10)	29.5 ± (0.97)	3.28%	33 ± (1.09)	3.30%
cube (15x15x15)	28.5 ± (0.35)	1.23%	30 ± (1.41)	4.70%
cube (20x20x20)	27 ± (1)	3.7%	28.5 ± (1.2)	4.2 %
prisme (10x10x15)	26 ± (1)	3.85%	28.3 ± (0.58)	2.04%
prisme (10x10x20)	25.5 ± (0.5)	1.96%	27.5 ± (0.87)	3.16%
prisme (10x10x30)	25 ± (1)	4.00%	26.3 ± (0.76)	2.88%
cylindre (11x22)	25.5 ± (0.5)	1.96%	26.5 ± (0.5)	1.88%
cylindre (16x32)	25 ± (0.8)	3.2%	25.5 ± (1)	3.9%

Ces résultats sont montrés sur l'histogramme de la figure 3. Comme on peut le remarquer, il n'y a pas de différence significative entre les valeurs des résistances mesurées par la méthode destructive et celles mesurées par la méthode non destructive.

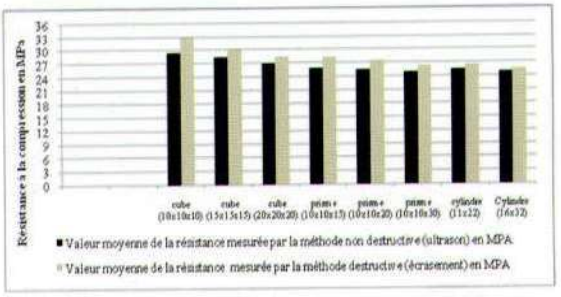

Figure 3 : comparaison entre la résistance mesurée par la méthode non destructive et celle mesurée par la méthode destructive pour l'ensemble de toutes les éprouvettes.

Les rapports entre les résistances montrées ne sont pas importants et ne dépassent pas la valeur de 1,2. Il apparaît que la résistance mesurée par la méthode destructive est légèrement supérieure à celle mesurée par la méthode non destructive. Toutefois, ce léger écart n'est pas significatif. Les mesures obtenues lors des contrôles par ultrason sont raisonnables et satisfaisantes et sont par conséquent acceptables par les organismes de

contrôle Algériens tel que les CTC. Ces mesures constituent ainsi une justification de la qualité des bétons permettant de contourner les résultats obtenus par écrasement sur des éprouvettes de béton qui n'ont pas souvent une crédibilité apparente suite aux prélèvements des échantillons qui ne sont pas réalisés par les organismes de contrôles et de suivis.

3.2. Effet d'arête et de diamètre

La figure 4 montre la variation de la résistance à la compression mesurée par les deux méthodes avec l'arête du cube. La résistance à la compression mesurée par les deux méthodes destructive et non-destructive sur les cubes de différentes dimensions d'arêtes montre dans les deux cas de figure une réduction croissante avec l'augmentation de la dimension de l'arête et ceci à élancement égal. Ce phénomène dans le cas de l'écrasement est attribué à l'effet de frettage sur les plateaux de la presse connu par les expérimentateurs et qui est dû au frottement à l'interface de contact qui est d'autant plus petit que la section est grande [3-10]. De ce fait, le frettage devient moins important d'autant que la surface l'est aussi. Il faut noter aussi que l'effet de gaine dû en partie à la non planéité parfaite des surfaces en contact réduit la surface non chargée ce qui engendre des résistances réduites lorsque l'arête augmente. Il est évident que le phénomène de frettage induit permet à l'éprouvette en essai d'encaisser des chargements relativement plus importants par rapport à ceux qu'elle aurait pu supporter dans le cas général lorsque par exemple il y a graissage des zones de jonction plateaux de la presse/échantillon testé.

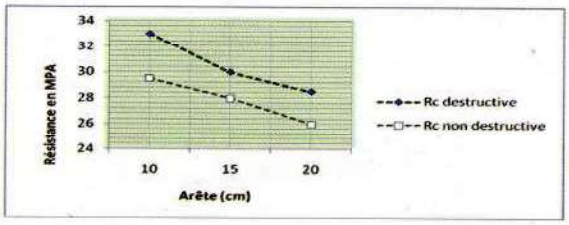

Figure 4: résistance à la compression mesurée par les deux méthodes destructive et non destructive en fonction de l'arête du cube.

Dans le cas des éprouvettes cylindriques 11*22 et 16*32, cette même tendance se dessine quant à la diminution de la résistance, mais n'est plus significative étant donné que l'effet du frettage devient moins important dans la zone de rupture qui se trouve au centre de l'éprouvette. L'histogramme de la figure 5 montre cette variation de la résistance du béton mesurée par les deux méthodes avec le diamètre du cylindre pour un même élancement égal à 2.

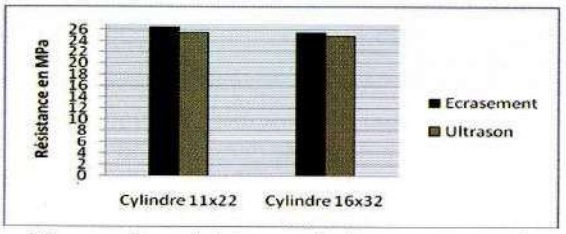

Figure 5 : résistance à la compression mesurée par les deux méthodes destructive et non destructive en fonction du diamètre du cylindre.

3.3. Facteurs de conversion

En général, des facteurs de conversion établis par l'ISO qui adopte des coefficients pour relier les résistances mesurées sur des éprouvettes de dimensions et formes différentes sont utilisés. Le cube de 15 cm d'arête et le cylindre 16x32 cm sont pris comme les étalons d'éprouvettes de référence de résistance $R_{réf}$ [3-4]. Cette résistance référence est alors donnée par l'équation:

$$R_{réf} = \frac{R_{eprouvette}}{\varphi_{forme}} \qquad (3)$$

$R_{éprouvette}$ et φ_{forme} sont respectivement la résistance mesurée à la compression de l'éprouvette considérée et le coefficient de conversion de forme relatif. Les tableaux 3 et 4 regroupent les valeurs mesurées des résistances à la compression par la méthode destructive sur les cubes de différentes dimensions et sur les cylindres, les coefficients de conversion ainsi que la résistance référence calculée.

Tableau 3 : résistances à la compression mesurées par la méthode destructive sur les cubes, coefficients de conversion et résistance référence calculée.

arête du cube (cm)	10	15	20
φ cube	1,10	1.00	0,95
R_c mesurée (MPa)	33	30	28,5
$R_{réf}$ (MPa)	30	30	30

Tableau 4: résistance à la compression mesurée par la méthode destructive sur les cylindres,
coefficient de conversion et résistance référence calculée.

cylindre d/2d (cm)	11/22	16/32
φ cylindre	1.04	1.00
R_c mesurée (MPA)	26.5	25.5
$R_{epr\ référence}$ (MPA)	25.5	25.5

Comme on peut le constater, les valeurs calculées de référence son très proches des valeurs mesurées dans les deux cas. Ainsi, les coefficients de conversion rendent bien compte de l'effet d'arête et de diamètre.

3.4. Effet de l'élancement

La figure 6 montre la variation de la résistance à la compression mesurée par les deux méthodes en fonction de l'élancement des éprouvettes à base égale.

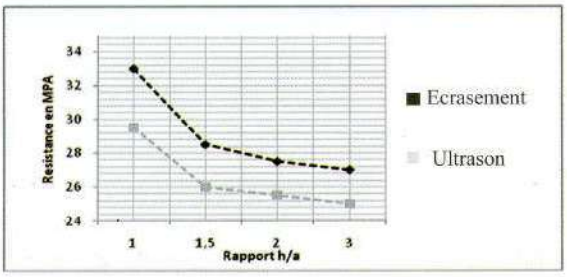

Figure 6 : variation de la résistance à la compression en fonction du rapport h/a.

La résistance à la compression diminue rapidement avec l'augmentation du rapport h/a puis lentement à partir de h/a=2 pour se stabiliser par la suite. Il a été mis en évidence que l'influence du frottement entre les plateaux de la presse et la base cubique des prismes dans le cas des essais d'écrasement en compression axiale diminue avec l'augmentation de la hauteur h comme il a été rapporté dans différentes études sur le béton ou les matériaux granulaires [3-10-11]. Par ailleurs, un effet de taille et de volume peut aussi être à l'origine de ce comportement comme le rapportent de nombreuses études statistiques probabilistes sur les matériaux hétérogènes [12-13]. En effet, la probabilité de trouver des défauts et des microfissures critiques ainsi que des espaces volumiques ou surfaciques denses en zones endommagées est plus importante dans un grand volume que dans un petit.

Concernant l'évolution des résistances mesurées par ultrason, il serait certainement intéressant de confirmer les mesures sur le cube d'arête 10 cm (élancement 10 cm) par un grand nombre d'essais suffisant. En effet, pour une géométrie cubique de 10 cm d'arête, la dimension réduite de la distance parcourue par l'ultrason peut probablement influer de façon significative sur la vitesse du son et par conséquent sur la résistance R_c qui en est dépendante. Enfin, il est à signaler à titre indicatif que le prisme reste l'éprouvette réglementairement utilisée en Allemagne.

3.5. Effet de forme de l'éprouvette

L'histogramme de la figure 7 montre les résistances à la compression mesurées par écrasement pour les différentes géométries utilisées. Le cylindre comme forme géométrique donne des valeurs de résistance à la compression légèrement inférieures par rapport à celles mesurées sur le prisme ou sur le cube.

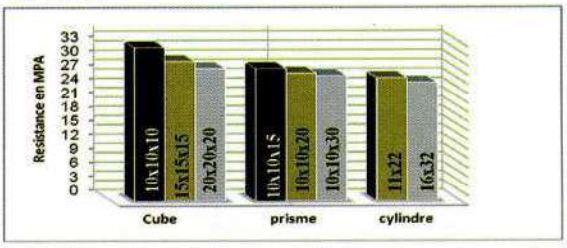

Figure 7 : résistance à la compression des éprouvettes de différentes géométries.

Le rapport de la résistance mesurée sur le cylindre 16x32 sur la résistance mesurée sur le cube de 20 cm d'arête varie de 0.7 à 0.9

selon les résultats de la littérature donnés par différentes formules empiriques [10-11]. Ces résultats sont tirés d'une grande investigation basée sur de nombreuses enquêtes internationales auprès de laboratoires de nombreux pays travaillant dans ce domaine effectués par la RILEM. Le comité Européen du béton estime à 0.83 une moyenne admissible de ce rapport [3-4-10]. Dans notre cas ce rapport est évalué à 0.89. Il semble ainsi que les différentes formules empiriques rendent bien compte des résultats de mesure en adoptant des coefficients pour relier les résistances trouvées sur des éprouvettes de formes différentes [10].

Une relation qui relie les résistances des éprouvettes selon leurs dimensions et telle que spécifiée par la littérature, permet d'estimer la résistance à la compression R_{Cx} d'une éprouvette par rapport à la résistance sur cube d'arête 200 mm R_{Cu200} . Elle est donnée par la relation suivante :

$$\frac{R_{Cx}}{R_{Cu200}} = 0.65 + \frac{0.7}{\left(1+\frac{\sqrt{A}}{200}\right)*\left(\frac{h}{A}\right)*1.05} \qquad (4)$$

A et h représentent respectivement la section et la hauteur de l'éprouvette considérée. La relation peut aussi être adaptée aux cas des autres cubes traités d'arêtes 10 cm et 15 cm.
Les calculs des rapports des résistances de l'ensemble des spécimens cubiques par rapport à la résistance de référence sur les cylindres 16*32 (R_{C16}) sont rassemblés dans le tableau 5.

Tableau 5 : coefficients correcteurs de forme par rapport à l'éprouvette de référence 16*32

éprouvette	Cube 10	Cube 15	Cube 20	Cylindre 11*22
$C_{oef.}$ expérimental	0.77	0.85	0.89	0.96
$C_{oef.}$ calculé	0.80	0.85	0.90	1.00

Ces rapports ainsi que ceux similaires expérimentaux et théoriques obtenus sur les cylindres 11*22 (R_{C11}) sont présentés sur la figure 8.

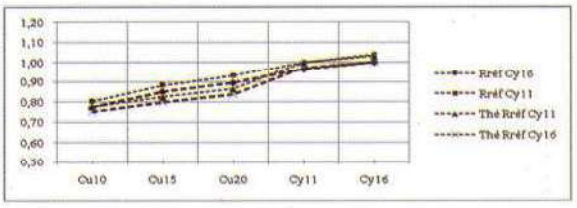

Figure 8 : rapport des résistances par rapport aux résistances de références obtenues expérimentalement et théoriquement.

Il est nettement visible que l'expérimentation montre une légère différence qui en général permet d'apprécier les résistances en compression sur n'importe quelle éprouvette en tenant compte d'une correction en fonction de la forme de ces éprouvettes par rapport à la résistance de référence sur le cylindre 16*32.
Pour le cylindre 11*22, le facteur est considéré dans la section de calcul prise égale à 100 cm² alors qu'en réalité elle n'est que de 96 cm². De ce fait, la correction est déjà établie par rapport au cylindre de référence 16*32.

3.6. Modes de rupture en compression

- Cas du cube :

Les photos de la figure 9 montrent un exemple du mode de rupture des éprouvettes cubiques. Il est observé une rupture selon des plans obliques avec la formation de deux pyramides tronquées et opposées par la petite base. Ce mode de rupture reste conditionné par les forces de frottement qui se développent entre les faces de l'éprouvette et les plateaux de la presse. Ces forces de frottement sont dirigées à l'intérieur du cube et freinent par conséquent l'évolution des déformations transversales du béton. L'influence de ces forces de frottement diminue avec la hauteur et c'est pour cette raison qu'après destruction, le cube reçoit la forme de deux pyramides tronquées par leur petite base.

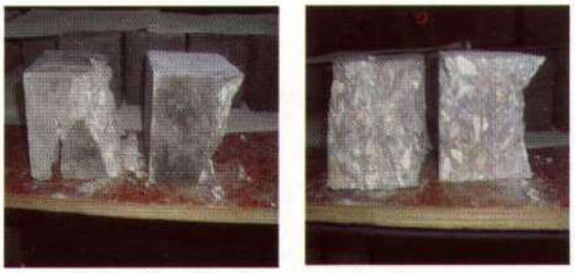

Figure 9: mode de rupture du cube

Ce mode de rupture pyramidal est clairement schématisé sur la figure 10.

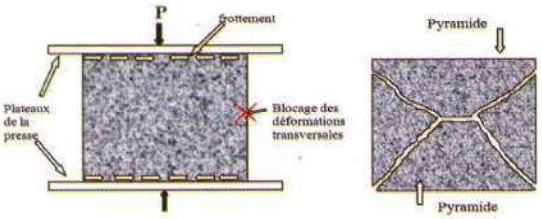

Figure 10 : mode de rupture pyramidal du cube.

- Cas du prisme

Les photos de la figure 11 montrent des exemples du mode de rupture du prisme. Des ruptures avec des plans de fissures parallèles à l'axe de l'effort sont observées. C'est l'exemple type de la rupture de compression. Ainsi, en allongeant l'éprouvette parallélement à l'effort de compression, on obtient dans sa partie centrale une zone de sollicitation homogène, soustraite aux effets des condition d'appuis, ce qui laisse le prisme se déformer librement dans sa partie centrale avec l'augmentation de l'effort de compression.

Figure 11: mode de rupture des prismes

- Cas du cylindre :

Les photos de la figure 12 montrent des exemples de rupture en compression du cylindre. Ce mode de rupture est similaire à celui observé sur le prisme. La rupture se caractérise par des plans de fissuration et de rupture qui se développent parallèlement à l'axe de l'effort de compression.

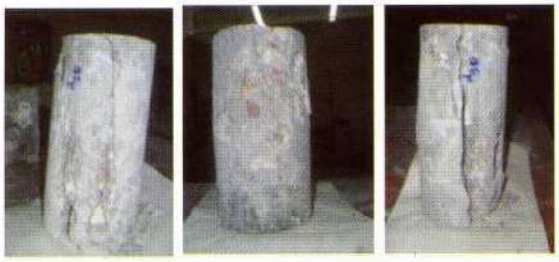

Figure 12: mode de rupture du cylindre

3. CONCLUSIONS

A la base de ce travail expérimental de recherche, les constatations suivantes peuvent être dégagées :

- les résultats des essais de mesure de la résistance à la compression du béton se caractérisent par une dispersion. Celle-ci est la conséquence du caractère hétérogène de ce matériau granulaire ainsi que de l'essai mécanique lui même.
- la résistance à la compression mesurée par la méthode destructive (écrasement) est très proche de celle mesurée par la méthode non destructive (ultra son) pour tous les échantillons testés et diminue avec l'augmentation de la section d'écrasement pour le cube et pour le cylindre.
- la résistance à la compression diminue avec l'élancement de l'éprouvette et se stabilise à partir du rapport hauteur/arête (h/a) = 2.
- les coefficients de conversion de forme et de géométrie aboutissent à des valeurs comparables à l'étalon.
- l'éprouvette cylindrique donne des valeurs de résistance inférieures à celles données par le prisme et par le cube.
- il semble ainsi que les différentes formules empiriques rendent bien compte des résultats de mesure en adoptant des coefficients pour relier les résistances trouvées sur des éprouvettes de formes différentes.
- les modes de rupture du béton différent d'une géométrie à l'autre. Ainsi, le cube se rompt selon des plans obliques et donne une rupture pyramidale. Le cylindre et le prisme donnent de véritables ruptures de compression avec des lignes de fissuration parallèles à l'effort de compression.

REFERENCES

[1] NF P18-400, Décembre 1981 Bétons - Moules pour éprouvettes cylindriques et prismatiques.

[2] EN 12390-1, Partie 1 : forme, dimensions et autres exigences relatives aux éprouvettes et aux moules.

[3] F. Chellali & B. Redjel, 2006, « Pratique des essais destructifs : l'essai d'écrasement du béton », Algérie-Equipement, N° 41, pp. 16-20.

[4] F. Gorisse, 1978, « essais et contrôle des bétons », ed. Eyrolles, Paris.

[5] E. I. Al-Sahawneh, 2013, «Size effect and strength correction factors for normal weight concrete specimens under uniaxial compression stress » Contemporary Engineering Sciences, Vol. 6, no. 2, pp. 57–68 Hikari Ltd.

[6] J. K. Kim & S. T. YI, 2002, «Application of size effect to compressive strength of concrete members » Sadhana, Vol. 27, Part 4, August 2002, pp. 467–484. © Printed in India

[7] H. Bouteldja & K. Bensmida, 2011, « La mesure de la résistance du béton à la compression par les méthodes destructive (écrasement) et non destructive (ultrason) » mémoire de fin de cycle Master 2 académique, option structures, département Génie Civil, Université de Annaba.

[8] G. Dreux, 1965, «Contribution à l'étude du comportement des éprouvettes en béton », Annales de ITBTP.

[9] R. Abdessamed, 2010, «Détection du degré d'endommagement du béton par ultrason », Mémoire de fin de cycle Master 2, option structures, Département Génie civil, Université de Annaba, promotion Juin 2010.

[10] B. Redjel, 2004 «Mécanique des matériaux » cours DEUA 3, Département Génie Civil, Université de Annaba.

[11] K. Boudjellal, 1994, «Caractérisation physico-mécanique et étude du comportement mécanique d'un iso-béton à base d'argile expansée » thèse de Magister, Institut de Génie Civil, Université de Annaba, 6 Juillet 1994.

[12] G. Fantozzi « Rupture des matériaux : 1ère et 2ème parties», Département Génie Physique Matériaux, Département Génie Mécanique Développement, 5ème année, INSA de Lyon, France.

[13] J. Lamon & N. Godin « Approche statistique probabiliste de l'endommagement et de la rupture des composites à matrice céramique » Revue des composites et des matériaux avancées, Volume 8, N° hors série/1998, pp. 23-50.