

Chapitre II : CARACTERISTIQUES DES BETONS CONCUS

II.1 - PREPARATION DES ECHANTILLONS

Le dosage du ciment utilisé pour les BETONS B1 est de 82 g et celui des BETONS B2 est de 164 g.

Afin de pouvoir comparer les résultats obtenus avec ceux donnés par les autres types de bétons déjà étudiés, il faut suivre les normes.

En effet, pour les essais mécaniques de compression ou de traction des bétons, la norme française **NF P 18 – 400** recommande que la hauteur **h** d'une éprouvette cylindrique doive être égale au double de son diamètre **d**.

$$\mathbf{h = 2d} \qquad \text{(II – 4)}$$

Concernant les essais que nous ferons, nous respecterons cette norme.

Mais en tenant compte des diamètres des éprouvettes déjà utilisées pour la recherche sur les bétons légers d'une part, de ceux des matériaux existants sur le marché pour la confection des moules pour les éprouvettes d'autre part, nous choisissons finalement les éprouvettes de dimensions :

$$\mathbf{d = 47 \text{ mm}}$$

$$\mathbf{h = 94 \text{ mm}}$$



Photo II.18 : Les éprouvettes avec $h = 2d = 94 \text{ mm}$

II.2 - DETERMINATION DES MASSES VOLUMIQUES

Dans le but de savoir si le nouveau matériau que nous avons conçu est effectivement un béton léger ou non, nous déterminerons expérimentalement sa masse volumique ρ qui est le rapport de la masse de l'éprouvette à son volume.

$$\rho = \frac{\text{masse}}{\text{volume}}$$

(II – 5)

Nous avons à étudier deux types de bétons à savoir les **BETONS B1** et les **BETONS B2**. Or chaque type comprend cinq variantes qui correspondent respectivement aux valeurs **0** , **1/10** ,**1/6** ,**1/3** ,**1/2** du rapport **M_{PET} / C**.

Le type d'essai à effectuer pour chaque variante se réalise sur **sept éprouvettes**. **Le résultat retenu est la moyenne des mesures obtenues**.

Les résultats des mesures sont donnés par les tableaux ci-après.

Remarque :

Pour la construction des courbes :

$$1/10 = 0,10$$

$$1/6 \sim 0,17$$

$$1/3 \sim 0,33$$

$$1/2 = 0,50$$

II.2.1 - Masse volumique des BETONS B1

Tableau II.14 : Masse volumique des BETONS B1

M_{PET} / C	0	1/10	1/6	1/3	1/2
ρ [Kg/m³] à 28 jours	1860	1770	1720	1660	1620

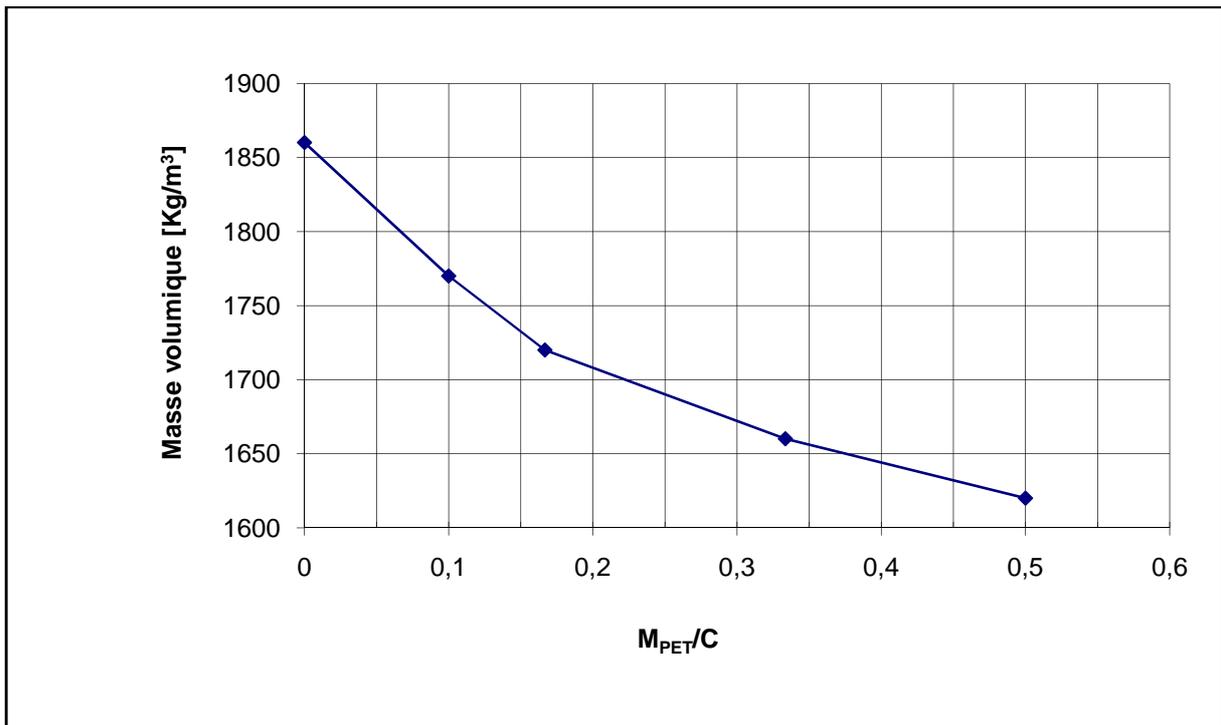


Figure II.4 : Masse volumique des BETONS B1 en fonction de M_{PET} / C

Interprétations

Cette figure montre bien que :

- *la masse volumique diminue au fur et à mesure que la quantité de PET dans le béton augmente*
- *les masses volumiques sont nettement **inférieures à 2000 Kg/m³***

II.2.2 - Masse volumique des BETONS B2

Tableau II.15 : Masse volumique des BETONS B2

M_{PET} / C	0	1/10	1/6	1/3	1/2
ρ [Kg/m ³] à 28 jours	2000	1990	1940	1900	1840

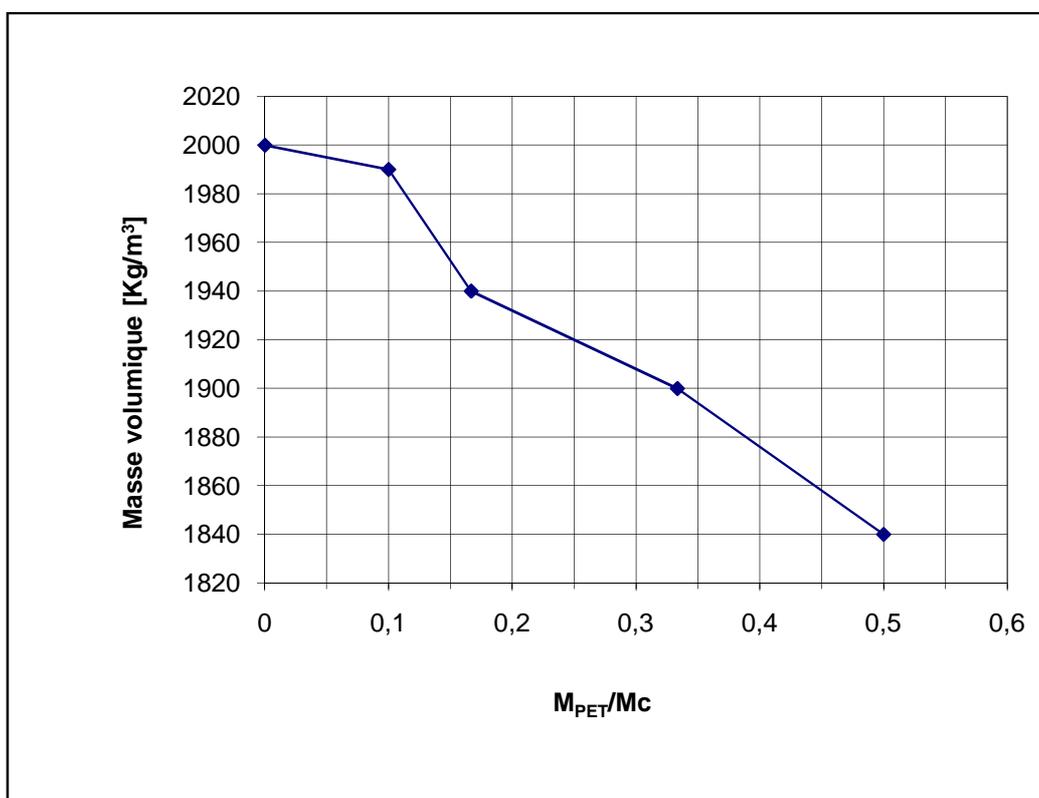


Figure II.5 : Masse volumique des BETONS B2 en fonction de M_{PET} / C

Interprétations

Cette figure indique également que :

- La masse volumique diminue si on augmente la quantité de PET dans le béton.
- Les masses volumiques sont **inférieures à 2000 Kg/m³**

CONCLUSION

Les masses volumiques des **BETONS B2** sont supérieures à celles des **BETONS B1**. Mais dans tous les cas, ces deux types de bétons ont des masses volumiques nettement inférieures à **2000 kg/m³**. Ce qui permet de dire que d'ores et déjà les **BETONS B1** et les **BETONS B2** sont **des bétons légers**.

II.3 - CARACTERISATION MECANIQUE

Les essais s'effectuent sur des éprouvettes cylindriques normalisées (Norme **NF P 18 – 400**) dont les hauteurs **h** et les diamètres **d** sont liées par la relation **h = 2d**.

Pour notre cas **d = 47 mm** et **h = 94 mm**.

II.3.1 – Résistance à la compression

La résistance à la compression **R_c** est une des principales caractéristiques mécaniques des bétons. Il est alors primordial de connaître les valeurs de cette caractéristique pour les deux types de bétons légers que nous étudions.

Pour déterminer cette résistance **R_c** nous avons à notre disposition une machine appelée « Machine d'essai universelle Wolpert TESTWELL ».



Photo II.19 : Machine d'essai universelle Wolpert TESTWELL

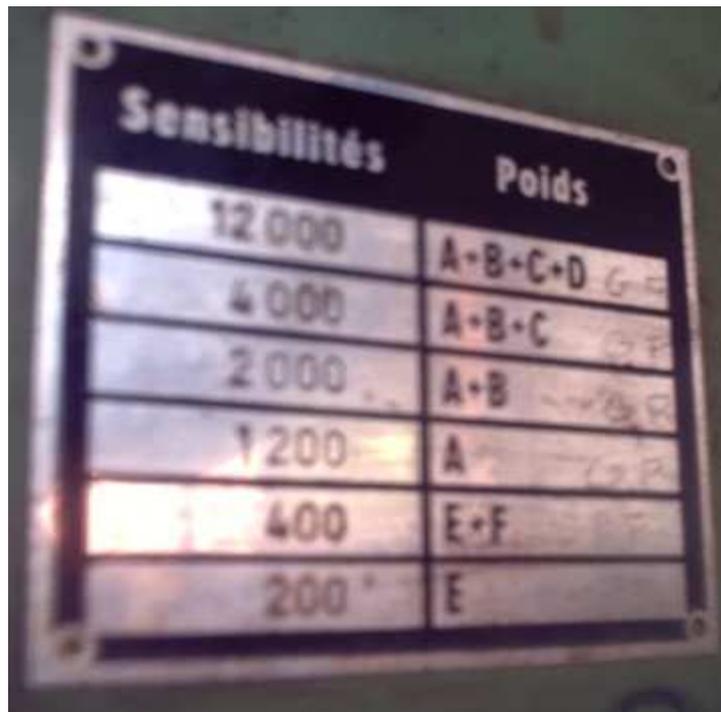
II.3.1.1 - Principe de l'essai

- Régler la sensibilité de la machine (4000daN pour notre cas, ce qui correspond au poids A+B+C).
- Placer les deux aiguilles sur la graduation « zéro » du cadran gradué en daN (une division correspond à 10daN).
- Poser l'éprouvette sur la table de la machine de telle façon que l'extrémité supérieure de cette éprouvette soit bien en face de la partie de la machine transmettant la charge de compression.
- Mettre en marche la machine.
- L'enclenchement d'un levier fait fonctionner un système hydraulique permettant à la machine de produire la force de compression s'appliquant lentement sur l'éprouvette jusqu'à la rupture de celle-ci qui marque la fin de l'essai.
- Remettre le levier à sa position initiale.
- Une aiguille du cadran indique la force F_c de rupture de l'éprouvette.

La résistance à la compression R_c se détermine par le rapport de la force F_c de rupture à la section S de l'éprouvette :

$$R_c = \frac{F_c}{S} \quad [MPa] \quad (\text{II} - 6)$$

Avec F_c en [N] et S en [mm²].



A photograph of a metal plate with two columns of text. The left column is titled 'Sensibilités' and the right column is titled 'Poids'. The rows list various weight sensitivities and their corresponding weight configurations.

Sensibilités	Poids
12 000	A-B-C+D G-F
4 000	A-B-C G-F
2 000	A-B G-F
1 200	A G-F
400	E-F
200	E

Photo II.20 : Sensibilités de la machine d'essai universelle Wolpert TESTWELL



Photo II.21 : Graduations du cadran



Photo II.22 : Aiguilles du cadran

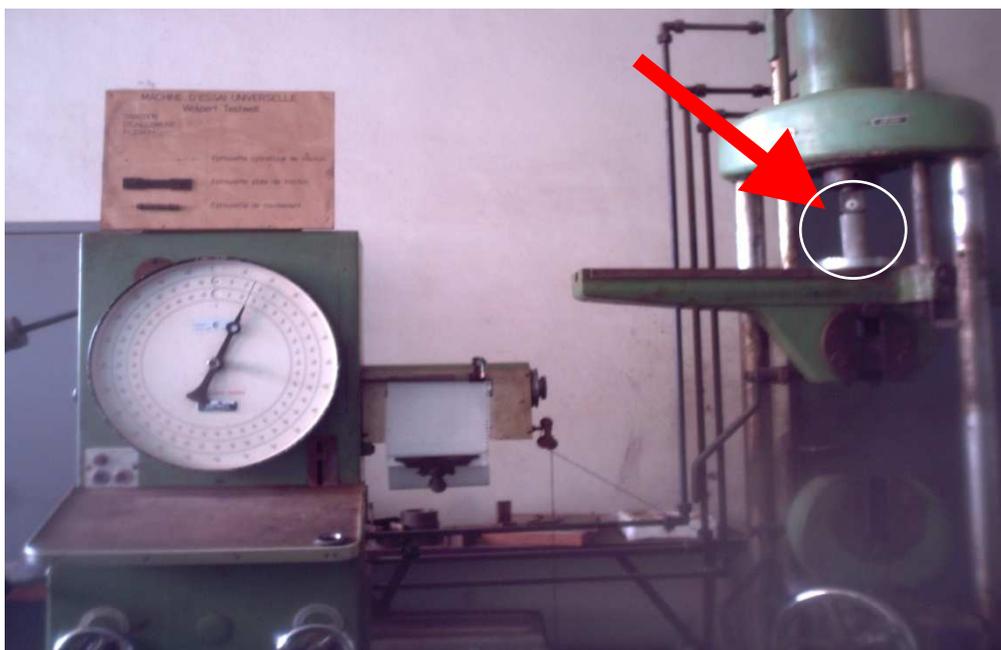


Photo II.23 : Montage de l'éprouvette sur la machine



Photo II.24 : Epreuve après un essai de compression

II.3.1.2 - Résultats des essais

Les éprouvettes utilisées sont à l'âge de 7 jours, 14 jours et 28 jours.

Le résultat retenu pour chaque variante est la moyenne des mesures obtenues sur sept éprouvettes.

Les tableaux et les courbes suivants présentent les résultats des essais réalisés.

1- Résistance à la compression des BETONS B1

Tableau II.16 : Résistance à la compression des BETONS B1

M_{PET} / C	0	1/10	1/6	1/3	1/2
R_c [MPa] à 7 jours	6,40	4,24	3,76	3,40	3,20
R_c [MPa] à 14 jours	7,20	4,77	4,23	4,05	3,60
R_c [MPa] à 28 jours	8,00	5,30	4,70	4,50	4,00

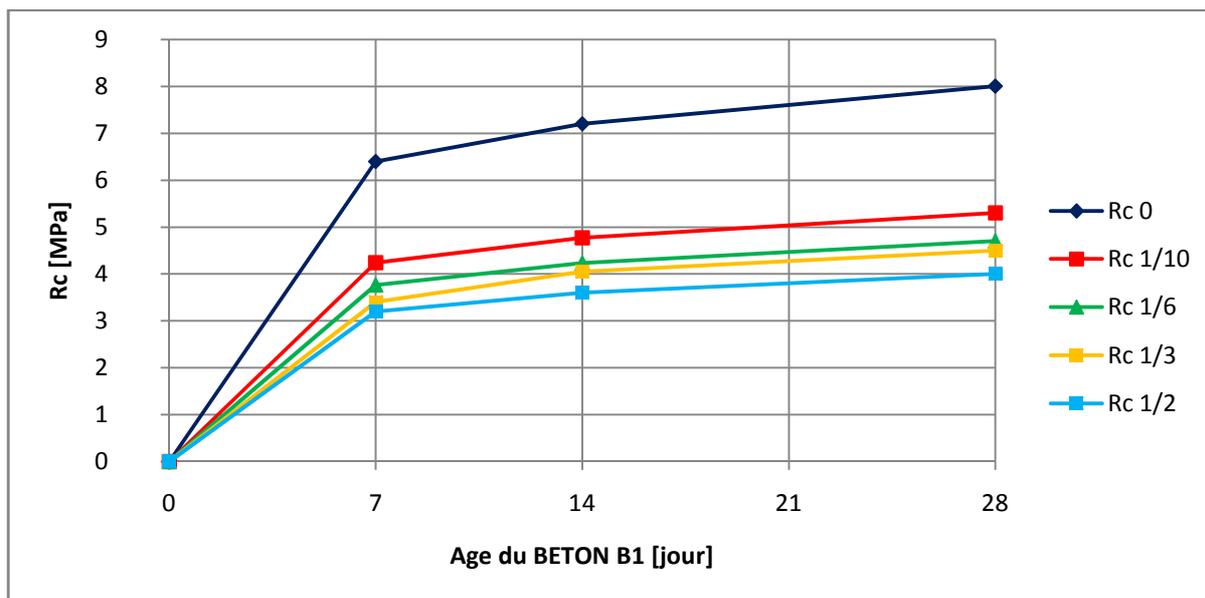


Figure II.6 : Résistance à la compression des BETONS B1 en fonction de l'âge

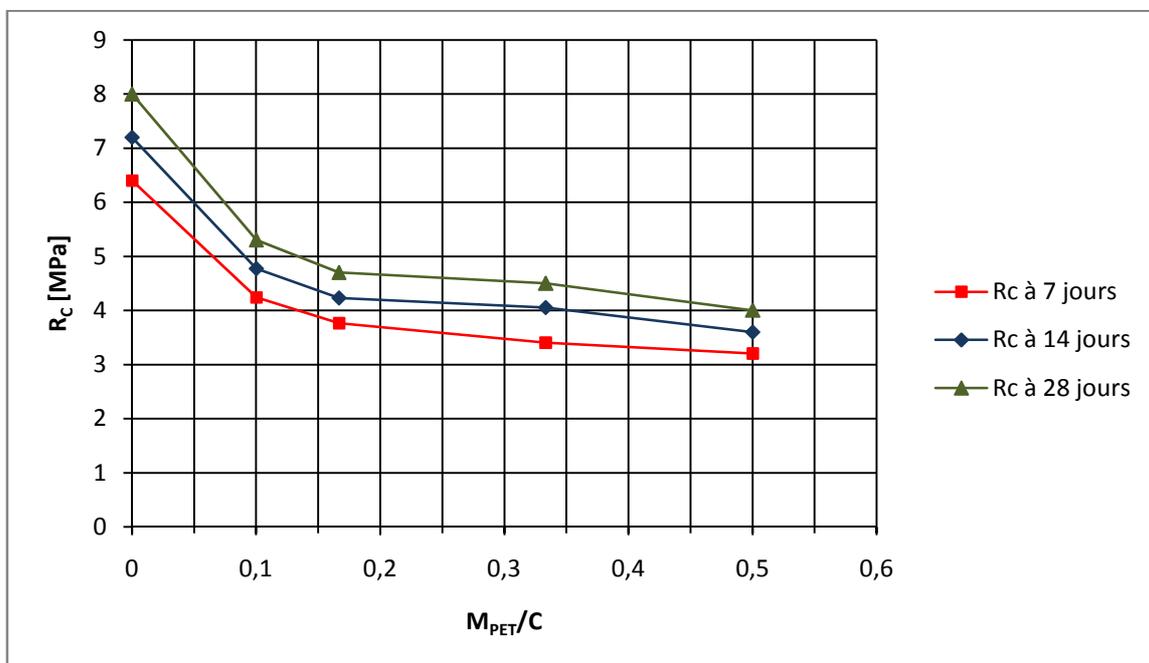


Figure II.7 : Résistance à la compression des BETONS B1 en fonction de M_{PET} / C

Interprétations

- Les résistances à la compression des BETONS B1 diminuent lorsqu'on augmente la quantité du **polyéthylène téréphtalate**. La baisse de cette résistance est très remarquable dès la présence de cette matière plastique. En effet, à l'âge de 28 jours, la valeur de R_c chute de **8 à 5,3 MPa** si une faible quantité de PET est introduite dans ce type de béton léger ($M_{PET} / C = 1/10$). (figure II.7)
- Une fois que le PET est présent dans le béton, la diminution de la résistance à la compression avec l'augmentation de la quantité de PET se fait lentement. Ce phénomène se fait sentir à partir du rapport $M_{PET} / C = 1/6$ (figure II.7)

2- Résistance à la compression des BETONS B2

Tableau II.17 : Résistance à la compression des BETONS B2

M_{PET} / C	0	1/10	1/6	1/3	1/2
R_c [MPa] à 7 jours	19,19	13,99	11,20	9,20	6,30
R_c [MPa] à 14 jours	21,59	15,74	12,59	10,34	7,19
R_c [MPa] à 28 jours	24,00	17,50	14,00	11,50	8,00

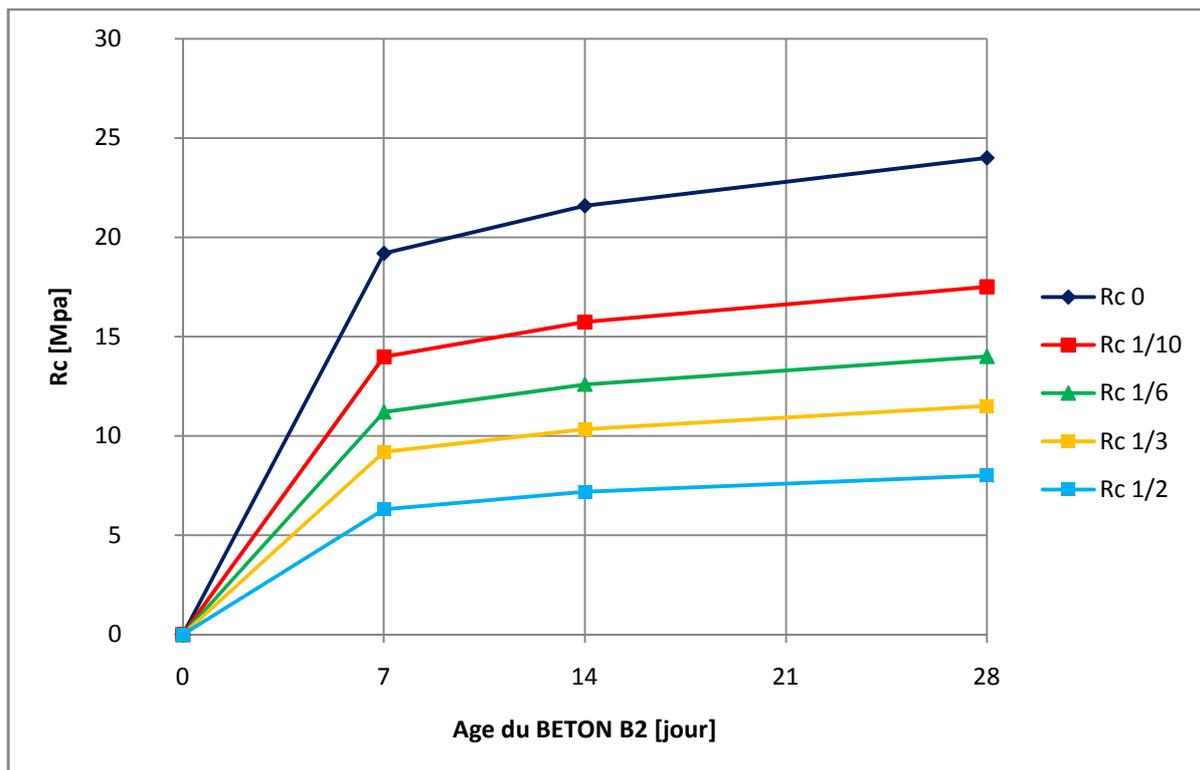


Figure II.8 : Résistance à la compression des BETONS B2 en fonction de l'âge

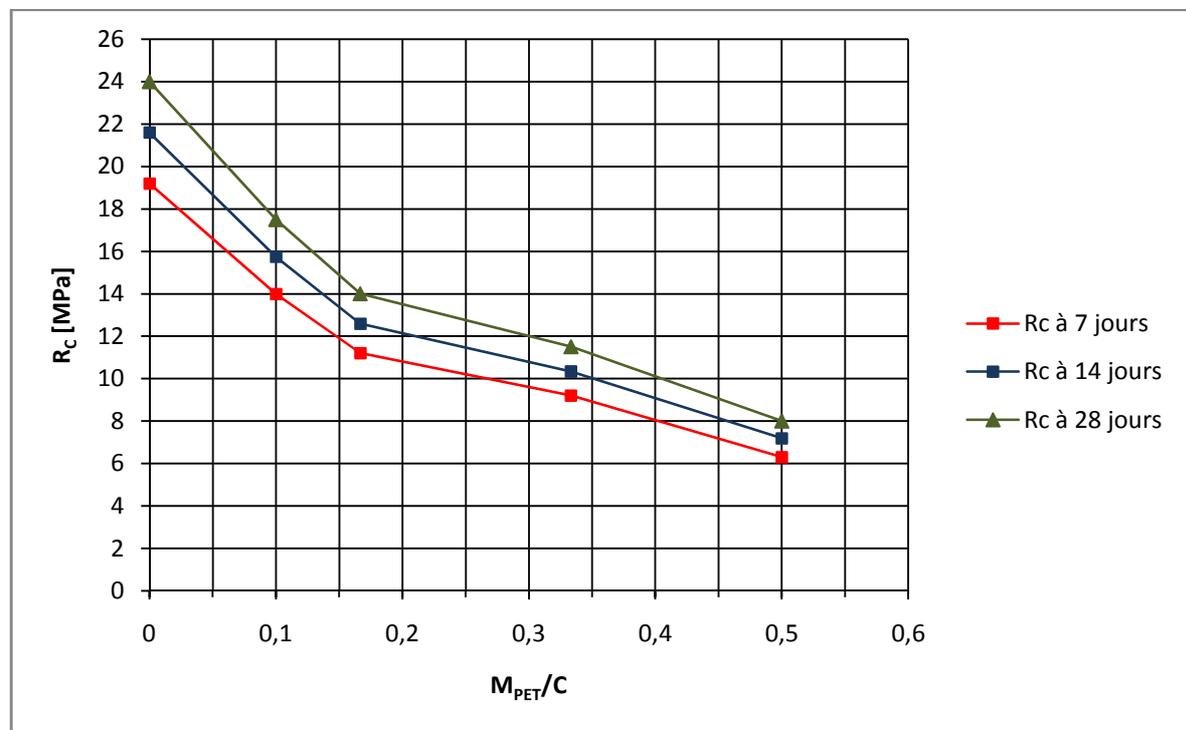


Figure II.9 : Résistance à la compression des BETONS B2 en fonction de M_{PET} / C

Interprétations

On peut constater également, comme le cas du béton étudié précédemment, la baisse de la résistance à la compression avec l'augmentation de la quantité du PET utilisée. La variation de la résistance à la compression des BETONS B2 est bien marquée lorsque cette quantité du polyéthylène téréphtalate change. (figure II.9)

Conclusion

L'existence du polyéthylène téréphtalate dans ces deux types de bétons légers fait diminuer la résistance à la compression des matériaux étudiés. Par ailleurs on peut remarquer que :

- *cette baisse de résistance est importante dès la présence de cette matière plastique dans ces types de bétons.*
- *les valeurs des mesures obtenues expérimentalement montrent bien que les BETONS B2 peuvent supporter des charges de compression plus élevées que les BETONS B1.*

Remarque

Après avoir effectué des essais sur des éprouvettes normalisées, nous en avons aussi fait sur quelques éprouvettes ne respectant pas la norme (**h=d=47 mm**).

Les essais ont été réalisés sur des éprouvettes des **BETONS B2** à l'âge de 28 jours. Le dosage du ciment utilisé pour les BETONS B1 est de 41 g et celui des BETONS B2 est de 82 g.



Photo II.25 : Epreuves $h = d = 47$ mm



Photo II.26 : Epreuves $h = d = 47$ mm et $h = 2d = 94$ mm

Les résultats de cette expérience figurent dans le tableau ci-dessous.

Tableau II.18 : Résistance à la compression des BETONS B2 ($h = d = 47$ mm)

M_{PET} / C	0	1/10	1/6	1/3	1/2
R_c [MPa] à 28 jours	21,00	12,50	11,70	10,30	7,30

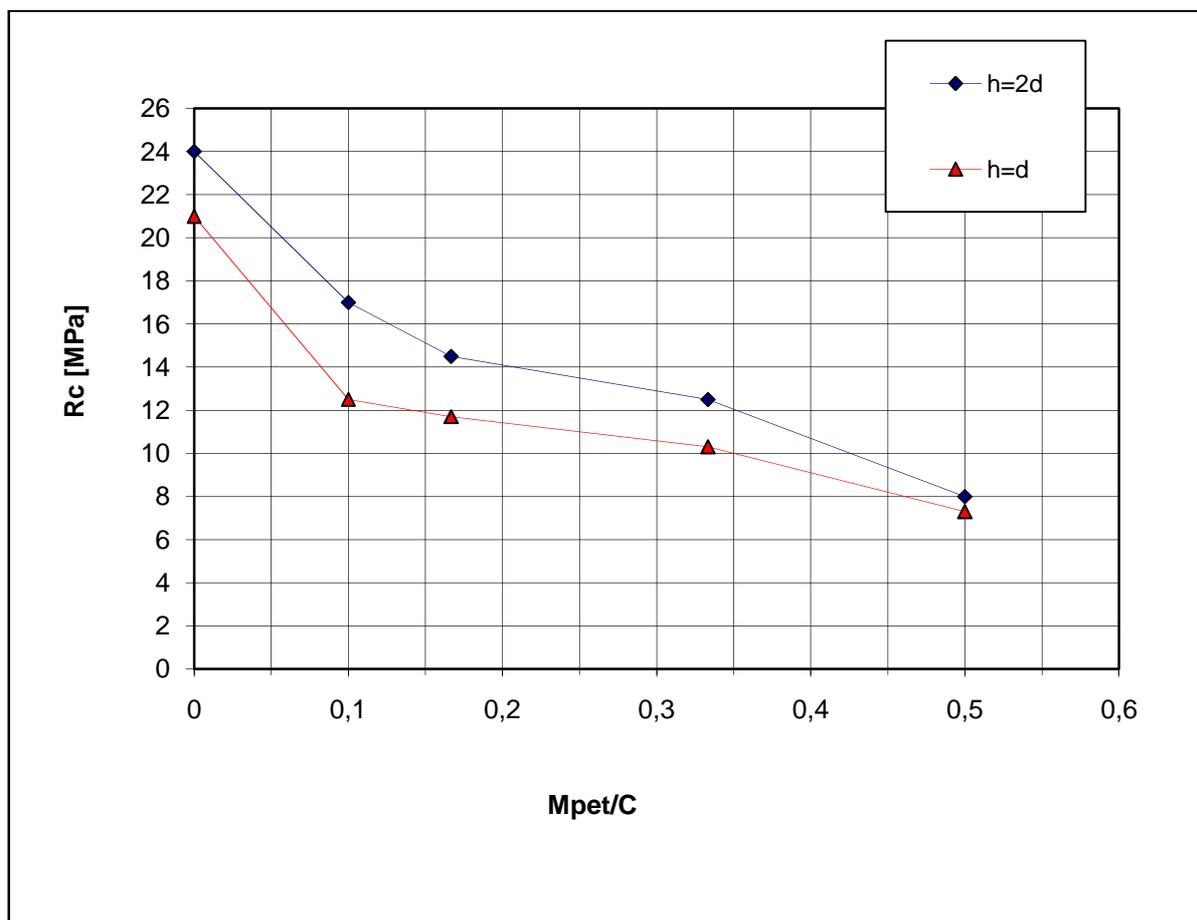


Figure II.10 : Résistance à la compression des BETONS B2 à 28 jours sur les éprouvettes $h = 2d = 94$ mm et $h = d = 47$ mm

Interprétations

La figure II.10 montre qu'il y a une différence entre les résultats obtenus sur des échantillons dont la hauteur h est le double du diamètre d et ceux donnés par les éprouvettes pour lesquelles $h = d$.

Conclusion

La différence de ces résultats nous permet de constater que le respect de la norme est indispensable.

II.3.2 - Résistance à la traction

Les résultats obtenus sont donnés par les courbes suivantes :

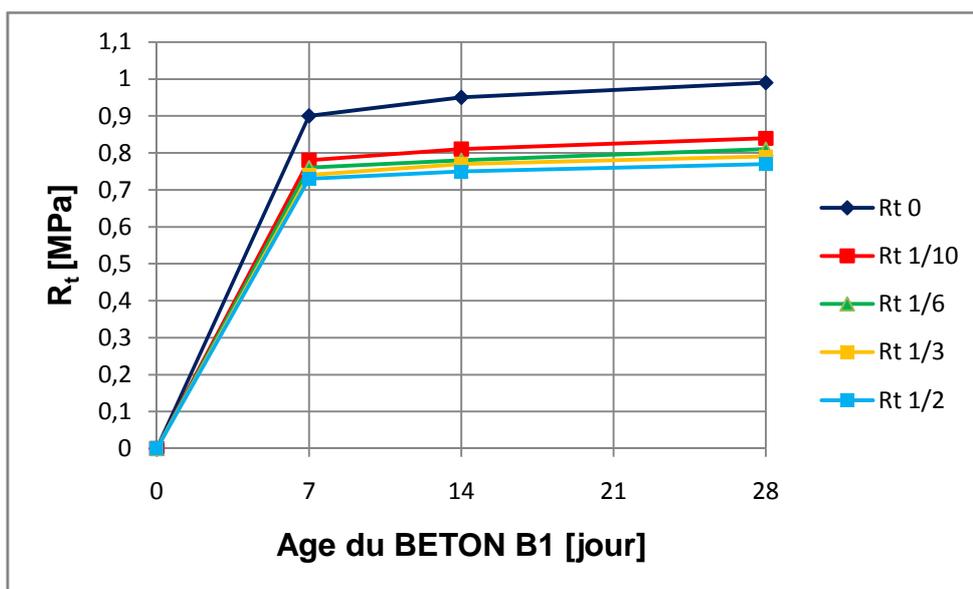


Figure II.11 : Résistance à la traction des BETONS B1 en fonction de l'âge

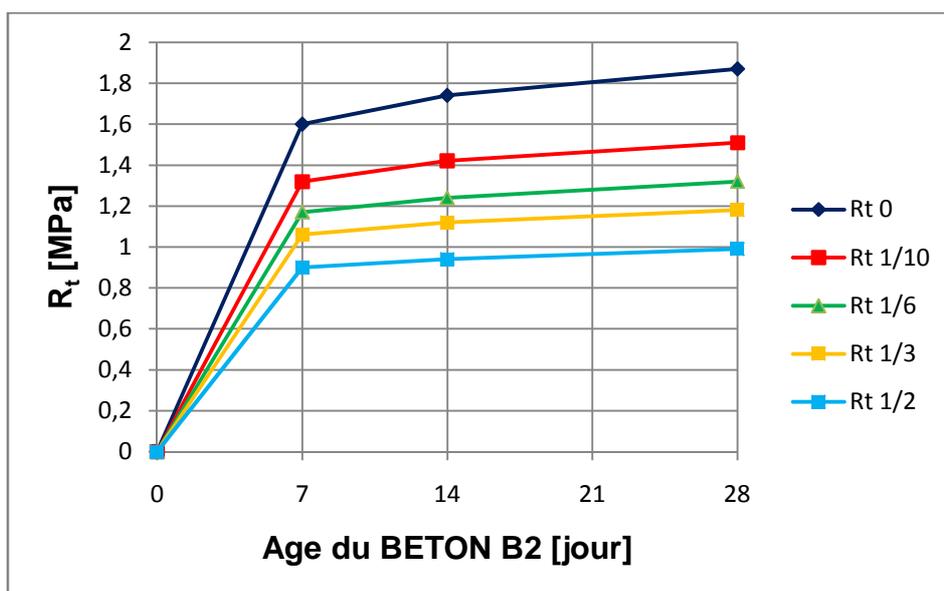


Figure II.12: Résistance à la traction des BETONS B2 en fonction de l'âge

Conclusion

Les remarques et les commentaires faits pour les résultats des essais de compression précédents sont aussi valables pour ceux de la résistance à la traction. Néanmoins, on constate que les valeurs de la résistance à la traction sont très faibles par rapport à celles de la résistance à la compression. Ce qui montre bien que les bétons légers que nous avons conçus résistent beaucoup mieux à la compression qu'à la traction.

II.3.3 - Module d'élasticité longitudinale instantanée

Le module d'élasticité longitudinale est aussi une des caractéristiques mécaniques d'un matériau. Les figures suivantes montrent les modules d'élasticité longitudinale des BETONS B1 ET BETONS B2.

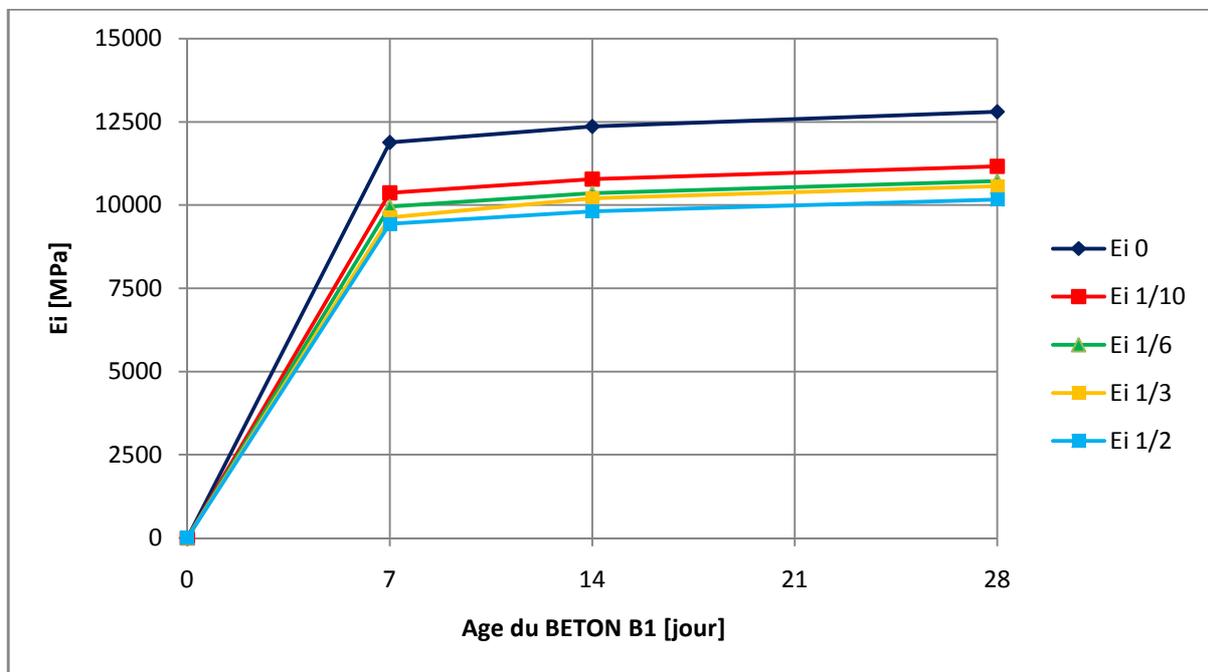


Figure II.13 : Module d'élasticité des BETONS B1 en fonction de l'âge

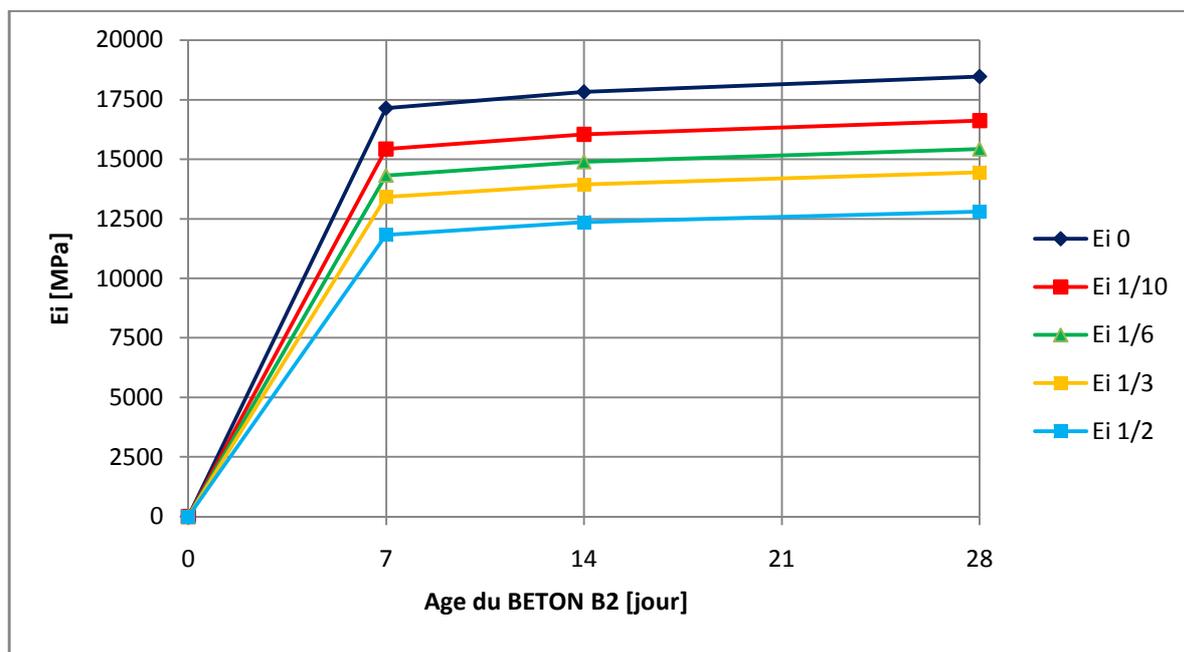


Figure II.14 : Module d'élasticité des BETONS B2 en fonction de l'âge

Interprétations

Pour les deux bétons étudiés, on peut constater que les BETONS B2 ont des modules d'élasticité supérieurs à ceux des BETONS B1.

II.3.4 - Propriétés acoustiques des BETONS B1 et BETONS B2

En acoustique du bâtiment, le bruit est une association complexe de sons de fréquences différentes. Il est défini comme sensation auditive désagréable.

L'oreille humaine perçoit les sons dont la fréquence varie de 20 Hz (sons graves) à 20 000 Hz (sons aigus).

La réduction des bruits se définit par l'indice d'affaiblissement acoustique caractérisant la performance d'une barrière acoustique (mur, cloison, ...). Cet indice, noté **R** et exprimé en décibel pondéré A (**dB(A)**), indique la proportion d'énergie sonore arrêtée par le matériau constituant cette barrière.

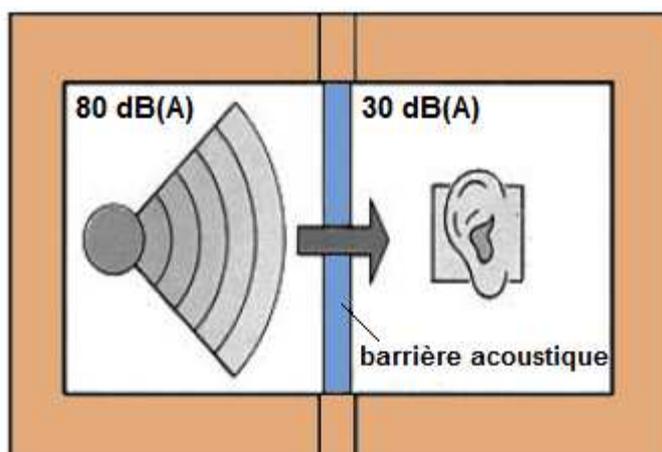


Photo II.27 : Exemple de valeur de R

Cette figure montre que si les niveaux sonores à l'émission et à la réception sont respectivement 80 dB(A) et 30 dB(A), l'indice d'affaiblissement acoustique est $R = 50$ dB(A).

Il est intéressant de connaître la propriété acoustique des bétons légers que nous avons étudiés. La variation des indices d'affaiblissement acoustique R de ces bétons avec les fréquences sonores et à $e = 20$ cm sont indiqués par les figures suivantes :

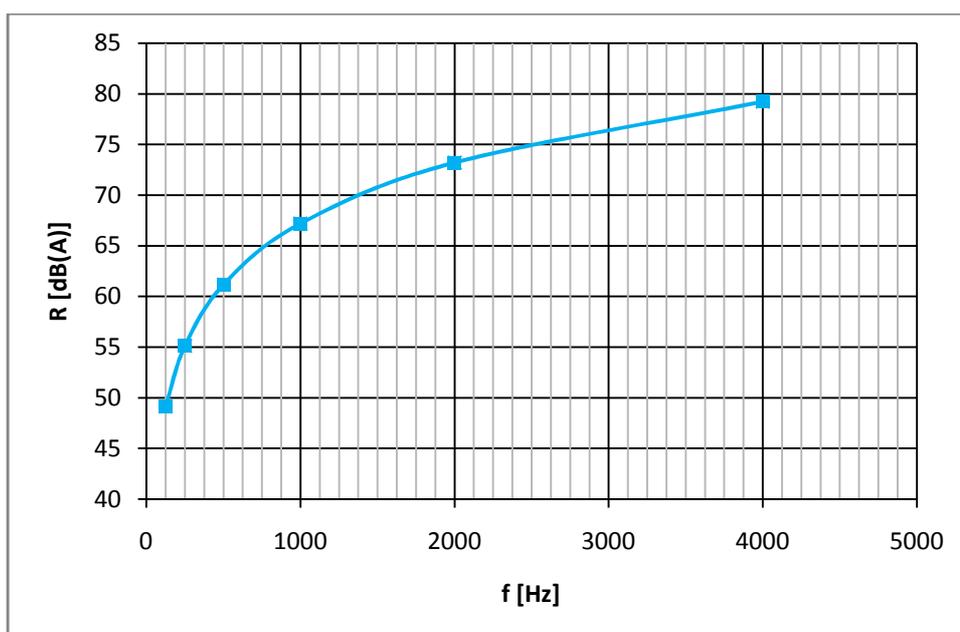


Figure II.20 : Indice d'affaiblissement acoustique des BETONS B1

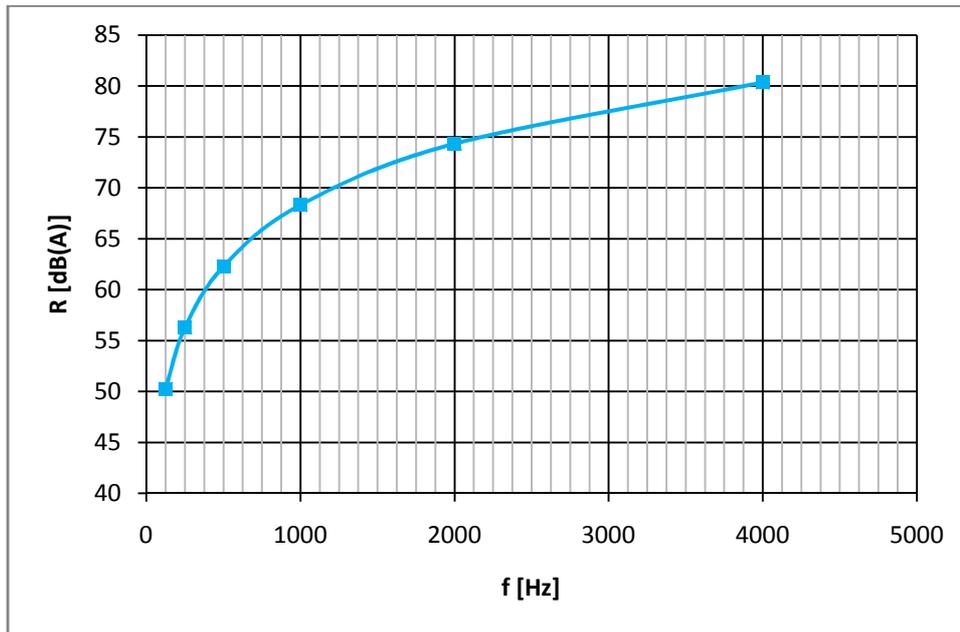


Figure II.21 : Indice d'affaiblissement acoustique des BETONS B2

Tableau II.19 : Indice d'affaiblissement acoustique R [dB(A)] de quelques bétons légers pour e = 20 cm

	ρ [kg/m ³]	Fréquence					
		125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Béton caverneux de schiste expansé	720	42,08	48,11	54,13	60,15	66,17	72,19
Béton plein d'argile expansée avec sable léger	1265	46,98	53,00	59,02	65,04	71,06	77,08
Béton plein de schiste expansé avec sable léger	1377	47,24	53,26	59,28	65,30	71,32	77,34
Béton plein de polystyrène expansé	1536	48,67	54,69	60,71	66,73	72,75	78,77
Béton plein d'argile expansée avec sable naturel	1640	49,23	55,26	61,20	67,30	73,32	79,34
béton plein de schiste expansé avec sable naturel	1760	49,85	55,87	61,89	67,91	73,93	79,95

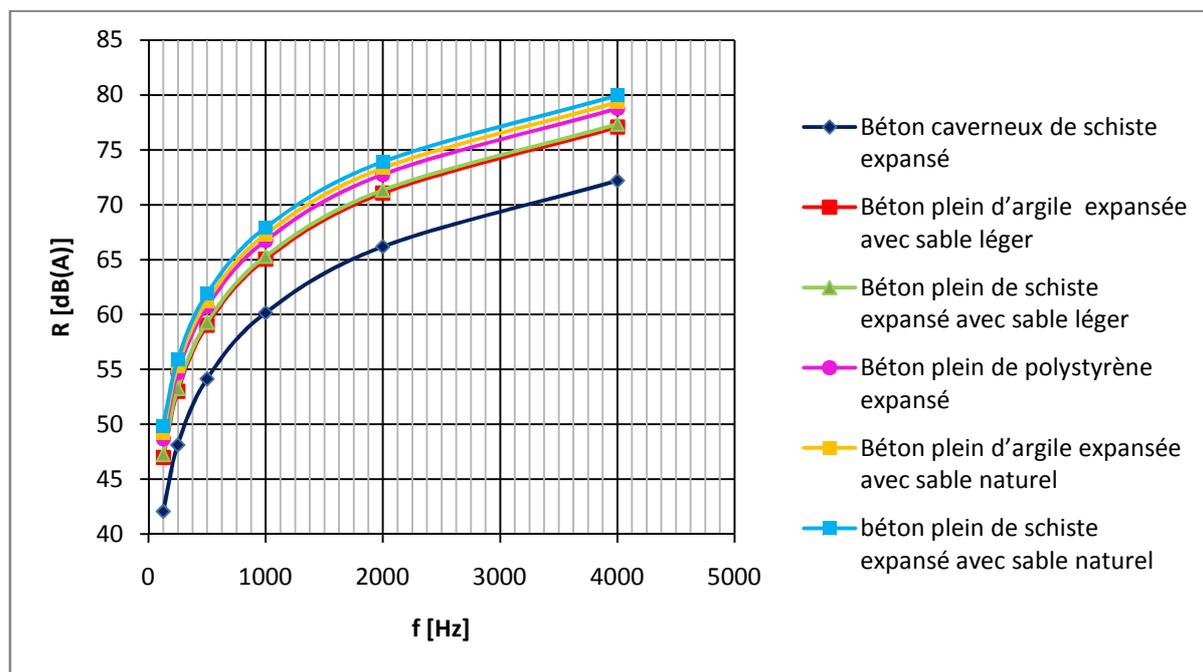


Figure II.22 : Indice d'affaiblissement acoustique de quelques bétons légers

Interprétations

- Les valeurs de R des BETONS B1 et des BETONS B2 montrent bien que ces deux types bétons légers peuvent être utilisés comme parois séparatives des pièces d'habitation d'un bâtiment pour réduire les bruits.
- Un BETON B2 a un pouvoir isolant acoustique supérieur à celui d'un BETON B1.
- Les deux bétons légers étudiés ont une bonne propriété acoustique par rapport aux bétons légers cités dans le tableau ci-dessus.
- L'indice d'affaiblissement acoustique des deux types de bétons étudiés augmente avec la fréquence de l'onde sonore.

TROISIEME PARTIE

**ETUDES ENVIRONNEMENTALE
ET
ECONOMIQUE**

Chapitre I : ETUDE ENVIRONNEMENTALE

Par définition, l'environnement est l'ensemble des milieux naturels et humains et des facteurs sociaux, économiques et culturels intéressant au développement national.

D'après la Directive de l'Etude d'Impacts Environnementaux, les objectifs du développement durable sont le maintien de l'intégrité écologique, l'amélioration de l'efficacité économique et de l'équité sociale dans le but d'obtenir le bien être de la population actuelle et celui des générations futures.

La protection de l'environnement est donc indispensable. C'est pour cette raison, qu'elle est actuellement l'une des principales préoccupations des pays du monde entier.

Par ailleurs nous constatons que l'époque où nous vivons est la période de l'usage des produits en plastique dans presque tous les domaines. Mais ces plastiques peuvent avoir des impacts environnementaux négatifs si on ne prend pas des mesures adéquates.

En effet, les matières plastiques (sacs en plastique, bouteilles en plastique, etc....) jetées dans les décharges publiques après utilisation dans la vie quotidienne font partie des matériaux qui polluent cette planète Terre car ces plastiques ne sont pas biodégradables naturellement.

Pour réduire la pollution due à ces matériaux afin de préserver la nature, il faut limiter autant que possible la production des produits en matières plastiques et prévoir des méthodes de recyclage appropriées.

L'une des méthodes de recyclage de ces matières plastiques en particulier le **polyéthylène téréphtalate (PET)** que nous avons proposée est la réutilisation de ce type de matériaux pour la fabrication des bétons légers.



Photo III.1 : Pollution de l'environnement par les bouteilles en PET

Chapitre II : ETUDE ECONOMIQUE

Nous venons de découvrir deux types de bétons légers dont le **polyéthylène téréphtalate (PET)** est un des constituants.

Après avoir tenu compte des prix actuels des éléments constitutifs de ces matériaux nous avons estimé le prix de revient de chaque type de béton précédent.

Selon la valeur du rapport M_{PET} / C , le prix de revient des **BETONS B1** varie de 170 000 à 250 000 Ar /m³ et celui des **BETONS B2** est évalué de 250 000 à 460 000 Ar /m³ (voir les tableaux ci-dessous). Ces prix ne tiennent pas compte des prix des bouteilles en PET qui sont considérées comme des déchets publics.

L'étude bibliographique permet de dire que par rapport aux prix actuels des bétons légers, les bétons que nous avons étudiés ont des prix abordables.

Du point de vue économique, la production d'une grande quantité de ces types de bétons légers que nous avons conçus sera possible si toutes les infrastructures sont mises en place. Et on pourra même envisager l'exportation des produits finis de ces nouveaux matériaux.

Tableau III.1 : Prix de 1m³ des BETONS B1

BETONS B1	PRIX DE REVIENT [Ariary]
M_{PET}/C = 0	250 000
M_{PET}/C = 1/10	230 000
M_{PET}/C = 1/6	220 000
M_{PET}/C = 1/3	200 000
M_{PET}/C = 1/2	170 000

Tableau III.2 : Prix de 1m³ des BETONS B2

BETONS B2	PRIX DE REVIENT [Ariary]
M_{PET}/C = 0	460 000
M_{PET}/C = 1/10	390 000
M_{PET}/C = 1/6	360 000
M_{PET}/C = 1/3	290 000
M_{PET}/C = 1/2	250 000