

## ***Chapitre III: Résultats expérimentaux et interprétations***

### **III. Résultats expérimentaux et interprétations**

#### **III.1.Introduction**

Dans ce chapitre, nous allons présenter l'analyse des différents résultats relatifs aux propriétés physico-mécaniques des bétons ordinaires à base des différents types des sables (Alluvionnaire – Calcaire) réalisés conformément aux méthodes décrites à la deuxième partie du chapitre II, ainsi l'influence des sables sur le comportement mécanique des bétons. De plus Ce chapitre est présenté aussi la caractérisation de la porosité ouverte de la zone du béton d'enrobage par l'utilisation de l'essai d'absorption capillaire et les liens existants entre la porosité ouverte caractérisée par l'absorption initiale de la zone du béton d'enrobage.

#### **III.2 résistance à la compression**

La résistance à la compression est exprimée par le pouvoir du béton à résister à la destruction sous l'action des contraintes dues à la charge de compression. Après séchage en étuve à 105°C jusqu'à masse constante. Un état sec selon la recommandation de .est tel que l'erreur relative entre deux pesées séparées de 24 heures après séchage en étuve à 105°C n'excède pas 1 %. Dans cette partie, il s'agit des essais de compression sur des éprouvettes cubiques de (10×10×10) cm<sup>3</sup>et cylindrique 11×22 cm<sup>3</sup>, chaque série comprend trois échantillons .

Les résultats obtenus de la résistance la compression à différents âges pour les différents bétons sont illustrés dans le tableau (III.1) et sur la Figure (III.1).

**Tableau (III.1) :** les résistances des bétons aux différents âges (cure 28j)

<b>Ages</b> <b>Bétons</b>	<b>7 j</b>	<b>14 j</b>	<b>28 j</b>	<b>60 j</b>	<b>90 j</b>
<b>Béton 1</b>	25.25	32.36	38.35	39.88	42.23
<b>Béton 2</b>	22.17	28.77	33.69	35.68	38.08

## Chapitre III: Résultats expérimentaux et interprétations

### III.2.1 Influence de l'âge et l'effet de type de sable sur l'évolution de la résistance de compression.

La figure (III.1) présentée l'évolution de la résistance à la compression des différents bétons en fonction de l'âge. D'après la figure III.1 on remarque que la résistance de compression des différents bétons augmente en fonction de l'âge. A titre d'exemple pour le béton Béton 1 à base de sable alluvionnaire, une augmentation d'ordre 10.17 % à l'âge 90j par rapport l'âge 28j ; Béton 2 une augmentation d'ordre 13.03 % à l'âge 90j par rapport à l'âge 28j. Ceci signifie que la durée de l'âge conduit à une augmentation de la résistance due à l'hydratation croissante du ciment. De plus Les résultats mis en évidence l'effet des différents types des sables sur la résistance à la compression du béton ordinaire, montrent que le Béton 1 à base de sable alluvionnaire ayant une meilleure résistance de compression plus grande par rapport au béton 2 à base de sable calcaire. A titre d'exemple pour l'âge 28 jours, le béton 1 ayant une résistance d'environ 12.15 % plus grande que le béton Béton 2.

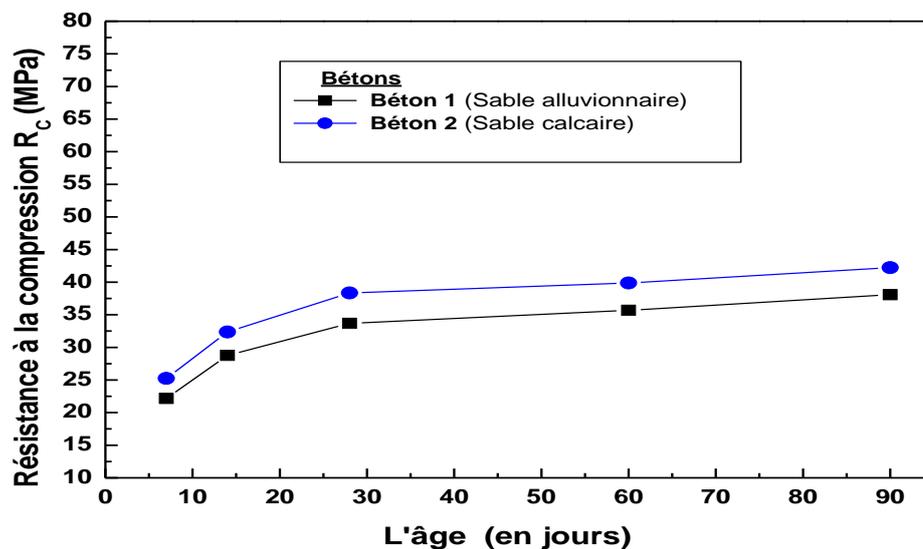


Figure III.1. 1. Influence de l'âge et l'effet de type de sable sur l'évolution de la résistance de compression.

## Chapitre III: Résultats expérimentaux et interprétations

### III.3 Absorption capillaire initial $A_{bi}$

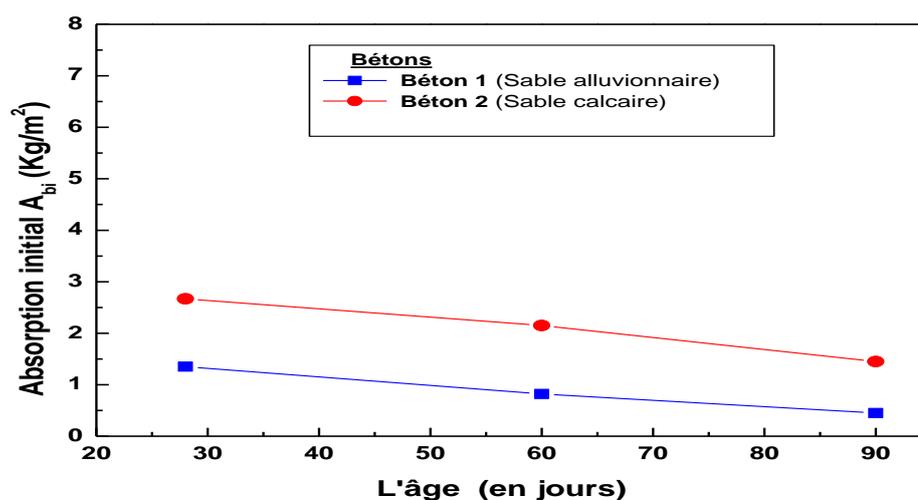
Dans le but d'étudier l'absorption d'eau initiale des bétons à différents âges 28, 60 et 90 jours, nous avons adopté un essai généralement appliqué à des terres cuites et des pierres calcaires NF P10-502. Chaque série comprend trois échantillons cubiques de  $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$  et trois échantillons cylindrique  $11 \times 22 \text{ cm}^3$  de côté. Une face d'about de l'échantillon est placée au contact d'une nappe d'eau à 01 cm de profondeur et la quantité d'eau absorbée est évaluée en mesurant la variation de masse de l'échantillon, la seule précaution à prendre consiste à éliminer la pellicule d'eau retenue à la face inférieure de l'échantillon, avant chaque pesée, à l'aide d'un papier absorbant. La quantité d'eau absorbée au bout d'une heure par unité de surface est retenue comme grandeur représentative de volume des plus gros capillaires présents dans la zone de peau, ces capillaires étant les plus efficaces.

Les faces latérales sont imperméabilisées à l'aide d'un film plastique (un ruban plastique adhésive) qui force l'eau à adopter un cheminement uni-axial et éviter l'évaporation par ces mêmes faces. La masse d'eau absorbée est déterminée par des pesées successives des éprouvettes. Les essais sont réalisés dans les conditions de laboratoire ( $T = 20 \pm 2^\circ\text{C}$  et  $\text{HR} = 45 \pm 10 \%$ ). Ce coefficient d'absorption d'eau initial après un temps de succion d'une heure sera noté  $A_{bi}$  ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1/2}$ ).

Les coefficients d'absorption d'eau initiale obtenue pour la totalité des échantillons sont résumés dans le tableau (III.2) et la figure (III.2)

**Tableau(III.2).** Coefficients d'absorption d'eau initiale  $A_{bi}$  pour la totalité des Echantillons

Ages Bétons	28 j	60 j	90 j
Béton 1	1.35	0.82	0.45
Béton 2	2.67	2.15	1.45



**Figure (III.2). Influence de l'âge et l'effet de type de sable sur l'absorption initiale  $A_{bi}$**

La figure (III.2) représente les résultats de l'absorption d'eau initiale  $A_{bi}$  pour des différents bétons élaborés à différents âges subis une cure dans l'eau pendant les jours 28, 60 et 90 jours. Ces résultats permettent de mettre en évidence l'effet bénéfique de l'âge sur l'atténuation de l'absorption d'eau pour effet de progresser les réactions d'hydratation qui conduisant au colmatage des capillaires existants, on remarque que l'absorption initiale d'eau des différents bétons diminuée en fonction de l'âge. A titre d'exemple pour le béton Béton 1 à base de sable alluvionnaire, une diminution d'environ 66.67 % à l'âge 90j par rapport l'âge 28j ; Béton 2 une diminution d'ordre 45.70 % à l'âge 90j par rapport à l'âge 28j. Ceci signifie que la durée de l'âge conduit à une diminution de l'absorption initiale d'eau due à l'hydratation croissante du ciment. De plus Les résultats mis en évidence l'effet des différents types des sables sur l'absorption d'eau initial des bétons ordinaires, montrent que les bétons de type Béton1 à base de sable alluvionnaire moins poreux que les bétons de type Béton2 à base de sable calcaire. A titre d'exemple pour l'âge 28 jours, le béton Béton 1 ayant un taux d'absorption d'eau est d'environ 97.78 % moins petit que le béton Béton2.

## ***Chapitre III: Résultats expérimentaux et interprétations***

### **III.4 Attaque des bétons par l'acide sulfurique(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>):**

#### **III.4.1. Processus expérimental**

Les échantillons d'essais ont été confectionnés conformément à la Norme ENV 197-1[EN V 197 – 1" Ciment : composition, spécifications et critères de conformité – Partie 1 : ciments courants ", AFNOR – Paris- 1996.]. Après 28, 60 et 90 jours de cure, les éprouvettes sont pesées pour déterminer leurs masses avant l'attaque chimique sont immergées dans la solution d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) pendant 21 jours de façon à maintenir un pH constant et égale à 4 (voir figure III.3).

- La résistance due aux agressions chimiques des éprouvettes immergées dans la solution acide est évaluée selon la Norme ASTM C 267-96 [80].
- Les éprouvettes sont nettoyées 3 fois avec l'eau douce pour éliminer le mortier altéré puis laissées sécher pendant 30mn. Ensuite on procède à la pesée des éprouvettes avec une balance de précision de 0.1g (voir figure III.4).
- Le degré de l'attaque est évalué par la formule de perte de masse suivante :

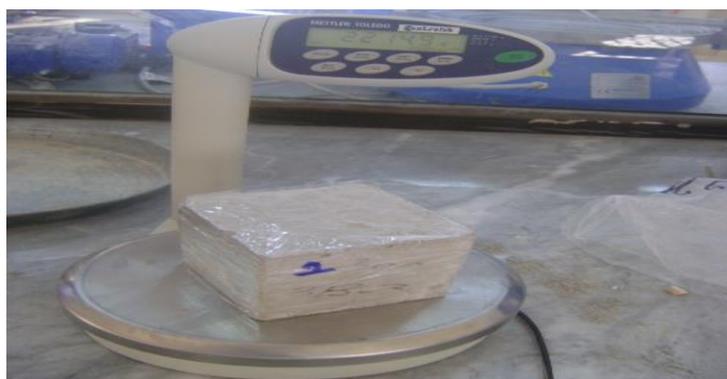
$$\text{Perte de masse (\%)} \text{ PM} = [(M1 - M2) / M1] \times 100$$

Avec M1 : masse des éprouvettes avant immersion.

M2 : masse des éprouvettes après immersion



**Figure.III.3.**Eprouvettes cubiques 10x10x10mm<sup>3</sup> immergées dans la solution d'acide sulfurique



**Figure III.4.** Balance de précision de 0.1g.

### III. 4.2. Observations visuelles des bétons attaqués par l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ):

Les observations visuelles des bétons en contact avec l'acide sont un moyen d'évaluation de la détérioration des propriétés et dégradations de l'aspect extérieur des spécimens. Après 21 jours de conservation dans la solution d'acide sulfurique, les échantillons ont un aspect plus ou moins dégradé comparativement aux échantillons conservés en eau douce (voir Figure.III.5). En effet la surface des bétons est un peu décapée et recouverte d'une couche blanchâtre plus tapissant (formation gypseuse) et les grains de sable sont un peu déchaussés.



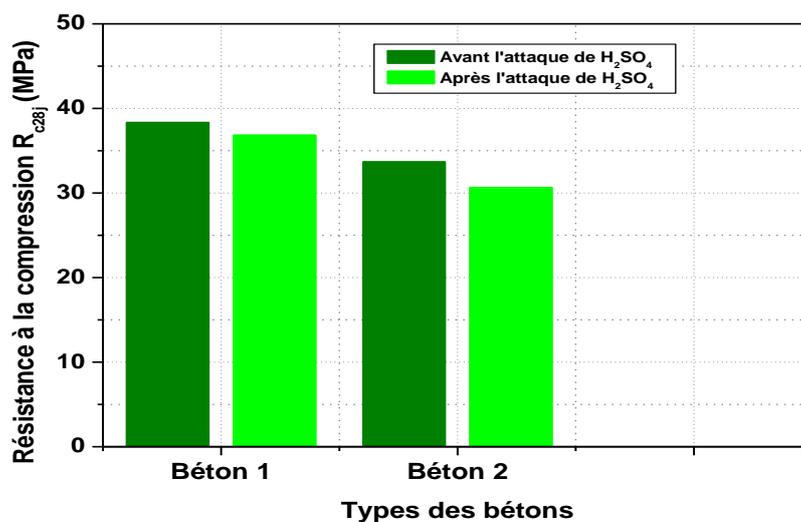
**Figure III.5.**Béton 2(cure 28j) après 21 jours d'immersion dans l'acide sulfurique

## Chapitre III: Résultats expérimentaux et interprétations

Les résultats sont regroupés dans le tableau (III.3) suivant :

**Tableau III.3.** la résistance  $R_c$  des bétons avant et après l'attaque sulfurique

Age	$R_c$ (en MPa) avant l'attaque			$R_c$ (en MPa) après l'attaque		
	28j	60j	90j	28j	60j	90j
<b>Béton 1</b>	38.35	39.88	42.23	36.85	38.10	40.75
<b>Béton 2</b>	33.69	35.68	38.08	30.67	31.90	33.84



**Figure III.6.** Influence de l'attaque sulfurique sur la résistance de compression  $R_c$ .

### III.4.3. Influence de l'attaque sulfurique sur $R_c$ :

D'après La figure (III.6), on observe clairement l'effet de l'attaque sulfurique sur la diminution de la résistance  $R_c$  pour les différents bétons. A titre d'exemples pour les bétons de type **Béton 1** à base de sable alluvionnaire, la diminution de la résistance de compression est d'environ 3.91 % et pour les bétons de type **Béton 2** à base de sable calcaire est d'ordre 8.96 %. Ceci signifie que le béton **béton1** (sable alluvionnaire) ayant une résistance forte à l'attaque sulfurique par rapport au **béton 2** (sable calcaire). De plus, la composition chimique de sable influe sur la résistance à l'attaque sulfurique.

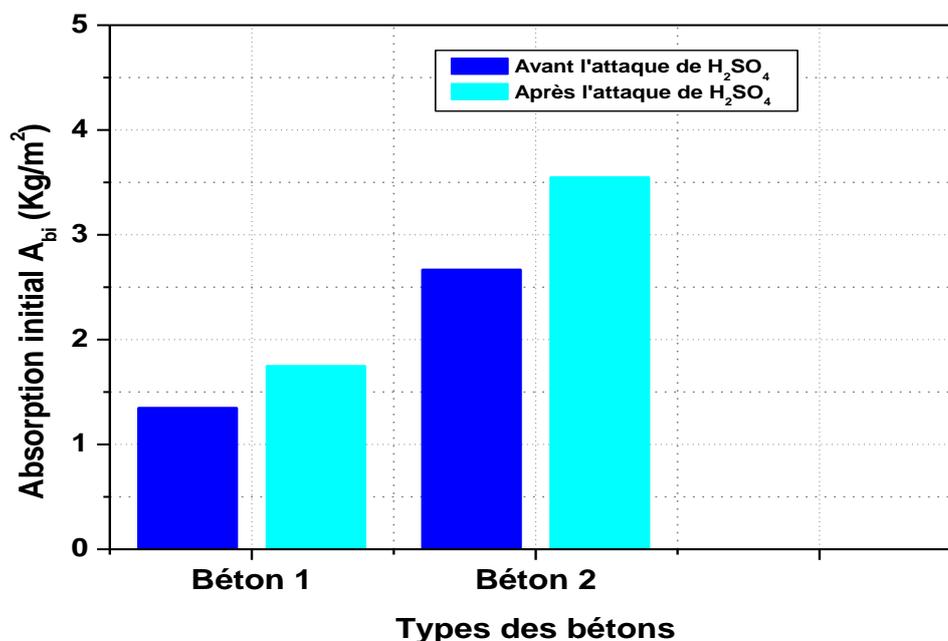
## Chapitre III: Résultats expérimentaux et interprétations

### III.4.4. Influence de l'attaque sulfurique sur $A_{bi}$

Les résultats de l'essai d'absorption d'eau initial sont regroupés dans le tableau (III.4). La figure (III.7) ci-dessous rassemble les résultats de l'absorption d'eau initiale ( $A_{bi}$ ) avant et après l'attaque sulfurique pour les différents bétons.

**Tableau III.4.** Absorption initial ( $A_{bi}$ ) avant et après l'attaque sulfurique

Age	$A_{bi}$ (kg/m <sup>2</sup> ) avant l'attaque			$A_{bi}$ (kg/m <sup>2</sup> ) après l'attaque		
	28j	60j	90j	28j	60j	90j
<b>Béton 1</b>	1.35	0.82	0.45	1.75	1.33	0.75
<b>Béton 2</b>	2.67	2.15	1.45	3.55	3.10	2.70



**Figure.III.7.** Absorption initiale  $A_{bi}$  avant et après l'attaque sulfurique

D'après La figure (III.7), on observe clairement l'influence de l'attaque sulfurique sur l'augmentation de l'absorption initiale ( $A_{bi}$ ). A titre d'exemples pour le **Béton 1** à 28j, l'augmentation de l'absorption initiale est d'ordre 29.62 % et 32.96 % pour le **Béton 2**. On constate que le **béton 1** ayant une résistance forte à l'attaque sulfurique par rapport au **béton 2**. Ceci signifie que la composition chimique de sable influe sur la résistance à l'attaque sulfurique.

## Chapitre III: Résultats expérimentaux et interprétations

### III.4.5. Perte de masse

D'après la figure (III.5) en remarque qu'ils y a des pertes des masses pour tous les différents bétons après l'attaque sulfurique. En observons aussi que le **Béton 1** est moins dégradé par rapport aux autres bétons. A titre d'exemple, la perte masse pour le **béton 1** est d'ordre 19.79 % et 78.52 % pour le **béton 2**.

Tableau (III.5):Perte de masse des différents bétons témoin et cure

PM(%)	Bétons	
	Béton 1	Béton 2
Masse avant l'attaque (g)	2897.5	2929.1
Masse après l'attaque (g)	2324	2300
PM(%)	19.79	78.52

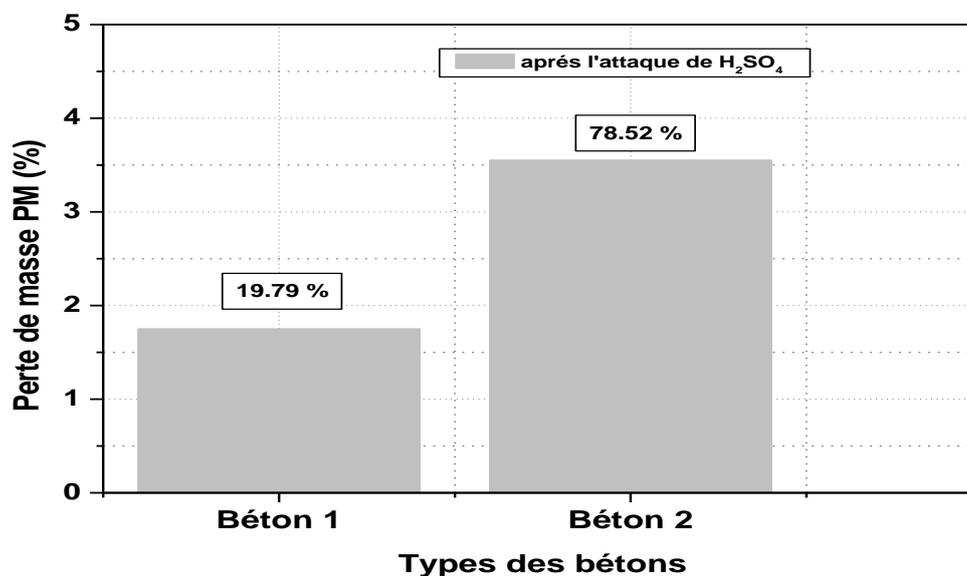


Figure III.8. Perte de masse des différents bétons.

## Chapitre III: Résultats expérimentaux et interprétations

### III.5. Relation entre la résistance à la compression $R_c$ et l'absorption initiale $A_{bi}$

La figure III.9 représente la variation de la résistance à la compression à 28, 60 et 90 jours pour différents types de bétons avant et après l'attaque en fonction de l'absorption initiale des différents bétons. A noter que la résistance à la compression est une fonction décroissante de l'absorption initiale. Une tentative de modélisation de la résistance à la compression  $R_c$  en fonction de l'absorption initiale  $A_{bi}$  a permis de représenter  $R_c$  comme une fonction linéaire telle que (M. Rabehi et al., 2012) :

$$R_{cj} = R_{c0} - \alpha A_{bi}$$

Où  $R_{c0}$  et  $\alpha$  des coefficients de régression linéaire pour chaque type du béton. Ces coefficients sont reliés empiriquement au rapport E/C par :

- $R_{c0} = 43.75$  et  $\alpha = 3.85$  pour un dosage de  $350 \text{ kg/m}^3$ .

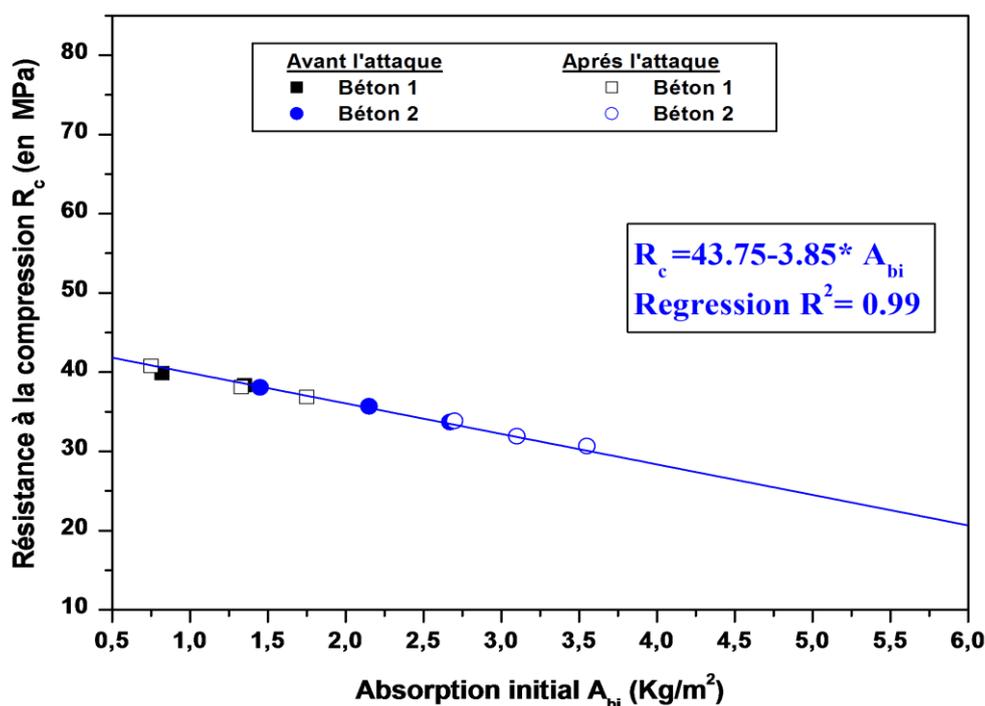


Figure III.9. Relation entre la résistance  $R_c$  et l'absorption initiale  $A_b$

### Chapitre III: Résultats expérimentaux et interprétations

**Tableau(III.6) :** Valeurs expérimentales et estimées de la résistance à la compression  $R_c$  jours en fonction de l'absorption initiale  $A_{bi}$

BETON		Avant l'attaque			Après l'attaque		
		28j	60j	90j	28j	60j	90j
Béton 1	<b><math>R_c</math> mesuré</b>	38.35	39.88	42.23	36.85	38.1	40.75
	<b>R estimé <math>A_{bi}</math></b>	38.55	40.59	42.02	37.01	38.63	40.86
	<b>Erreur</b>	<b>0.53</b>	<b>1.78</b>	<b>0.50</b>	<b>0.44</b>	<b>1.39</b>	<b>0.27</b>
Béton2	<b><math>R_c</math> mesuré</b>	<b>33.69</b>	35.68	38.08	30.67	31.09	33.84
	<b>R estimé <math>A_{bi}</math></b>	33.47	35.47	38.17	30.08	31.82	33.36
	<b>Erreur</b>	<b>0,65</b>	<b>0.58</b>	<b>0.23</b>	<b>1.92</b>	<b>0.26</b>	<b>1.43</b>

Le tableau III.6 donne une comparaison entre les valeurs expérimentales et les valeurs estimées de la résistance à la compression à 28, 60 et 90 jours pour les différents types de béton en fonction du coefficient d'absorption initiale  $A_{bi}$ . L'erreur relative en (%) calculée pour les différents points expérimentaux est généralement inférieure à 2% ce qui nous permet de conclure qu'une bonne estimation de la résistance à la compression à 28 jours peut être déduite en déterminant seulement l'absorption initiale de l'échantillon pendant 1 heure