

## COMPARAISON DES RETRAITS ET FLUAGES DES BETONS AUTOPLACANTS ET DES BETONS ORDINAIRES VIBRES

Reçu le 03/03/2009 – Accepté le 01/10/2009

### Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre des recherches sur le matériau béton menées au sein de l'équipe ingénierie des matériaux du laboratoire matériaux et durabilité des constructions, s'inscrit dans le contexte de la conception des bétons autoplaçants à base des matériaux locaux. Le concept du béton autoplaçant qui est né d'un besoin d'économie et de qualité accrue pour les constructions de béton armé. Le présent document traite le comportement différé (fluage et retrait des bétons autoplaçants) ; pour ce phénomène, nous avons donc élaboré un programme expérimental. Pour une meilleure approche, l'étude a été comparative: les essais ont été faits parallèlement, dans le temps, sur un béton autoplaçant de bâtiment et un béton autoplaçant d'ouvrage avec une résistance à la compression à 28 jours de 20 et 40 MPa respectivement. Il a été mis en évidence une cinétique de fluage du BAP de bâtiment semblable à celle du BAP d'ouvrage, alors que cette cinétique est notoirement différente de celle du BV.

Les résultats obtenus sont comparables à ceux obtenus dans la littérature.

Cette étude apporte un éclairage sur les déformations différées de ces nouveaux bétons et devrait aider à terme, à la mise en place de règles de formulation des bétons autoplaçants.

Enfin certains des résultats obtenus sont utilisés dans le but de proposer une optimisation des mélanges en fonction de critères de choix justifiés.

**Mots clés :** Béton autoplaçant – fillers - fibres - caractérisation - flexion quatre points - Fluage - Retrait.

### Abstract

This work appears in the setting of the research on the material concrete tracks within the team engineering of the materials of the laboratory materials and durability of the constructions, enrolls in the context of the conception of the self compacting concrete to basis of the local materials. The concept of the self compacting concrete that is born of a need of economy and quality increased for the constructions of reinforced concrete. The present document treats the deferred behaviour (creep and shrinkage of the self compacting self compacting concretes); for this phenomenon, we elaborated an experimental program therefore. For a better approach, the survey was comparative: the tests have been made in the same way, in the time, on a self compacting concrete of building and a self compacting concrete of work with a resistance to the compression to 28 days of 20 and 40 MPa respectively./it has been put in evidence kinetics of creep of the SCC of building similar to the one of the SCC of work, whereas this kinetics is notoriously different from the one of the VC.

The gotten results are comparable to those gotten in the literature.

This survey brings a lighting on the distortions differed of these new concretes and should help towards term, to the setting up of rules of formulation of the self compacting concretes.

Finally some of the results gotten are used in the goal to propose an optimization of the miscellanies according to criterias of justified choices

**Keywords :** Self compacting concrete - fillers - fibers - characterization - bending four points - creep - shrinkage.

**G. BENKECHKACHE  
H. HOUARI**

Laboratoire Matériaux et  
Durabilité des Constructions  
Université Mentouri  
Constantine - Algérie

### ملخص

هذا العمل هو جزء من البحث حول الخرسانة التي عقدت في إطار فريق هندسة المواد بمخبر المواد وديمومة البناءات وفقا لتصميم الخرسانة الذاتية الوضع القائم على المواد المحلية. مفهوم الخرسانة الذاتية الوضع والتي ولدت من حاجة الاقتصاد وزيادة نوعية لبناء الخرسانة المسلحة. و يعالج هذا البحث سلوك تأخر (الزحف وانكماش الخرسانة الذاتية الوضع). ، وضعنا لهذه الظاهرة برنامجا تجريبيا. لنهج أفضل ، ودراسة المقارنة لتجارب أجريت بموازاة ذلك ، بدلالة الوقت ، على الخرسانة الذاتية الوضع للبناء الخرسانة الخاصة بالمنشآت مع قوة ضغط في 28 يوما من 20 و 40 ميغاباسكال على التوالي. وقد لوحظ أن زحف حركية الخرسانة الذاتية الوضع للبناءات مماثلة للخرسانة الذاتية الوضع الخاصة بالمنشآت، في حين أن المعروف هناك اختلاف مقارنة بالخرسانة العادية (BV). النتائج التي تم الحصول عليها هي مماثلة لتلك التي حصلت في الأدب.

هذه الدراسة تلقي الضوء على بعض التشويبهات الخرسانة الجديدة هذه ، وينبغي أن تساعد في نهاية المطاف إلى وضع قواعد لصياغة الخرسانة الذاتية الوضع.

وأخيرا بعض النتائج التي تم الحصول عليها تستخدم بهدف اقتراح التحسين من المزايج وفقا لمعايير الاختيار المرر .

**الكلمات المفتاحية:** الخرسانة الذاتية الوضع- الحشو - خصائص الألياف - أربع نقاط منحنية- زحف- انكماش

La prise en compte du comportement différé des bétons lors de la conception des structures en béton armé ou précontraint nécessite l'emploi de modèles réglementaires. Pour des études plus précises, les maîtres d'ouvrages s'appuient sur des résultats expérimentaux d'essais de fluage/retrait sur des éprouvettes cylindriques ou prismatiques, protégées ou non de la dessiccation, et chargées à moins de 50% de la résistance caractéristique déterminée à partir d'essais quasi-statiques sur les mêmes types de corps d'épreuve [3].

Il est rare de disposer de la composition exacte des bétons qui seront utilisés pour un ouvrage plus d'une année avant la réalisation effective de l'ouvrage; pourtant les résultats expérimentaux doivent permettre d'estimer le comportement à long terme.

De plus, la mise en œuvre de ces essais nécessite, outre la salle climatisée, un ensemble de bâtis de chargement, un système d'acquisition de données et du temps. Ces éléments justifient le coût d'un essai de fluage et retrait associé.

Les bétons autoplaçants (BAP) constituent une nouvelle génération mais aussi une nouvelle étape technologique dans le domaine de la construction. Ils se différencient des autres bétons par leur mise en place lors du coulage qui s'effectue sans vibration, par le seul effet de la gravité. De plus, grâce à leur fluidité, ils peuvent être employés par des formes architecturales complexes ou pour des zones de ferrailages très denses. Cependant, si ses avantages à l'état frais sont indéniables, le peu de recul sur son comportement à long terme (retrait et fluage) peuvent freiner son choix. Surtout que pour atteindre sa spécificité autoplaçante, les bétons autoplaçants possèdent beaucoup de fines qu'un béton vibré et par conséquent plus de pâte. Cette dernière constitue le siège de l'évolution des comportements différés.

Les comportements différés des BAP semblent être mal cernés [1] [11]. En effet on trouve des résultats contradictoires concernant notamment les valeurs des retraits [8] [9]. En ce qui concerne le fluage, le peu de données existant n'apporte pas de réponse significative.

Les objectifs de cette étude est d'apporter les premières réponses de déformations différées sur les BAP pour mettre en lumière leur évolution au cours du temps.

A ce titre, il nous semble judicieux de comparer ces bétons à des bétons ordinaires vibrés d'égale résistance

De plus, l'étude bibliographique attire notre attention sur le fait que les performances mécaniques ne sont pas le seul paramètre influant sur le comportement différé [5] [6]. C'est pour cette raison que pour un même niveau de résistance, nous allons être amenés à étudier plusieurs variantes.

Ainsi notre programme expérimental comporte quatre compositions. Trois formulations autoplaçantes dédiées respectivement aux bétons de bâtiment et d'ouvrage, dont l'une renforcée de fibres métalliques, ont été confectionnées au Laboratoire. Enfin, une composition plus classique de béton ordinaire vibré a été étudiée.

Les mélanges sont des compositions dites locales car elles utilisent des matériaux locaux de la région de Constantine.

## 1. CHOIX DES MATERIAUX ET PROCEDURES EXPERIMENTALES :

Le critère de comparaison choisi étant la résistance mécanique en compression, nous avons travaillé sur deux types de béton de résistance différente : une résistance faible béton autoplaçant de bâtiment et une résistance moyenne béton autoplaçant d'ouvrage.

**Tableau 1 :** Différentes compositions utilisées dans la recherche

Notations	Désignations
<b>BAP20</b>	Béton autoplaçant de référence avec un rapport filler/liant = 0.33
<b>BAP40</b>	Béton autoplaçant avec un rapport filler/liant = 0.16
<b>BAPFM</b>	BAP20 renforcé de fibres métalliques 0.5% de volume total
<b>BV20</b>	Béton vibré témoin à égale résistance que le BAP20

Le tableau 1 présente les notations qui seront utilisées pour désigner les différents bétons testés.

### 1.1. Matériaux de base :

Les constituants utilisés dans les mélanges sont : un ciment de type CPJ 42.5 de la cimenterie Hamma Bouziane avec une surface spécifique de 3891cm<sup>2</sup>/g, un sable 0/5, un gravier 5/15 concassés de la carrière HEDNA de Ain Smara, un filler UF20 de la carrière ENG Khoub, un superplastifiant Sp40 à la base de polyméline sulfané de Granitex, des fibres métalliques MEDAFAC de Granitex de 5 cm de longueur, et l'eau de robinet du laboratoire.

L'approche japonaise nous a permis de retenir deux compositions de BAP à partir desquelles, a été formulée celle du béton vibré et celle du BAP renforcé de fibres métalliques, en conservant des quantités de ciments et des proportions granulaires identiques.

**Tableau 2 :** La composition des bétons locaux

Composition	bétons locaux			
	BAP20	BAP40	BAPFM	BV20
Matériaux (Kg/m <sup>3</sup> )				
Ciment CPJ 42,5	400	500	400	400
Fillers Calcaires UF20	200	100	200	0
Sables 0/5	772	772	745	914,35
Gravillon 5/15	762	762	762	850,92
Superplastifiant Sp 40	9,6	10,8	9,6	0
Fibres Métalliques	0	0	27	0
Eau Totale	211	221	211	228,5
E/L	0,352	0,368	0,352	0,571
G/S	1,01	1,01	0,978	1,074
Volume Pâte (l/m <sup>3</sup> )	422	428	422	357
% granulats	57,8	57,2	57,8	64,3

La quantité d'eau du BAP20 et BV a été ajustée lors des gâchées d'essai afin d'obtenir respectivement un étalement et un affaissement désirés ainsi un aspect correct pour un béton autoplaçant.

Quant aux BAP40 et BAPFM, nous avons repris la même quantité d'eau que pour le BAP20 afin d'étudier les spécificités apportées par le caractère autoplaçant.

Toutes les compositions étudiées sont présentées dans le tableau 2.

### 1.2. Caractéristiques des bétons à l'état frais :

Afin de pouvoir vérifier le rendement de chaque composition, nous avons comparé la masse volumique déterminée expérimentalement avec la masse volumique théorique. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 3.

**Tableau 3 :** Masses volumiques des bétons frais

Caractéristiques	BAP20	BAP40	BAP FM	BV20
MV théorique (Kg/m <sup>3</sup> )	2354.6	2365.8	2365.8	2393.5
MV réelle (Kg/m <sup>3</sup> )	2363	2362	2365	2379

Les écarts constatés ne justifient pas la correction des formules initialement déterminées. De nombreuses mesures ont été effectuées afin d'appréhender certaines propriétés à l'état frais des bétons.

De part leurs caractéristiques autoplaçantes, l'essai d'étalement a été pratiqué. Il s'agit de démouler un cône appelé cône de DIN de béton frais et de mesurer le diamètre de la galette de béton obtenue. Il faut rappeler qu'est considéré comme autoplaçant, un béton qui forme une galette de diamètre supérieur à 60 centimètres.

Signalons que pour la formulation des BV20, c'est le test traditionnel du cône d'Abrams qui s'est substitué à celui d'étalement. Avec un appareillage spécial, l'aéromètre, on peut déterminer la teneur en air des bétons (norme NF P 18-353).

Les essais de ségrégation (stabilité au tamis) et du taux de remplissage (essai de la boîte en L) ont été effectués selon les recommandations AFGC-BAP.

Le tableau 4 récapitule les résultats obtenus pour l'ensemble de nos gâchées.

**Tableau 4 :** Caractérisation classique (à l'état frais)

Notations	Etalement Cm	Stabilité au Tamis (%)	boite en L	Air occlus %
BAP20	69	19	0.89	2.5
BAP40	67	22	0.84	2.7
BAPFM	64	21	-	3.4
BV20	8	-	-	3

Nous pouvons constater que l'ensemble des bétons autoplaçants respectent le critère d'étalement et sont susceptibles à ce titre d'être des bétons réalistes au point de vue industriel. On observe un étalement de 64 cm pour le BAPFM qui le classerait dans les bétons autoplaçants. Toutefois, on constate une ressuée trop importante, temps d'étalement trop long et un rayon de courbure de la galette trop faible.

On note que plus l'étalement est important et plus le pourcentage d'air occlus est faible. En effet, un grand étalement traduit un béton moins visqueux. Par conséquent, les bulles d'air peuvent se libérer lors de la mise en œuvre.

Nous retenons une diminution de la quantité d'air occlus pour les bétons contenant les fillers calcaires. Cette diminution se traduit par une meilleure compacité des bétons frais [7].

Ceci se retrouve quand on fait la comparaison entre le BAPFM et le BAP20. Les fibres les différencient. Le BAPFM a 1,36 fois d'air occlus que le BAP20, l'air serait donc piégé dans le béton frais par les fibres.

On remarque aussi que :

- Les caractéristiques intrinsèques (densité, air occlus, résistances mécaniques) similaires aux bétons usuels.
- Le béton confectionné à partir des matériaux locaux se révèle stable et satisfaisant.

### 1.3. Caractéristiques des bétons à l'état durci :

Après la mise en œuvre dans leur moule, les éprouvettes cylindriques et prismatiques sont conservées dans une chambre humide pendant 24 heures. Une fois démoulées, elles subissent une rectification et sont conservées sous l'eau.

Avant chaque essai, les éprouvettes sont pesées pour déterminer la masse volumique apparente afin de vérifier l'homogénéité du béton.

Une série de mesures mécaniques ont été faites pour chaque béton :

- En début de mesure de retrait (à 1 jour)
- Pour la mise en charge de fluage (à 7 jours)
- A 28 jours.

**Tableau 5 :** Caractérisation classique (à l'état durci)

Notations	Compression 16x32 cm (MPa)			Traction/flexion 7x7x28 cm (MPa)		
	1 jour	7 jours	28 jours	1 jour	7 jours	28 jours
BAP20	4,56	11.68	23.07	1.5	3.60	6.7
BAP40	6,27	19.92	39.10	2.3	4.05	8.3
BAPFM	5,08	16.83	26.53	3,21	5.6	11.9
BV20	4,47	12.3	24.04	2.1	4.3	9.4

La presse utilisée pour ces essais à une capacité de 2000 kN et la vitesse de chargement est fixée à 5kN/s soit 0,5 MPa/s (conformément à la norme NF P 18-406 et aux recommandations CPC4 de la RILEM).

Le tableau 5 donne les résultats obtenus des éprouvettes de chaque gâchée : sa résistance à la compression et sa résistance à la traction par flexion.

Les formulations de chantier visaient des résistances caractéristiques (c'est-à-dire la résistance moyenne moins 15%) à 28 jours de 20 MPa pour la formulation des bétons de bâtiment et de 40 MPa pour la formulation des bétons d'ouvrage.

Compte tenu des résistances moyennes obtenues à 28 jours, on peut considérer que l'objectif est largement atteint.

Le calcaire n'est pas strictement inerte du point de vue chimique en présence d'un liant hydraulique puisqu'il conduit à la formation d'hydrates avec les aluminates et les silicates du ciment.

Un accroissement des résistances significatif est relevé entre 7 et 28 jours. Le surcroît de résistance peut être attribué qu'au taux de substitution [4] [12].

Quand on compare les résultats entre BAP20 et BAP40, on note que les résistances mécaniques finale sont plus élevées pour le BAP40, cela s'explique par un dosage en ciment plus fort pour le BAP40 et par un même ratio E/L.

Les effets du superplastifiant sont plus marqués lorsque la quantité de ciment est importante.

Le BAPFM a des résistances plus fortes que le BAP20. Cela est logique puisqu'on a incorporé des fibres métalliques [2].

#### 1.4. Procédures expérimentales :

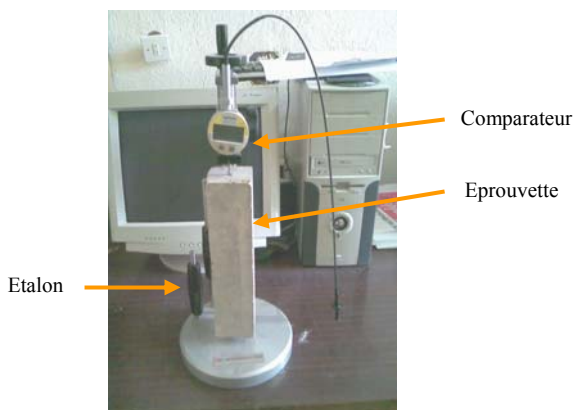
##### 1.4.1. Mesure des déformations de retrait :

Les éprouvettes ont été coulées dans des moules à trois alvéoles prismatiques (7x7x28 cm) munies de plots en laiton à leurs extrémités qui serviront à les positionner sur l'appareil de mesure. Trois éprouvettes sont coulées à l'occasion de chaque gâchée qui serviront pour le retrait total (hydraulique).

Après démoulage, les éprouvettes sont recouvertes qu'à leurs extrémités pour privilégier un échange d'eau radial. Elles sont ensuite entreposées dans une chambre dont l'ambiance est contrôlée en température ( $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ) et en hygrométrie ( $55 \pm 5\%$ ).

Les mesures sont effectuées, suivant un rythme adapté à la cinétique du phénomène observé, sur un rétractomètre digital de précision de  $\pm 0.02$  mm (figure 1).

Le protocole expérimental pour les essais de retrait totaux suit les recommandations de la RILEM – TC 107-CSP.

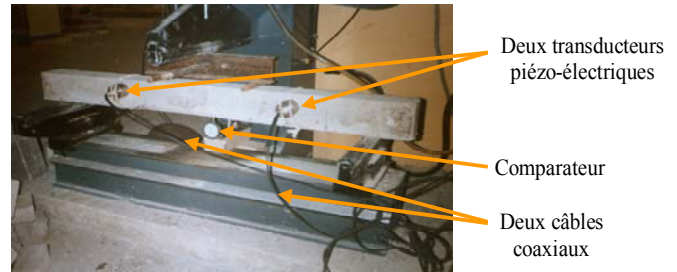


**Figure 1 :** Appareil de mesure du retrait (rétractomètre)

##### 1.4.2. Mesure des déformations sous charge (fluage) :

Les poutrelles ont été coulées dans les moules prismatiques de dimension 10x10x120 cm.

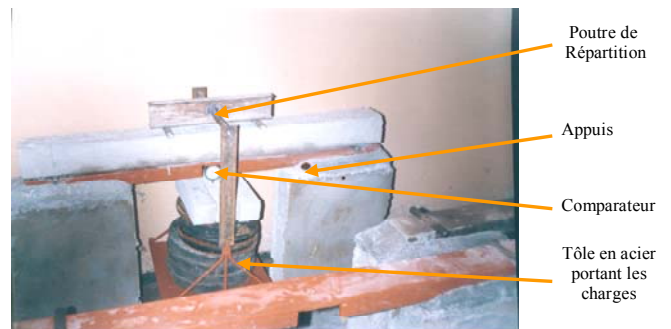
Après démoulage, elles sont entreposées dans la salle de fluage dont la température et l'hygrométrie sont asservies. La température est maintenue à ( $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ), et l'humidité relative à ( $55 \pm 5\%$ ). Trois éprouvettes de chaque mélange serviront à déterminer la charge de rupture, sous sollicitation monotone de flexion quatre points, selon le dispositif de la figure 2.



**Figure 2 :** Dispositif pour les mesures de la charge de rupture [1]

Trois autres éprouvettes de chaque mélange seront installées sur des bâtis comme montré sur la figure 3. La charge appliquée sur les bâtis de chaque mélange est déterminée par la valeur moyenne de charge de rupture sous sollicitation statique de flexion pure à 7 jours. Trois taux de charge de 0 %, 25 % et 45 % de cette valeur sont appliqués. Chaque bâti est indépendant et peut donc recevoir une charge différente.

La figure 3 ci-dessous présente le dispositif d'essai de fluage sous sollicitation de flexion quatre points.



**Figure 3 :** Dispositif d'essai de flexion quatre points (bâti de fluage) [1]

## 2. RESULTATS ET DISCUSSIONS :

Les résultats des mesures sont présentés sur les figures suivantes et jusqu'à l'âge de 90 jours.

### 2.1. Retrait total :

Le retrait total cumule le retrait endogène et le retrait de dessiccation.

L'observation des courbes montre que les quatre bétons ont à peu près le même retrait total qui est de l'ordre de  $500 \mu\text{m/m}$ .

Le tableau 6 suivant récapitule les valeurs extrêmes.

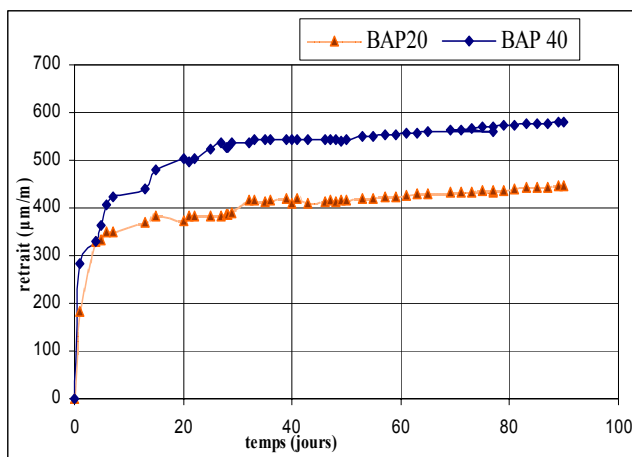
**Tableau 6 :** Retrait total (variations dimensionnelles)

Retrait (variations dimensionnelles) à 90 jours				
Notation	BAP20	BAP40	BAPFM	BV20
Retrait ( $\mu\text{m/m}$ )	448	580	443	406

Pour le retrait total, selon les résultats des travaux antérieurs de la littérature, les valeurs étaient de l'ordre de 350 à 550  $\mu\text{m/m}$  [13], ce qui cadre plus avec nos résultats (plage de variation de 30 à 50  $\mu\text{m/m}$ ).

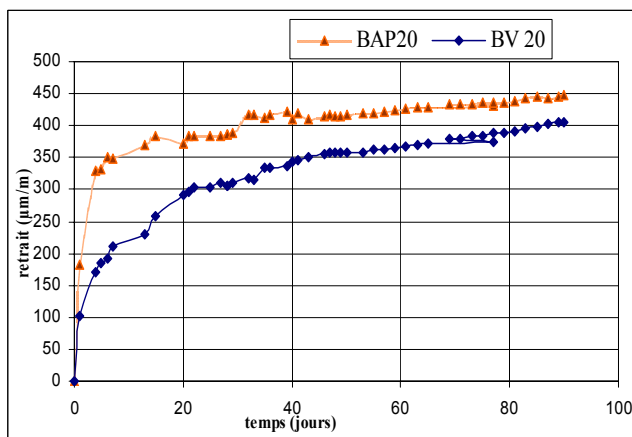
En premier temps, la déformation de retrait est rapide et importante (la cinétique plus forte au jeune âge BAP40 par rapport au BAP20) du fait du très fort gradient d'humidité qui existe entre le matériau testé et le milieu extérieur « voir les éprouvettes conservées à l'air libre où ce gradient est très important ».

Mais par la suite, le séchage étant un processus diffusif, sa cinétique devient extrêmement lente.



**Figure 4 :** Evolution du retrait (Influence de la résistance)

Dans la figure 4, on remarque que le BAP20 contenant moins de fillers présente moins de retrait. Le filler calcaire peut avoir un effet positif en limitant le retrait de séchage des BAP, s'il est utilisé avec une finesse et une proportion adéquates [08] [09].



**Figure 5 :** Evolution du retrait (Influence de la nature du béton)

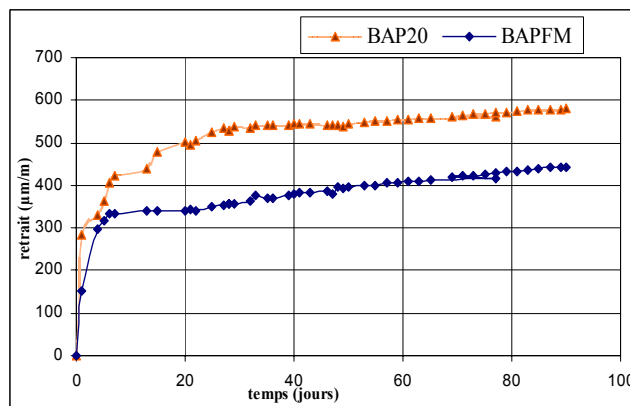
La présence moins importante d'eau de ressuage pour les BAP20, en comparaison aux BV (figure 5), qui entraîne un séchage plus rapide de la surface supérieure des échantillons testés. Dans cet essai, cette perte d'eau supérieure peut se traduire directement par une contraction plus importante de l'élément en question.

Le retrait total du BAP est plus élevé que celui du béton traditionnel d'égale résistance. L'ordre de grandeur de cette déformation est aux alentours de 450  $\mu\text{m/m}$ .

Ainsi, pour les bétons d'ouvrages, les résultats obtenus montrent que le retrait total des BAP semble, a priori, plus important que celui des bétons vibrés.

Enfin, la comparaison du retrait total des deux classes de béton (BAP20 et BAP40) indique qu'il y a une différence notable (environ 100 à 130  $\mu\text{m/m}$ )

Malgré une échéance de mesure faible, ces déformations semblent s'être stabilisées à 90 jours et sont légèrement supérieures à celles trouvées dans la littérature (580 $\mu\text{m/m}$  contre 550  $\mu\text{m/m}$ ) [10] due à l'utilisation des matériaux locaux.



**Figure 6 :** Influence de l'introduction des fibres métalliques

Cependant, si on compare les retraits du BAP20 et BAPRFM, l'introduction de 0,5% de volume de béton de fibres métalliques n'a pas un effet significatif sur le comportement de béton vis-à-vis du retrait.

Les granulats, moins déformables que la matrice, doivent avoir leur rôle puisque sur l'ensemble des mélanges, les résultats obtenus présentent des retraits plus faibles.

## 2.2. Fluage total :

Les évolutions des différentes déformations sous charge sont présentées dans cette partie. Les essais relatifs à ces déformations sous charge de flexion quatre points sont effectués sur 3 poutrelles pour chaque formulation.

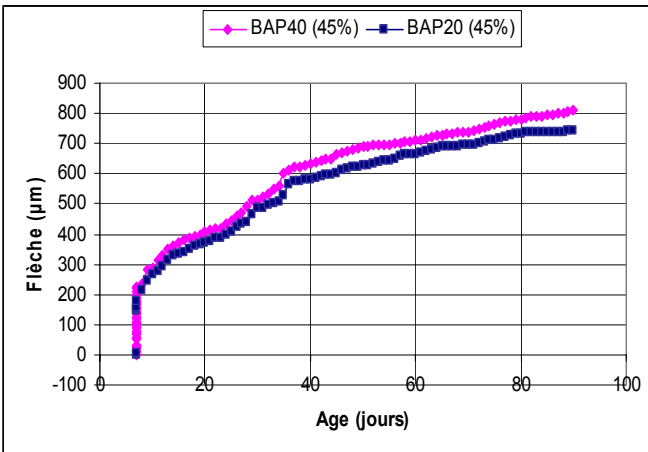
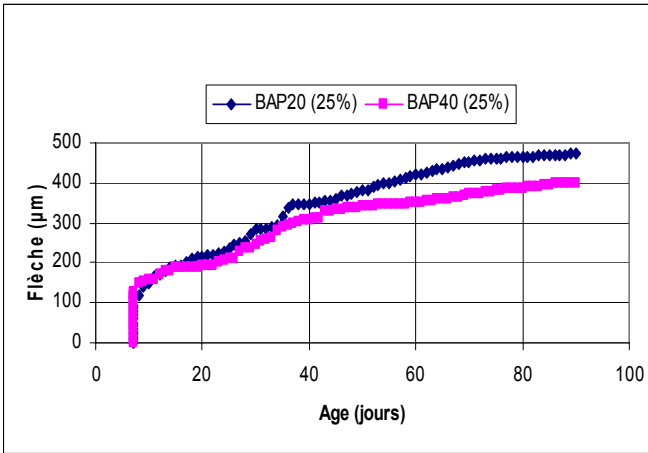
La charge appliquée sur les poutrelles représente à chaque fois un échelon de chargement identique.

Ce taux est fixé à 0, 25 et 45 % de la charge de rupture au moment du chargement soit à 7 jours pour toutes nos compositions. Les résultats sont présentés dans le tableau 7.

**Tableau 7 :** Résultats des essais statiques

Charge de rupture	BAP20	BAP40	BAPFM	BV20
$F_{R7}$ (KN)	3.8	4.8	5	4.4

La flèche totale cumule la flèche instantanée et la flèche propre. Le tableau 8 suivant récapitule les valeurs extrêmes (90 jours) à différents taux de chargement.



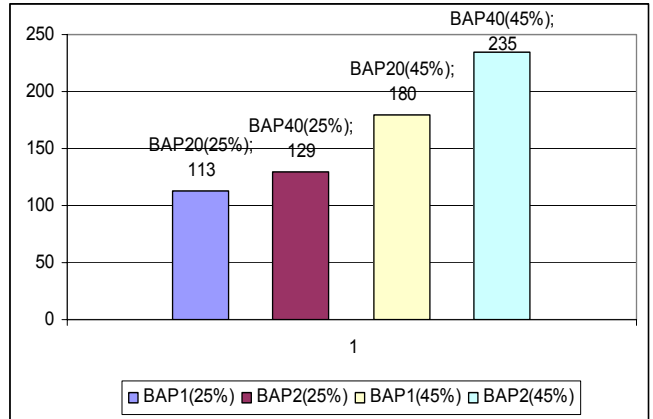
**Figure 7 :** Evolution du fluage total (Influence de la résistance mécanique)

Le béton ordinaire vibré présente le plus faible rapport entre flèche de fluage et flèche instantanée par rapport aux bétons autoplaçants quel que soit le taux de chargement (respectivement 2.5 et 4).

**Tableau 8 :** Différentes compositions utilisées dans la recherche

Notations	Flèche instantanée ( $\mu\text{m}$ )			Flèche total ( $\mu\text{m}$ )		
	0%	25%	45%	0%	25%	45%
BAP20	0	113	180	21	472	741
BV20	0	113	156	10	278	459
BAP40	0	129	223	-38	401	809
BAPFM	0	112	200	10	493	921

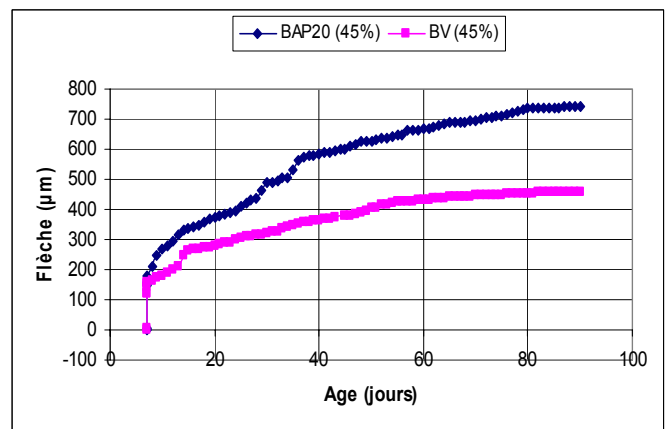
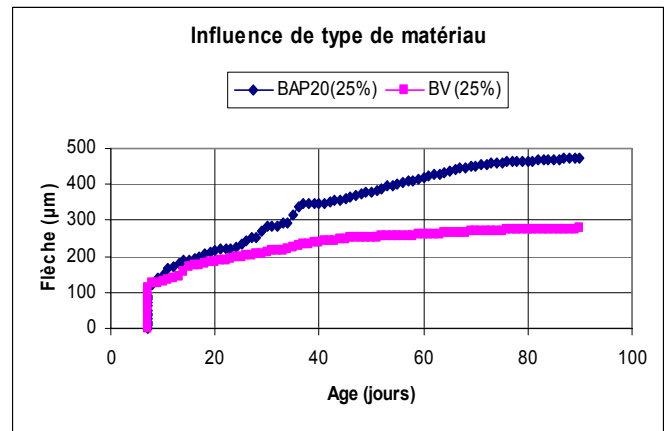
Pour le fluage total, selon les résultats des travaux antérieurs de la littérature, les valeurs étaient de l'ordre de 1050 à 1800  $\mu\text{m}/\text{m}$  [3], ce qui cadre plus avec nos résultats (plage de variation de 460 à 870  $\mu\text{m}/\text{m}$ ).



**Figure 8 :** Evolution des déformations instantanées

On constate que les différences de fluage entre le BAP20 et BAP40 sont faibles aussi bien en cinétique qu'en amplitude comme illustré sur la figure 7.

L'influence du caractère autoplaçant s'évalue en comparant les comportements des bétons autoplaçants (bâtiment et ouvrage), pour un taux de chargement faible (25%). Les comportements sont identiques. L'écart observé, de l'ordre de 18%, ne permet pas de prétendre que le BAP20 subi plus de déformations que le BAP40. Ces différences d'évolution sont peut être dues à la résistance légèrement plus importante de la formulation BAP40 (figure 8).



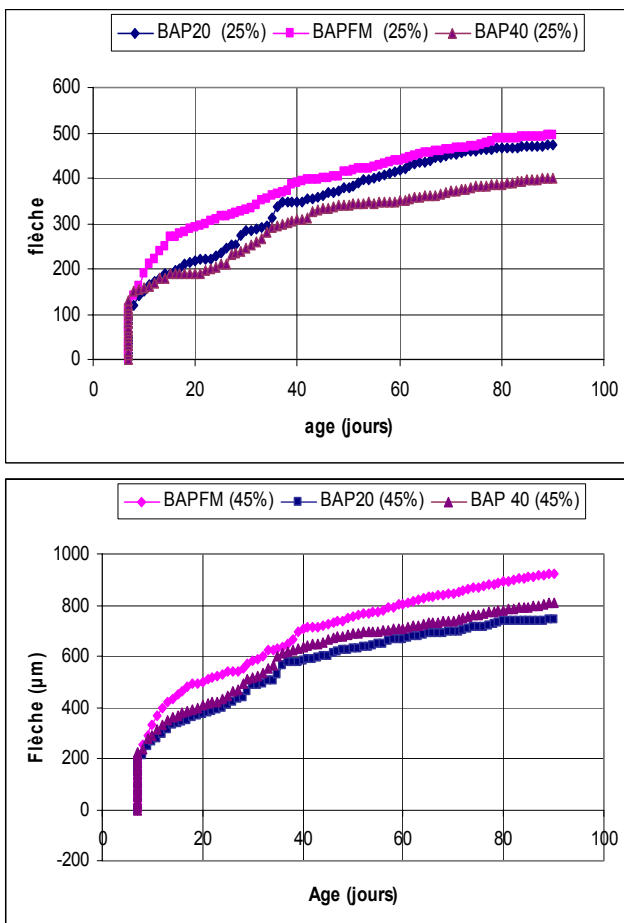
**Figure 9 :** Fluage total. (Influence de nature du béton)



Par contre au sein d'un même taux de chargement relativement moyen 45% de la charge de rupture, les différents résultats, indiquent clairement qu'en terme d'amplitude et de cinétique, le fluage de béton de bâtiment peut être considéré comme équivalent à celui de béton d'ouvrage, (quantité de F+C= constante).

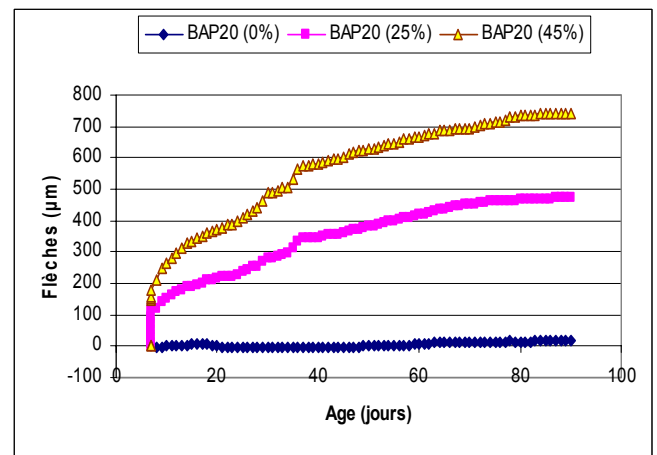
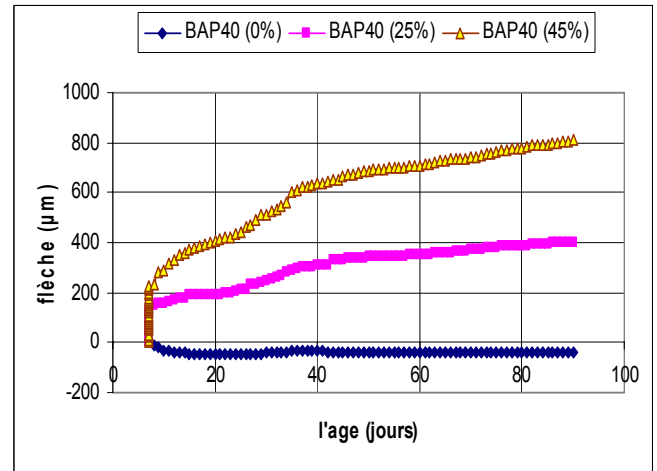
Les déformations de fluage totales pour les deux classes de bétons (bâtiment et d'ouvrage) présentent au moins le double des déformations instantanées. Ces valeurs donnent de l'importance aux déformations de fluage total (figure 9) par rapport aux déformations instantanées.

La présence d'additions minérales dans les BAP qui conduit ceux-ci à posséder des pores plus fins que ceux des bétons vibrés. En effet, la pression capillaire étant inversement proportionnelle au rayon des pores, celle-ci est d'autant plus forte dans les BAP, ce qui engendrerait un fluage plus important dans ces bétons, par comparaison aux bétons vibrés correspondants (pour les deux taux de chargement 25 et 45% de la charge de rupture).



**Figure 10 :** Fluage total. (Influence de l'introduction de fibres métalliques)

L'observation de la figure 10 permet d'analyser l'influence de l'introduction de fibres métalliques et du caractère autoplaçant du béton. En ce qui concerne l'influence des fibres métalliques, la comparaison de la formulation BAP (sans fibres) et du BAPFM (avec fibres) permet de montrer l'introduction de fibres métalliques semble augmenter les déformations sous charge maintenue.



**Figure 11 :** Evolution du fluage total (influence de taux de chargement)

Sous un taux de chargement nul (0 %), seulement sous l'effet de son poids propre, ce qu'on peut appeler « retrait fluage », une flèche est observée au lieu d'une contre flèche, car le poids propre représente en réalité un taux de chargement variant de 4 à 9 %.

Pour des taux de chargements supérieur à 45%, (charges assez proches de la charge de rupture) on observe un fluage instable qui conduit plus au moins rapidement à la rupture.

## CONCLUSION

Cet article avait pour but d'appréhender les déformations de retraits et de fluages d'un nouveau type de béton dont le développement industriel connaît actuellement un grand essor.

Les bétons BAP et BV de l'étude ont été composés pour évoluer dans la même plage de résistance mécanique. Cet objectif a été atteint. La comparaison entre les formulations traditionnelle et autoplaçante semble montrer que les bétons autoplaçants seraient plus souples.

Une première remarque pourrait être faite sur les performances obtenues par les bétons autoplaçants. Au vu des exigences requises pour l'élaboration d'un tel type de béton, il est visible que l'on obtient de bons bétons en termes de performances mécaniques

En ce qui concerne les déformations dues aux variations dimensionnelles, on a pu remarquer une légère augmentation des retraits totaux des bétons autoplaçants par rapport au béton vibré d'égale résistance. Les déformations obtenues sont similaires à celles trouvées dans la bibliographie.

Pour le retrait, on remarque que l'influence générale de la résistance mécanique ne suit pas les évolutions usuellement acquises : une augmentation de la résistance mécanique induit une augmentation de retrait total pour la spécificité autoplaçante.

Pour le fluage, les éléments pouvant servir de comparaison avec nos résultats sont rares. Cependant, qu'on s'attendait à avoir une augmentation importante des comportements différés des BAP avec le volume de pâte, on observe des modifications d'évolutions.

L'augmentation du volume de pâte, entraînée par l'ajout de fillers supplémentaires, conduit à des déformations différées plus importantes pour les BAP en les comparant avec le BV.

On en conclut que le béton autoplaçant a de réponse particulière vis à vis du fluage.

Cependant, il ne faut pas non plus occulter que ces comportements différés sont aussi liés aux caractéristiques mécaniques (qui elles mêmes dépendent de la nature et du dosage des différents composants).

Cette étude permet de donner quelques points de comparaison entre ces nouveaux bétons et les bétons traditionnels en termes de retrait et de déformation sous charge maintenue.

## REFERENCES

- [1] Chabane A., and Houari H. « Contribution à l'étude du comportement différé des bétons sous sollicitation de flexion ». Thèse de magister de l'Université de Constantine. 2000.
- [2] Grünwald S., and Walraven J.C., « Self-compacting fibre-reinforced concrete », Heron 46 (3) 2006.
- [3] Acker P. « Les origines du retrait et du fluage du béton », Revue française de génie civil, volume 7, pp. 761-776. 2003.
- [4] Attiogbe E.K., See H.T. and Daczko J.A., « Engineering properties of self-consolidating concrete », First North American Conference on the Design and Use of Self-Consolidating Concrete, ACBM Center, pp. 371-376, 12-13 Novembre 2002.
- [5] Benkechkache G., and Houari H., « Etude du comportement différés des bétons autoplaçants : influence des paramètres de composition et de chargement ». Mémoire de magister, Université Mentouri Constantine 2007.
- [6] Benkechkache G., Boukni B. and Houari H., « Behaviour of the reinforced metal fibre concretes under request of pure inflection » The First International Engineering Sciences Conference-IESC'2008, Aleppo SYRIA, November 2 - 4, 2008, p6.
- [7] Bensebti S., Houari H. and Aggoun S., « Formulation et propriétés des bétons autoplaçants à base des matériaux locaux », Thèse de Doctorat en Sciences de l'Université Mentouri Constantine 2008.
- [8] Turcry P., « Retrait et fissuration des bétons autoplaçants – Influence de la formulation », Thèse de Doctorat, Ecole Centrale de Nantes et Université de Nantes, 2004.
- [9] Bouasker M., « Etude numérique et expérimentale du retrait endogène au très jeune âge des pâtes de ciment avec et sans inclusions », Thèse de Doctorat, Université de Nantes, 2007.
- [10] Roziere E., Granger S., Turcry Ph., Loukili A « Influence of paste volume on shrinkage cracking and fracture properties of self-compacting concrete » Cement & Concrete Composites 29 ELSEVIER 626–636.2007.
- [11] Benboudjema F., Meftah F., Torrenti JM. « Interaction between drying, shrinkage, creep and cracking phenomena in concrete » Eng Struct; 27(2):239–50. 2005.
- [12] Neville AM. Properties of concrete. Eyrolles Editions; 2000.
- [13] Cusson D., Hoogeveen T. « Internal curing of high - performance concrete with pre-soaked fine lightweight aggregate for prevention of autogenous shrinkage cracking » Cement and Concrete Research ELSEVIER 38 757–765.2008.