Etude du comportement d'un béton autoplaçant à base de vase de dragage vis-à-vis du retrait

Nasr-Eddine Bouhamou, F Mostefa, A Mebrouki, N Belaribi, A.H. Mesbah

▶ **To cite this version:**

Nasr-Eddine Bouhamou, F Mostefa, A Mebrouki, N Belaribi, A.H. Mesbah. Etude du comportement d'un béton autoplaçant à base de vase de dragage vis-à-vis du retrait. MATERIAUX 2014 - Colloque Ecomateriau, Nov 2014, Montpellier, France. hal-01144447

HAL Id: hal-01144447

https://enpc.hal.science/hal-01144447

Submitted on 21 Apr 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Etude du comportement d'un béton autoplaçant à base de vase de dragage vis-à-vis du retrait

N.E. Bouhamou*[1], F.Mostefa[1], A.Mebrouki[1], N.Belaribi[1], A.H.Mesbah[2]

[1] LCTPE, Université Mostaganem, Algérie
[2]LGCGM, INSA de Rennes, France
* nbouhamou@yahoo.fr

RESUME *: La valorisation des sédiments de dragage ouvre une voie très intéressante en vue de leur utilisation en tant que matière première dans le domaine du génie civil, et plus particulièrement comme nouveaux liants pouvant être exploiter industriellement et ayant pour intérêt l'amélioration des caractéristiques physico-chimiques et mécaniques des bétons.*
Ce travail consiste à élaborer des ciments pouzzolaniques en substituant partielle du ciment(CEMI)) par la vase draguée du barrage de Fergoug. L'objectif est l'étude de l'influence de cette dernière calcinée à 750 C, sur le comportement d'un béton autoplçant à l'état frais et durci à savoir les performances mécaniques d'une part et les déformations différées (retrait) d'autre part. Les résultats obtenus offrent de belles perspectives pour optimiser des BAP à base de vase calcinée.

MOTS-CLÉS *: sédiments, valorisation, calcination, béton autoplaçant, retrait.*

1. INTRODUCTION

La possibilité de valorisation des sédiments fluviaux issus du dragage des barrages peut être une alternative aux matières premières destinés au secteur du bâtiment, leur utilisation a été prouvée par des recherches menées dans ce sens comme matériaux de construction (brique, couche de base pour chaussé et granulats). Bien que ces études ne soient qu'au stade préliminaire, leur valorisation comme pouzzolane artificielle est pauvre en documentation, sans citer leur utilisation dans les bétons notamment les bétons autoplaçants. La particularité de ces derniers est qu'ils sont formulés avec un volume de pâte très élevé, chose qui nécessite l'utilisation de grande quantité de ciment; la substitution d'une partie par les sédiments traités thermiquement peut être une solution pour la réduction d'une utilisation importante de ciment.

Considéré comme l'un des barrages les plus envasé en l'Algérie, le barrage de Fergoug (fig.1) a suscité l'intérêt de plusieurs chercheurs Algériens qui ont aidé par leurs différentes études à mettre en évidence les causes qui ont fait de ce dernier un barrage désastreux. Ces études se sont intéressées essentiellement à expliquer le phénomène d'envasement tout en essayant de trouver les solutions pour le résoudre d'une part et développer les idées envisageables pour la valorisation des sédiments dragués d'autre part. [1]et [2].

2. MATERIAUX ET PROCEDURES

Le ciment utilisé est un CEM I 42.5 (masse volumique =3.13 g/cm^3, surface Blain = 3180 cm^2/g). L'adjuvant est un superplastifiant haut réducteur d'eau; formulé à base de polymères de synthèse combinés (1.12 g/cm^3, extrait sec 36). Un seul type de granulats est employé, le sable de carrière concassé a été corrigé avec du sable de mer, les propriétés physiques les plus importantes sont présentées dans tableau 1.

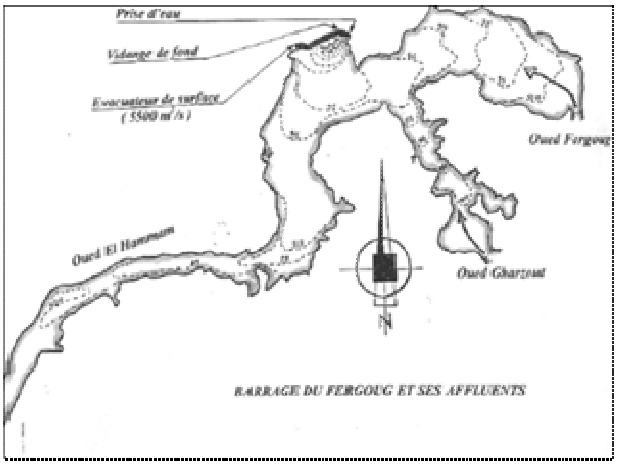

Figure 1 : Barrage de Fergoug et ses affluents

Tableau 1 : Propriétés physiques des granulats

Nature des granulats	Sable Mer (Sm)	Sable carrière (Sc)	Gravier (G)	
	0/2-siliceux	0/3-calcaire	3/8-calcaire	8/15-calcaire
Masse volumique absolue (g/cm3)	2,56	2,68	2,66	2,66
Module de finesse	1,64	2,63	-	-
Equivalent de sable (%)	83,18	88, 96	-	-

2.1. VASE

La vase a été prélevée au fond et en aval du bassin, elle a subi un traitement thermique par calcination dans un four lent à température de 750 $\pm$ 5 C° réglé à 5 C° /minute pendant 5 heures après qu'elle soit étuvée, broyée et tamisée à 80 µm. Ce traitement lui a conféré une réactivité pouzzolanique. La vase ainsi ; calcinée était récupérée et conservée à l'abri de l'air et de l'humidité. Les caractéristiques physiques et chimiques de la vase sont reportées dans les tableaux 2 et 3.

Tableau 2 : caractéristiques physiques et chimiques de la vase calcinée

Constituants	SiO2	CaO	MgO	Al2O3	Fe2O3	SO4	Perte au feu
Teneur %	54.69	14.25	3.08	15.49	7.50	nul	1.87

Tableau 3 : caractéristiques de la vase calcinée

Masse volumique absolue (g/cm^3)	2.62
Surface spécifique Blain (cm^2/g)	7964,0
Ip (indice d'activité) Ip $_{28\ jours}$	0,83
Ip (indice d'activité) Ip $_{90\ jours}$	0,86

2.2. COMPOSITIONS DE BETONS

Quatre bétons autoplaçants ont été confectionnés selon la méthode de volume de pâte. Le dosage en adjuvant est calculé afin de limiter la ségrégation et le ressuage, et d'obtenir un étalement compris entre 60 et 75 cm. Le dosage en granulats (G/S), le rapport Eau/liant (E/L) et volume de pâte ont été

gardés constants pour les compositions de BAP. Les essais ont été réalisés sur des bétons contenant différents pourcentages de vase en substitution par rapport au dosage en volume du ciment (10%,15% et 20 %). Les compositions des différents mélanges sont présentées dans le tableau.4.

Tableau 4 : Composition des bétons

Proportions des mélanges (kg/m3)									
Désignation Béton	E / L	Ciment	Vase	Eau Efficace	Adjuvant	Sm	Sc	G (3/8)	G (8/15)
BAPT	0.5	450	-	225	5.7	560	251	333	499
BAPV10	0.5	420	35	218	7.5	560	251	333	499
BAPV15	0.5	408	52	216	8.3	560	251	333	499
BAPV20	0.5	395	66	213	9.8	560	251	333	499

Avec **BAT** représente le béton témoin ; **BAPV 10** est un béton avec 10 % de vase calcinée ; **BAPV 15** ; béton avec 15 % de vase calcinée alors que le **BAPV 20** est le béton avec 20 % de vase calcinée

2.3. ESSAIS SUR BETON FRAIS ET DURCI

La caractérisation à l'état frais des bétons s'est limitée aux essais recommandés par l'AFGC [3] à savoir l'étalement au cône, l'écoulement à la boîte en L, la stabilité au tamis et ressuage. Quant aux essais à l'état durci il sera procédé à la mesure des performances mécaniques (résistances en compression sur des éprouvettes cylindriques 11x 22 cm, traction par flexion sur des éprouvettes prismatiques 7x7x28 cm) d'une part et mesure des variation dimensionnelles (retrait) d'autre part conformément aux normes françaises (NF P 18-455 ; NF P 18-433 ; NF P 15-433).

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. ETAT FRAIS

Les réponses des expériences du comportement à l'état frais réalisées sur les bétons confectionnés sont présentées dans le tableau.5

3.1.1. Essai d'étalement et boite en l

Nous pouvons constater que l'ensemble des BAP respecte le critère d'étalement, les valeurs spécifiées sont comprises entre 63,3 et 66,5 cm (tab.4) et (fig.2), traduisant une moindre viscosité. Bien qu'aucune limite ne soit donnée pour les temps d'étalement, les temps mesures pour atteindre la galette de 50 cm de diamètre (T50) sont proches des valeurs couramment rencontrée (3 secondes).

Les résultats d'essai pour la boite en L présentés dans le tableau.5 montrent clairement que les bétons présentent des rapports satisfaisant compris entre 0,80 à 0,85; la figure.2 schématise clairement l'influence du dosage en vase, nous constatons que plus ce dernier augmente plus le taux de remplissage diminue et plus le temps d'écoulement augmente, ces valeurs mesurées nous permettent d'apprécier la viscosité en fonction du dosage.

Tableau 5 : Caractérisation des bétons à l'état frais

Béton	BAPT	BAPV10	BAPV15	BAPV20
Étalement Φ (cm)	66,50	65,40	63,60	63,30
T 50 (s)	3,50	3,30	3,10	3,20
Essai boite L %	0,85	0,83	0,82	0,80
T40 (s)	3,40	3,50	3,70	3,60
Essai au tamis %	8,47	7,55	6,90	4,55
Ressuage ‰	1,25	1,18	1,12	1,15

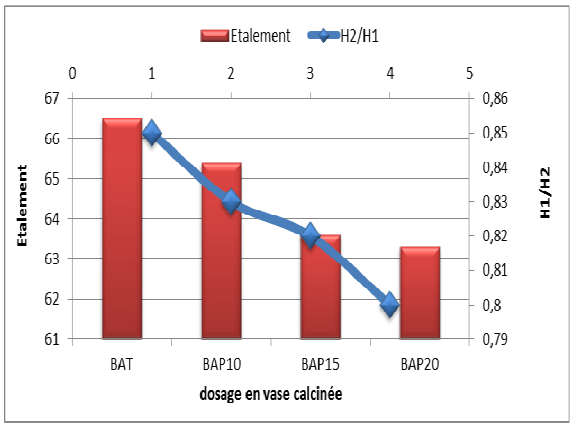

Figure 2 : variation d'étalement et taux de remplissage

3.1.2. Essai de stabilité au tamis et ressuage

Pour cet essai, la figure.3 montre aussi que tous les BAP ont un taux de ségrégation inférieur à 15 % ce qui exprime une bonne stabilité [3].

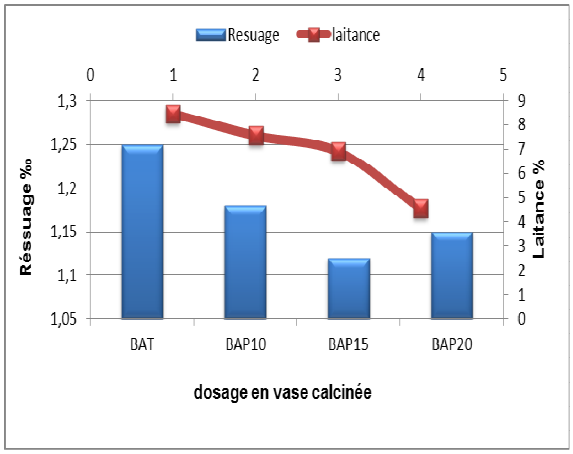

Figure 3 : variation du taux de ségrégation et ressuage

Il faudrait signaler que lorsque le taux est compris 0≤ Π ≤ 5%, la résistance à la ségrégation est dite «trop importante » c'est le cas du BAPV20 ou la pâte est trop visqueuse pour s'écouler à travers le tamis [4]. Les résultats indiquent que tous les bétons respectent la valeur préconisée. Les valeurs obtenues varient entre 1,12 et 1,25 ‰.

3.2. ETAT DURCI

3.2.1. Performances mécaniques

D'après les résultats obtenus, le BAPT affiche de bonnes performances mécaniques pour les différents échéanciers par rapport aux bétons substitués (BAPV). Nous constatons qu'au jeune âge, les bétons présentent des amplitudes similaires, en revanche et à long termes, leur amplitude commence à s'éloigner de celle du BAPT; sauf pour le BAPV 10 qui affiche une allure assez rapproché à partir de 28 jusqu'à 90 jours (fig.4).

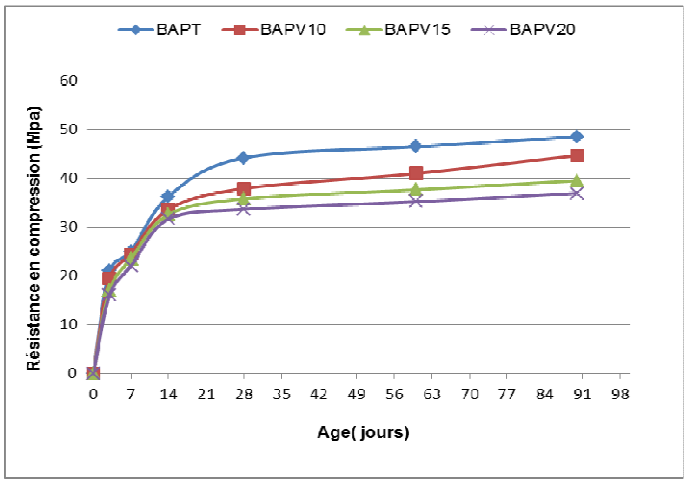

Figure 4 : Évolution de la résistance à la compression des bétons

L'évolution des résistances à la compression montre que durant la période de jeune âge, celle des bétons BAPV se développe plus lentement que celle du BAPT, avec une légère variation entre les valeurs mesurées, spécialement pour le BAPV10. Le BAPT a atteint respectivement 48 %, 60 % et 82 % de sa résistance à la compression à 28 jours pour les échéanciers de 3, 7 et 14 jours, alors que les BAPV10 , BAPV15 et BAPV20% ont atteint entre 48 à 51 % ; 64 et 65 % et 89 à 92 % à 3,7 et 14 jours respectivement, cela ne peut être expliquer que par l'effet filler joué par la vase en augmentant la compacité de la matrice cimentaire. Par contre entre 28 et 90 jours c'est le BAPV10 qui évolue distinctement aux autres BAPV, pour ces échéanciers nous pouvons distinguer l'effet de l'activité pouzzolanique sur les bétons.

Toutes fois il est intéressant de constater que même avec 20 % de substitution, la résistance à la compression reste dans des limites raisonnables de 30 MPa préconisée par les différents cahiers de charges de construction pour les bétons de bâtiment.

Il est connu que les facteurs influant sur l'évolution de la résistance à la compression influent également sur l'évolution de la résistance à la traction d'un béton. Les résultats obtenus montrent que les bétons BAPV ont développé de faibles résistances par rapport au BAPT de référence. D'après la figures.5 nous constatons que leur développement suit le même principe que la résistance à la compression, l'évolution des résistances au jeune âge est identique; ce qui confirme l'hypothèse du rôle d'effet filler joué par la vase, la résistance à la traction du BAPV10 affiche une convergence vers celui du BAPT dès 28 jours à déférence des deux autres bétons qui indiquent une amplitude assez atténuée. En général la perte des deux résistances ne dépasse pas la valeur moyenne de 25 % par rapport au béton témoin quel que soit l'âge et le taux de substitution.

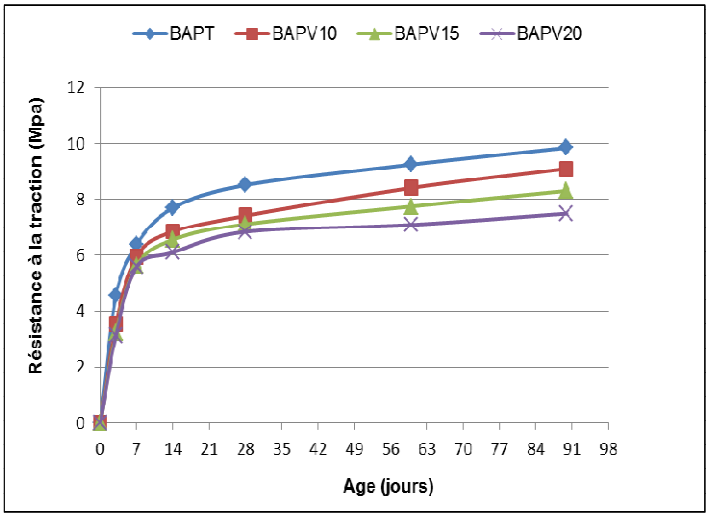

Figure 5 : Évolution des résistances à la traction des bétons

3.2.2. Déformations différées

a) Retrait endogène

Il apparait dans la figure.6, que les cinétiques des déformations du retrait endogène des bétons BAPV, sont assez semblables, ils présentent des allures similaires et presque identiques aux premiers âges et commencent à se différencier au fur à mesure que nous avançons dans le temps. Evolution du retrait dans le temps ; décrit deux étapes, la première est marquante et rapide jusqu'aux 28 jours la deuxième est assez atténuée et finit par se stabilisée au-delà des 90 jours pour l'ensemble des compositions. Le BAPT présente les déformations les plus élevées, dès les premiers jours et pour toute la durée des essais, celles des BAPV diminuent avec l'augmentation du dosage.

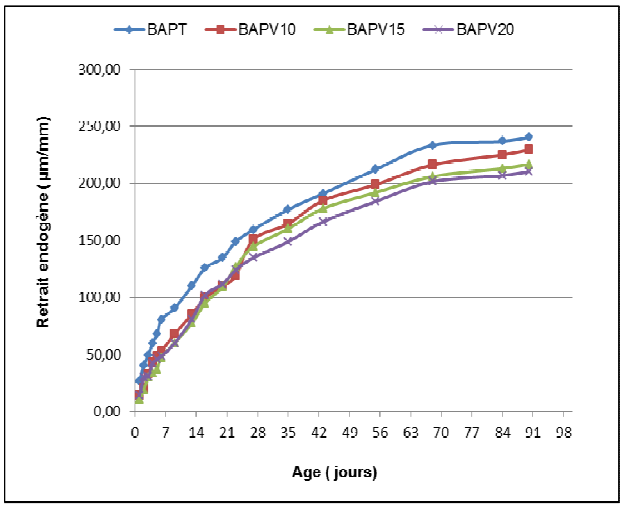

Figure 6 : Évolution du retrait endogène dans le temps

Étant donné que ce retrait est une conséquence de la phase d'hydratation [5] et [6] qui témoigne de sa cinétique et de la quantité d'hydrates formés; les ordres de grandeurs des déformations enregistrés pour les BAPV durant la période allant de 28 à 90 jours se rapprochent de ceux des

BAPT, en comparaison avec les valeurs affichées au jeune âge. Cette période est marquée par une évolution dans un même fuseau.

La diminution du retrait endogène en présence de vase calcinée peut s'expliquer par le fait que certains hydrates obtenus (aluminate de calcium hydraté) via la réaction pouzzolanique entre la silice et la portlandite, ont un caractère légèrement expansif [7] qui compense les variations dimensionnelles dues au retrait [8], les retraits présentent un même développement en fonction des résistances mécanique[9], l'auto-dessiccation étant un phénomène principal qui régit le retrait endogène croissant sous l'influence d'une résistance élevée.

b) retrait de dessiccation

On constate sur la figure.7, que les courbes obtenues pour les BAP apparaissent dans un fuseau. Nous en déduisant que la composante due au séchage n'est quasiment pas modifiée par le rapport (Vase/Ciment). Durant la première phase ; jusqu'aux 28 jours; l'évolution du retrait des BAPV par rapport au BAT est assez marquante. Par contre dans la deuxième phase cette même évolution commence à ralentir jusqu'à devenir presque constante jusqu'à 90 jours. Nous pouvons noter que la différence entre les valeurs du retrait mesurées a diminué par rapport à la première phase, ce qui prouve que l'amplitude des retraits commence à se stabiliser. Néanmoins quel que soit l'âge, le BAPT présente toujours les valeurs les plus élevées, par contre pour les BAPV leurs valeurs diminuent avec l'augmentation du taux de substitution en vase calcinée.

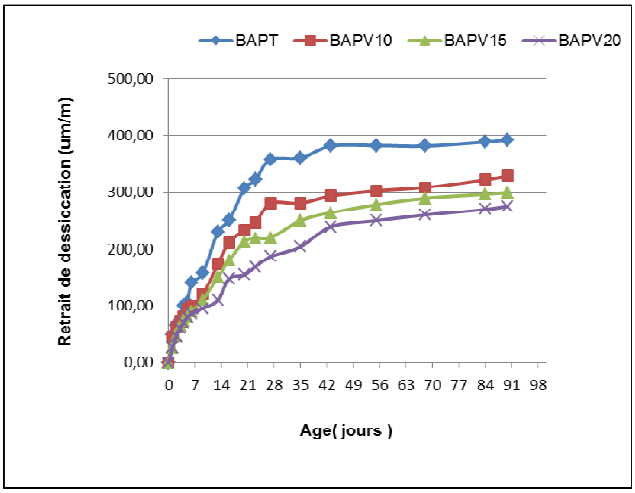

Figure 7 : Évolution du retrait de dessiccation dans le temps

La figure.8 montre aussi que les différentes courbes d'évolution du retrait de dessiccation en fonction de la perte de masse, sont représentées en deux phases; la première schématise un premier départ d'eau sans conséquence sur le retrait, la deuxième schématise évolution du retrait avec la perte d'eau, l'explication sans doute viendrait de l'existence de type d'eau et deux familles de pores : l'eau contenue dans les gros pores partirait sans provoquer de retrait alors que celle contenue dans les petits pores engendrerait les contractions du matériaux [10].

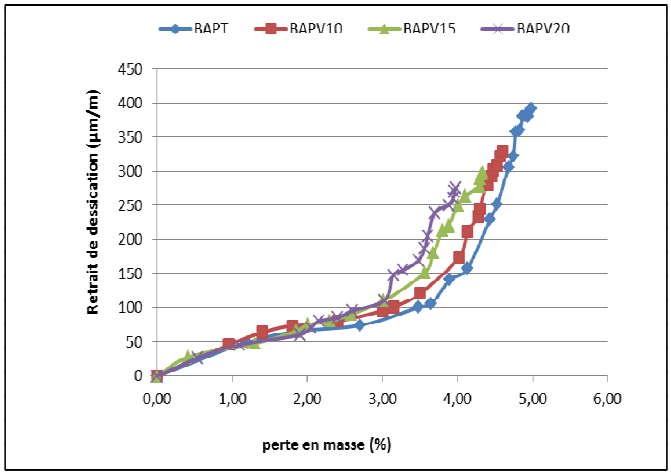

Figure 8 : Retrait de dessiccation en fonction de la perte de la masse.

c) Retrait total

Il évolue très rapidement pour tous les types d'éprouvettes conservées à l'air, à cause de la taille de ces dernières qui rend la dessiccation plus favorable. Au jeune âge le retrait est presque indépendant de la composition du béton (fig.9) ; les valeurs de retraits sont concentrées dans un même fuseau, l'effet de l'addition ne se manifeste qu'après la première semaine avec une légère supériorité pour le BAPT. A long terme, la présence de la vase diminue le retrait final en fonction du dosage de substitution. La figure.9 montre une évolution de déformation similaire pour tous les BAP, car au très jeune âge nous avons du mal à distinguer entre les graphes représentatifs de chaque béton, au-delà, le retrait du BAPT évolue beaucoup plus rapidement et se distingue des autres jusqu'à l'âge de 90 jours avec une amplitude similaire.

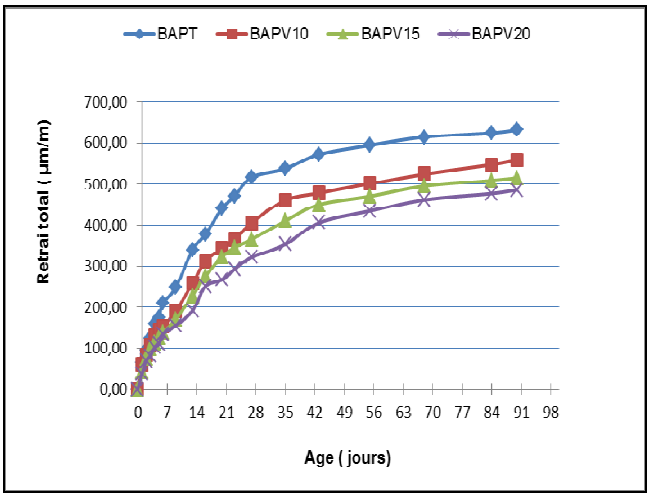

Figure 9 : Évolution du retrait total en fonction du temps

Sur la figure.10, nous avons tracé en fonction du log(t), le retrait total, plutôt que le retrait de séchage qui n'est qu'une estimation de basse. Trois phases appariassent pendant la première le retrait augmente progressivement, pendant la deuxième, il évolue linéairement avec le logarithme du temps, au cours de la troisième, la courbe de retrait s'infléchit vers une valeur asymptotique.

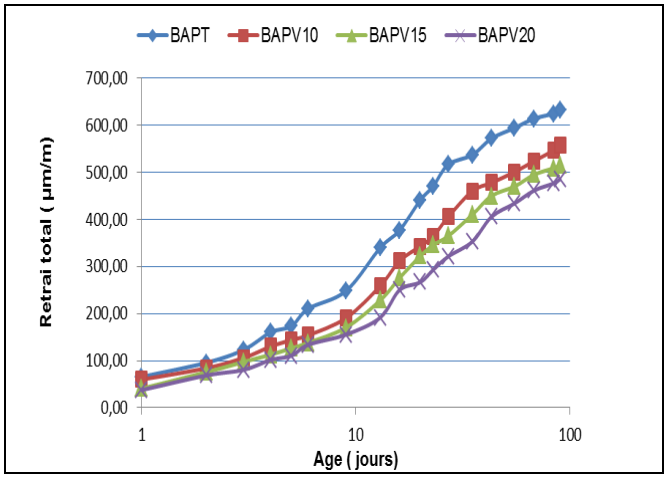

Figure 10 : .Retrait total en fonction du logarithmique temps

4. CONCLUSION

Notre étude a permis de confirmer la possibilité de la valorisation de la vase issue du barrage de Fergoug en tant que matériau substituable en partie au ciment. Les principales conclusions auxquelles nous sommes parvenues sont :

1- les résultats de l'étude du comportement du BAP à l'état frais en fonction du dosage de la vase calcinée ; indiquent que les BAP à base de vase calcinée sont plus visqueux par rapport au béton témoin, car au-delà d'un dosage critique, la viscosité du béton augmente avec la substitution. Seul le BAPV20 qui a présenté une ségrégation dite trop importante à l'essai de tamis. Outre l'essai de ressuage, les valeurs obtenues aux essais d'étalements, la boite en L et la stabilité au tamis, diminuent lorsque le dosage en vase calcinée augmente. Aussi la densification de la microstructure a joué un effet favorable en diminuant le ressuage ce qui peut nous donner une idée sur l'amélioration de l'interface pâte- granulats.

2- L'évolution des résistances est influencée par le rapport V/C, les résultats indiquent que les résistances mécaniques diminuent avec l'augmentation du pourcentage de vase calcinée, ces valeurs sont très tolérable pour des bétons réservés à des constructions de type bâtiments. Les meilleures valeurs pour les BAPV sont obtenues avec le BAPV10 %, mais il reste toujours que le BAPT présente les valeurs les plus élevées. En effet l'emploi d'addition minérale à caractère pouzzolanqiue entraîne la formation de nouveaux hydrates tels que C-S-H et C-A-H qui contribuent à l'amélioration des résistances mécaniques.

3- L'analyse des déformations différées libres en conditions endogène et dessiccation en présence de vase calcinée indique que cette vase contribue à diminuer les amplitudes du retrait par rapport au béton témoin, nous avons conclu que leurs cinétiques sont associées aux mécanismes physico-chimiques. La compacité de la microstructure et l'affinement des pores mènent à une baisse de la perméabilité et empêchent la diffusivité de l'eau et par conséquent diminuent le retrait de dessiccation et la perte de masse. Le retrait total suit le même principe, étant influencé par le retrait endogène plus que celui de dessiccation, il diminue aussi en fonction du rapport V/C et va dans le sens ou le retrait total est un phénomène intrinsèque du béton

En conclusion nous pouvons déduire qu'une substitution de 15 % du ciment par la vase est le taux le plus intéressant qui s'avère optimal, puisque c'est le taux moyen qui a satisfait les deux critères d'amélioration de résistance et réduction du retrait.

5. REFERENCES

1. Semcha, A.,Valorisation des sédiments de dragage : Applications dans le BTP, cas du barrage de Fergoug", Thèse de doctorat, Université de Reims Champagne-Ardenne, Décembre 2006
2. Remini, B., .Qualification du transport solide dans le bassin versant de l'oued Isser .Application à l'envasement du barrage de Béni Amrane", *2 eme CMEE Alger*, Oct 2002
3. AFGC Bétons AutoPlaçants Recommandations provisoires, Association française de Génie Civil, 2002.
4. Cussigh,F., Sonebi, M., and Schutter, G. *Project testing SCC-segregation test method*, Proceedings of the third international, RILEM conference on SCC, Reykjavik, Islande, Août 2003, pp 311-322.
5. Andra . *Référentiel des matériaux d'un stockage de déchets à haut activité et à vie longue*.Tome 2 matériaux cimentaires, document interne à l'Andra 2005
6. Yurtdas .I. *Couplage comportement mécanique et dessiccation des matériaux à cimentaire: étude expérimentale sur mortiers*. Thèse de l'université des sciences et technologie de Lille, 2003
7. Courard.l., A. Darimont, M. Sschouterden, F. Ferauche, X. Willem, R. Degeimbre, *Durability of mortars modified with metakaolin*, cement and concrete research, 33 (2003), pp 1473-1479
8. Brook JJ .MA Megat Johar. *Effect of metakaolin on creep and shrinkage of concrete*. cement and concrete research composite ,23 (2001) pp.495-502.
9. Persson. B, *Self desiccation and its importance in concrete technology*, materials and structures, 30, 1997, p 293-3.
10. Neville,A., *Propriétés des bétons.* Centre de recherche international du béton,Editions Eyrolles, 2000.