

# Suivi de l'endommagement du béton de terre induit par le séchage

Nathalie Kouta<sup>1</sup>, Jacqueline Saliba<sup>1</sup>, Nadia Saiyouri<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Bordeaux, UMR 5295, Institut de Mécanique et d'Ingénierie (I2M), CNRS, Esplanade des Arts et Métiers, 33405 Talence, France. [Nathalie.kouta@u-bordeaux.fr](mailto:Nathalie.kouta@u-bordeaux.fr)

**RESUME** De nos jours, l'utilisation des matériaux de construction écologiques et durables comme le béton de terre est devenue nécessaire. Ces matériaux sont composés essentiellement de particules fines comme l'argile qui les rendent très sensible au retrait ce qui peut avoir un effet néfaste sur leur durabilité. Dans cette étude, le retrait à long terme (à partir de 24h) et l'effet des conditions de cure sur la résistance mécanique du béton de terre ont été étudiés. Une investigation expérimentale sur l'évolution de l'endommagement pendant le retrait de dessiccation a été réalisée à l'aide de la technique d'émission acoustique (EA). Cette technique permet un suivi continu de l'endommagement en fonction du temps. La résistance du béton de terre diminue pour les éprouvettes conservées à de faible humidité relative. De plus, les résultats d'EA associés au retrait et à la mesure de perte de masse ont permis de décrire qualitativement le processus de séchage avec une activité acoustique fortement corrélée au taux de retrait.

**Mots-clés** Béton de terre, retrait, endommagement, émission acoustique.

## I. INTRODUCTION

Au cours de la dernière décennie, une grande quantité de ressources naturelles a été consommée par le secteur de la construction accompagnée de l'émission d'une grande quantité de CO<sub>2</sub> due à la production du ciment ; d'où la nécessité d'utilisation des matériaux écologiques et durables. Le béton de terre peut être considéré comme une alternative au béton classique dans le cas des structures ne nécessitant pas de hautes performances mécaniques (Kouta et al., 2019). De plus, ce dernier présente des caractéristiques thermiques, acoustiques et hygrométriques très intéressantes (Van Damma & Houben, 2016). Par contre, la présence d'une quantité importante de particules fines dans les bétons de terre les rend très sensible aux différents types de retrait qui peuvent induire des fissurations et affecter leur résistance et leur durabilité (Fonseca et al., 2011). Le retrait du béton se fait en deux étapes : au jeune âge (avant 24 h) et à long terme (à partir de 24 h) (Saliba et al., 2011). Dans cette étude, le retrait à long terme a été étudié. Ce retrait est dû au retrait endogène, lié au retrait chimique et au retrait d'auto dessiccation indépendamment de la perte d'eau extérieure, et au retrait de dessiccation, lié à la diminution de l'humidité relative dans le réseau poreux induisant des ménisques d'eau et par conséquent des contraintes importantes sur les parois des pores.

L'objectif de cette étude est d'étudier l'évolution de l'endommagement dû au retrait du béton de terre. Pour cela, le retrait a été suivi à partir de 24 h en parallèle avec la perte de masse et l'activité acoustique. L'effet du séchage sur la résistance à la compression a été aussi étudié.

## II. MATERIAUX ET PROCEDURE EXPERIMENTALE

### A. Matériaux et formulations

Le sol utilisé dans cette étude est un sol artificiel afin de limiter la variabilité des sols naturels et mieux comprendre les mécanismes physiques. Le sol artificiel est composé de 30% de bentonite (75% smectites, 15% illite et 10% de kaolinite) et de 70% de sable afin d'avoir une bonne compacité. Ce mélange est traité par deux types de liants hydrauliques la chaux et le ciment afin d'améliorer les propriétés mécaniques et la durabilité de ces bétons de terre. La chaux utilisée est la chaux hydraulique (NHL5) selon la norme européenne EN 459-1 avec un pourcentage de 3% du mélange sable-argile. Le ciment utilisé est le ciment CEM 1, 52.5 N PM-CP2 adopté au standard NF EN197-1 avec un pourcentage de 8% de la masse de la formulation. Différents pourcentages (0 ; 0,3 et 0,6%) de fibres de lin de 12 mm de longueur ont été aussi ajoutés au mélange.

### B. Procédure expérimentale

Les essais de compression ont été réalisés à l'aide d'une machine électromécanique d'une capacité de 100 kN. Ces essais ont été pilotés avec le déplacement du vérin avec une vitesse constante de 0,6 mm/min. L'essai de compression a été réalisé sur des éprouvettes cubiques de  $10 \times 10 \times 10$  cm<sup>3</sup> à 28 jours. Les éprouvettes testées ont été conservées dans deux conditions de cure à 90% et 50% d'humidité relative et une température de 20°C.

Les essais de retrait ont été réalisés sur des éprouvettes rectangulaires de dimensions  $7 \times 7 \times 28$  cm<sup>3</sup> équipées de plots métalliques à leurs extrémités lors du coulage du béton de terre. Ces éprouvettes ont été coulées et conservées pendant 24 heures en condition endogène pour éviter le séchage du béton. Après 24 heures, les éprouvettes ont été démoulées et les essais ont été réalisés dans une salle climatisée à 20 °C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ) et HR de 50 % ( $\pm 5\%$ ). La mesure de la déformation longitudinale due au retrait a été réalisée à l'aide des capteurs LVDT de 3  $\mu\text{m}$  de précision pendant plusieurs semaines. Pour le retrait total, les extrémités de l'éprouvette ont été recouvertes d'une feuille adhésive en aluminium afin de permettre un séchage latéral identique des quatre faces du béton. Pour le retrait endogène, les éprouvettes ont été recouvertes entièrement avec deux couches de papier aluminium adhésif pour éviter le séchage. La perte de masse a été mesurée simultanément sur des éprouvettes conservées dans les mêmes conditions de séchage.

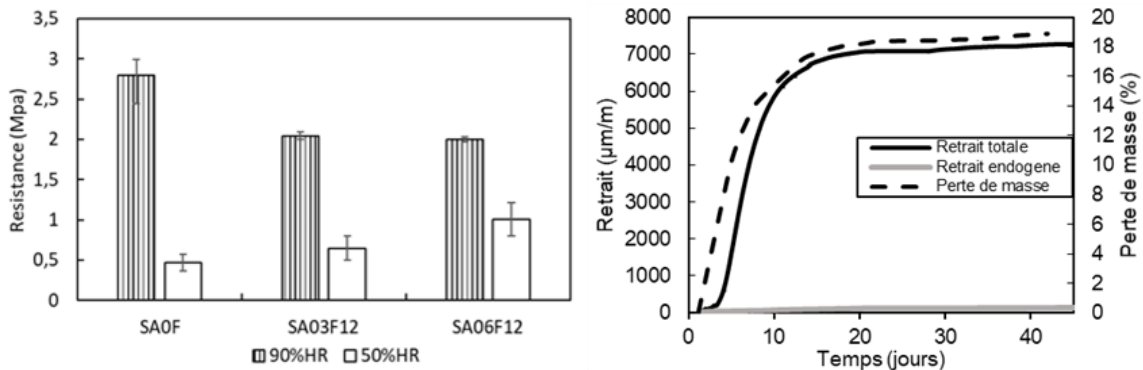
L'activité acoustique a été suivie à l'aide d'un système d'acquisition MISTRAS comprenant huit voies et de 4 capteurs piézoélectriques R15 positionnés en 2D avec une faible couche de silicone pour assurer un bon couplage. Les signaux ont été amplifiés avec un amplificateur ayant un gain de 40 dB. Un seuil de détection de 35 dB a été choisi pour filtrer le bruit de fond. Une vitesse de propagation de 1000 m/s a été mesurée.

## III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### A. Effet des conditions de cure sur la résistance et le retrait

La Fig.1 (a) présente la contrainte à la compression maximale des éprouvettes du béton de terre conservé à 90% et 50% d'HR pour les formulations sans fibres et avec 0,3 et 0,6% de fibres de lin. La résistance du béton est beaucoup plus faible pour les éprouvettes conservées à 50% d'HR. Cette perte de résistance peut être due aux microfissurations développées dans le béton de terre à cause du séchage. La diminution de la résistance est beaucoup plus importante pour la formulation sans fibre. L'ajout des fibres de lin a permis d'améliorer la ductilité du béton.

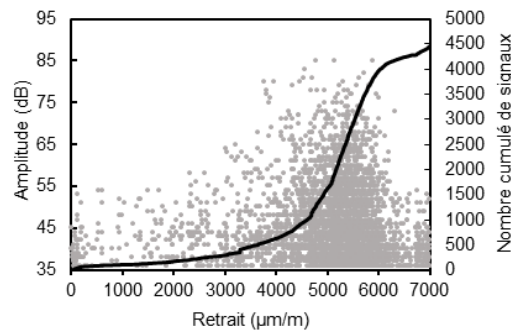
La Fig. 1 (b) présente le retrait endogène et le retrait total ainsi que l'évolution de la perte de masse des éprouvettes exposées au séchage. Le retrait endogène est relativement très faible et presque négligeable par rapport au retrait total qui est lié directement au retrait de dessiccation (retrait de dessiccation = retrait total - retrait endogène). L'évolution du retrait de dessiccation en fonction du temps peut être divisée en trois phases. Dans la première phase, durant les 4 premiers jours qui suivent le coulage du béton, le taux de perte de masse est très élevée accompagné d'une faible augmentation du retrait de dessiccation ; ce qui peut être relié à l'évaporation de l'eau de la surface. Dans la deuxième phase, le retrait augmente rapidement avec une augmentation de la perte de masse jusqu'à la stabilisation de la variation du retrait et de la perte de masse dans la troisième phase après 20 jours.



**FIGURE 1.** (a) Résistance maximale des éprouvettes de béton de terre conservées à 50% et 90% d'HR pour SA0F, SA03F12 et SA06F12 (b) Evolution du retrait endogène et total du béton de terre en parallèle avec la perte de masse en fonction du temps pour SA0F.

### B. Corrélation entre le retrait et les paramètres d'EA

L'essai de retrait a été suivi à l'aide de la technique d'émission acoustique pendant plusieurs jours. La Fig.2 présente la corrélation entre le nombre cumulé ainsi que l'amplitude des signaux et le retrait pour la formulation sans fibre comme elle était la plus affectée par le séchage. Trois phases ont été distinguées. Ces mêmes phases ont été aussi observées en étudiant la relation entre la perte de masse et le retrait (Fig.1 (b)). Pendant la première phase qui peut être reliée au départ de l'eau de surface, très peu de signaux (500 signaux) ont été émis. De plus, les signaux générés pendant cette phase présentent de faibles amplitudes. Pendant la deuxième phase, une évolution importante du nombre cumulé de signaux (de 500 à 4000 signaux) a été observée avec des signaux de fortes amplitudes indiquant le développement des microfissures et de l'endommagement du béton de terre entre le 6<sup>ème</sup> et le 10<sup>ème</sup> jour qui suivent le coulage. Ceci peut être dû au gradient de déformations générées par le retrait de dessiccation au niveau des surfaces exposées au séchage. Pendant la troisième phase ou la phase de stabilisation du retrait, une diminution notable de l'activité acoustique a été observée avec des signaux de faibles amplitudes indiquant la stabilisation de propagation des microfissures dans le matériau dû à la diminution de la perte de masse et du retrait de dessiccation.



**FIGURE 2.** Corrélation entre le nombre cumulé ainsi que l'amplitude des signaux acoustiques et le retrait pour SA0F

#### IV. CONCLUSIONS

L'évolution de l'endommagement induit par le retrait de dessiccation a été suivie à l'aide de la technique d'EA. La technique d'EA a permis de distinguer trois phases différentes pendant le séchage indiquant des mécanismes différents. De plus, une corrélation a été observée entre l'activité acoustique et l'évolution du retrait. Les résultats montrent que l'endommagement dû au retrait de dessiccation se développe pendant la deuxième phase après 6 jours du coulage. Cet endommagement peut être en partie responsable de la diminution de la résistance observée avec les essais de compression. Une étude supplémentaire sera réalisée par la suite pour mieux comprendre l'effet des fibres de lin sur le retrait ainsi que l'endommagement induit et une meilleure classification des signaux obtenus.

#### REFERENCES

Fonseca, N., Brito, J., & Evangelista, L. (2011). The influence of curing conditions on the mechanical performance of concrete made with recycled concrete waste. *Cement and Concrete Composites*, 33(6), 637-643.

N. Kouta, J Saliba., B. El Olf, & N. Saiyouri. (2019). Study of the effect of flax fibers on the fracture behavior of earth concrete by simultaneous application of digital image correlation and acoustic emission. *10th International Conference on Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structures FraMCoS-X*, 23-26 June, Bayonne, France.

Saliba, J., Rozière, E., Grondin, F., & Loukili, A. (2011). Influence of shrinkage-reducing admixtures on plastic and long-term shrinkage. *Cement and Concrete Composites*, 33, 209-217.

Van Damma, H., & Houben, H. (2016). Earth concrete. Stabilization revisited. *Cement and Concrete Research*, 114, 90-102.