

# STABILISATION A FROID, A L'AIDE DE CHAUX, DE PRODUITS A BASE D'ARGILE EXTRUDEE

Par

**M. TEMIMI**

Chercheur, Laboratoire GTMa, INSA de Rennes, France

**A. AIT MOKHTAR**

Chercheur, Laboratoire GTMa, INSA de Rennes, France

**M. LAQUERBE**

Professeur, Laboratoire GTMa, INSA de Rennes, France

## Résumé

*Cette étude porte sur les matériaux à base d'argile stabilisée à froid à l'aide d'un liant (chaux vive, chaux hydraulique), et mis en forme par extrusion. La conjugaison de ces deux procédés (stabilisation et extrusion) vise à mettre au point des matériaux de construction "nouveaux", à la fois résistants et économiquement intéressants, notamment pour des pays en voie de développement dont les besoins en matière de logements sont considérables.*

*L'utilisation de la chaux vive comme stabilisant ne convient pas à ce procédé de fabrication, car son extinction provoque une forte élévation de température et une grande évaporation d'eau rendant ainsi l'extrusion du mélange difficile. De plus, les produits stabilisés avec ce liant n'ont aucune tenue à l'eau. Avec la chaux hydraulique, les mélanges satisfont aux exigences de fabrication et possèdent une certaine résistance mécanique. Leur comportement à l'eau est meilleur, mais demeure quelque peu insuffisant. Les matériaux argileux stabilisés à la chaux hydraulique peuvent se prêter aux produits utilisables à l'intérieur des bâtiments (cloisons, planchers, etc.), qui n'ont pas à résister aux sollicitations engendrées par l'action des agents atmosphériques.*

**Mots clés :** stabilisation à froid • extrusion • argile • liant.

## 1 INTRODUCTION

De nombreuses études d'argiles stabilisées à froid à l'aide d'un liant (ciment, chaux, etc.) et mises en forme par extrusion [1], [2], [3], [4] et [5] ont été réalisées au Laboratoire Géomécanique, Thermique et Matériaux du génie civil (GTMa) de l'INSA de Rennes afin de mettre au point des matériaux de construction "nouveaux" à faible coût énergétique. Ces travaux ont mis en évidence la possibilité de fabriquer, dans certaines conditions, des produits de qualité, dont le coût s'avère intéressant du fait d'une plus faible consommation d'énergie [6]. C'est ainsi, par exemple, que des briques stabilisées à froid par le ciment (SBF) ont servi à la construction d'un pavillon expérimental à l'INSA et que le procédé de fabrication de ce type de produits est actuellement utilisé dans une briquetterie au Burkina Fasso.

L'utilisation d'un liant dans les produits argileux permet de conférer à l'argile des qualités qu'elle ne possède pas seule. Ces qualités diffèrent selon le type de stabilisant employé. Le choix des liants peut être guidé par un certain nombre de critères dont :

- le coût,
- la disponibilité,
- l'efficacité.

Il nous a paru intéressant d'étudier l'effet stabilisant de la chaux dans les matériaux argileux stabilisés à froid pour, d'une part, comparer les résultats obtenus avec ceux des mélanges argile-ciment et, d'autre part, tenir compte des alternatives à la fabrication de tels produits, inhérentes aux conditions locales.

## 2 MATERIAUX ET ESSAIS

### 2.1 Matériaux utilisés

#### 2.1.1 Argile

La présence d'argile est nécessaire pour apporter au mélange une cohésion et une plasticité lui permettant une extrusion dans de bonnes conditions.

L'argile utilisée dans le cadre de cette étude est une argile monominérale traitée, la kaolinite, provenant du gisement de Plémeur (Bretagne du Sud, France).

#### 2.1.2 Liants

Deux types de chaux ont été retenus, une chaux hydraulique artificielle "Lafarge 100" définie dans les normes françaises [7] et une chaux magnésienne vive commercialisée par l'usine "Chaux et Dolomies Françaises" de Neau (Mayenne).

### 2.2 Essais

#### 2.2.1 Préparation des mélanges et procédé de fabrication

Les différents mélanges sont malaxés d'abord à sec puis l'eau est rajoutée progressivement jusqu'à l'obtention d'une pâte extrudable. Cette phase de malaxage est primordiale, car elle homogénéise la répartition du liant au sein des particules argileuses.

La pâte est ensuite mise en forme par une mouleuse de laboratoire (extrudeuse) qui fonctionne selon un principe identique à celui des machines industrielles utilisées en briqueterie. La matière introduite dans l'extrudeuse ressort par la poussée sous vide d'une vis sans fin à travers la filière, de forme et de dimensions choisies (de section  $4 \times 4 \text{ cm}^2$ ).

Les compositions étudiées sont reportées au tableau

1, où les pourcentages pondéraux des constituants sont donnés par rapport au mélange total d'éléments secs.

Mélanges	Argile (%)	Chaux vive (%)	Chaux hydraulique (%)	Eau (%)
M1	80	20	0	46
M2	95	0	5	28
M3	90	0	10	28
M4	85	0	15	28
M5	80	0	20	28

Tableau 1 : Composition des mélanges étudiés.

#### 2.2.2 Prélèvement des éprouvettes

Les éprouvettes sont prélevées tous les 16 cm sur le profilé de section  $4 \times 4 \text{ cm}^2$ , qui sort de façon continue de la filière. Elles présentent donc une forme prismatique ( $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$ ) normalisée dans l'étude des mortiers et microbétons et peuvent être testées selon les normes en vigueur [8].

Les éprouvettes ont été conservées, juste après extrusion en salle régulée ( $20^\circ \text{ C}$ , 50% d'humidité relative).

#### 2.2.3 Essais effectués

Pour pouvoir apprécier l'efficacité de la stabilisation des produits, des tests de variations dimensionnelles et pondérales, de résistances mécaniques (à la traction par flexion et à la compression) et de tenue à l'eau ont été réalisés au cours du temps sur un minimum de trois éprouvettes par type d'essai.

## 3 ANALYSE DES RESULTATS

### 3.1 Variations dimensionnelles et pondérales

Au cours de leur conservation dans une ambiance à  $20^\circ \text{ C}$  et 50% d'humidité relative, les échantillons

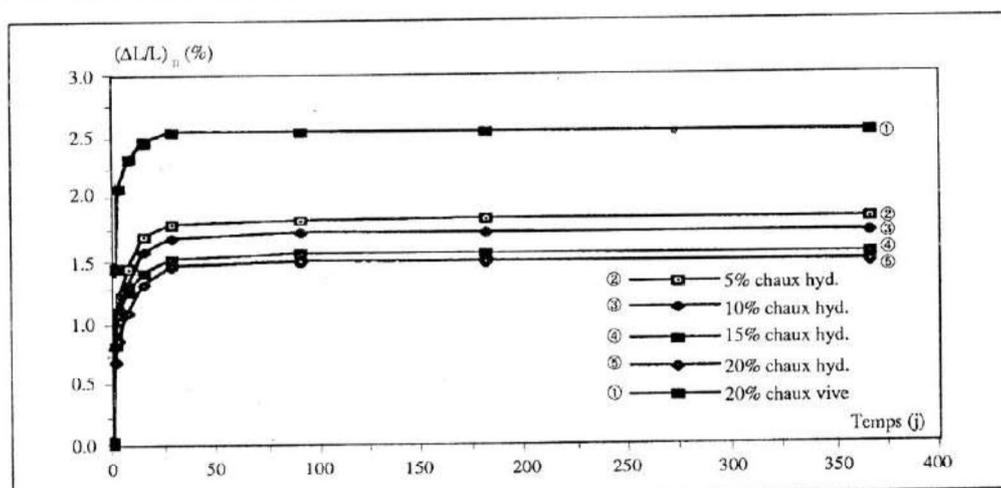


Figure 1 : Retraits de constitution  $(\Delta L/L)_n = (L_0 - L_n)/L_0$  en fonction du temps ( $L_0$  : longueur de l'éprouvette après extrusion,  $L_n$  : longueur à n jours de conservation en salle régulée).

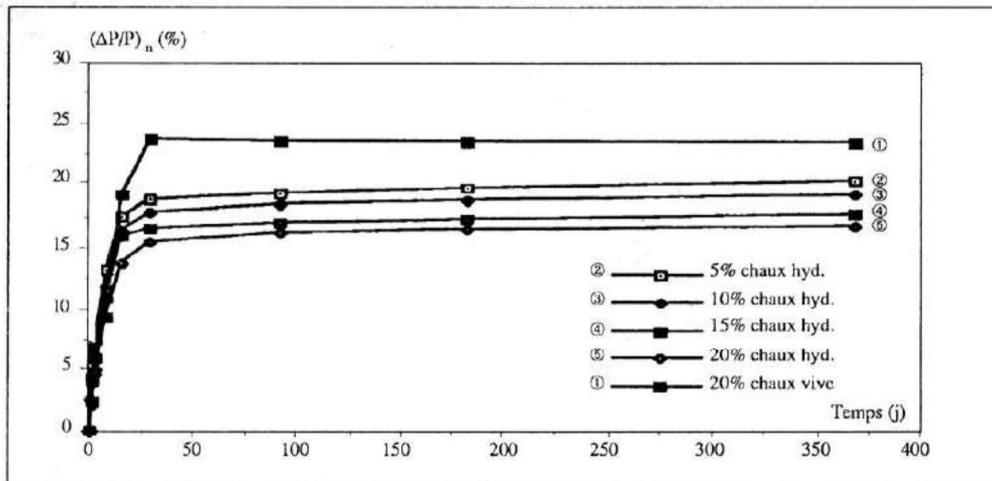


Figure 2 : Pertes de poids de constitution  $(\Delta P/P)_n = (P_o - P_n)/P_o$  en fonction du temps ( $P_o$  : poids de l'éprouvette après extrusion,  $P_n$  : poids à n jours de conservation en salle régulée).

subissent des retraites et des pertes de poids dont la majeure partie s'effectue à très brèves échéances et devient pratiquement stable à partir de 28 jours d'âge environ (Figures 1 et 2).

Les valeurs de ces paramètres sont diminuées avec l'ajout de chaux hydraulique. En effet, la présence de chaux en quantités croissantes entraîne des pertes de poids de plus en plus faible, car l'eau est d'autant plus retenue au cours du processus d'hydratation que le pourcentage de liant augmente. Ainsi, les retraites dus essentiellement à l'évaporation de l'eau contenue dans les capillaires et les pores sont également diminués. Avec la chaux vive, ces valeurs sont relativement plus importantes. Cela peut s'expliquer par l'extinction de cette chaux, qui provoque une forte chaleur d'hydratation et une évaporation d'eau élevée, d'où des pertes de poids et des retraites plus accentués.

### 3.2 Résistances mécaniques

Les figures 3 et 4 montrent que les résistances à la traction par flexion et à la compression varient d'une

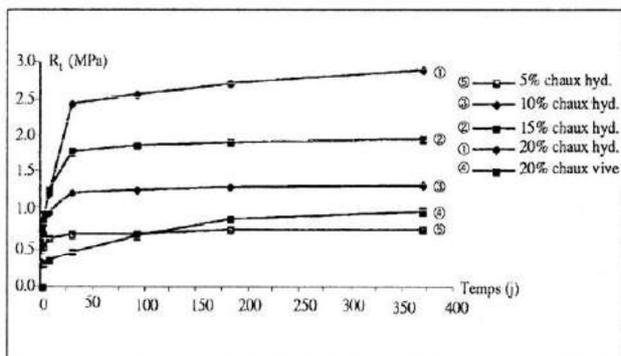


Figure 3 : Résistances à la traction par flexion  $R_t$  en fonction du temps.

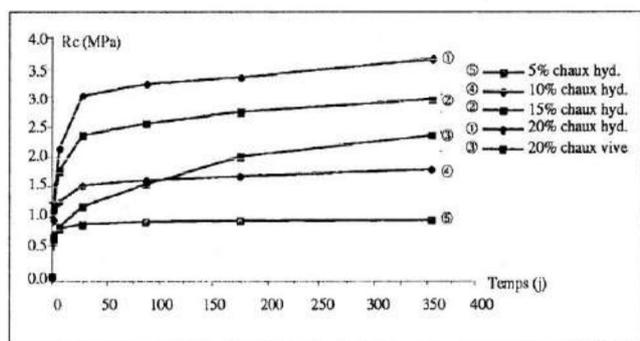


Figure 4 : Résistances à la compression  $R_c$  en fonction du temps.

façon significative jusqu'à 28 jours d'âge et évoluent relativement peu au delà de cette échéance. Ces résistances sont une fonction croissante du dosage en chaux hydraulique utilisée. Pour une même teneur en liant (20%), les valeurs obtenues sur les éprouvettes d'argile-chaux hydraulique sont plus élevées que celles observées sur des échantillons d'argile-chaux vive, notamment en traction par flexion. Cette différence est probablement liée à l'important retrait de ces derniers qui entraîne des contraintes internes intenses.

### 3.3 Tenue à l'eau

Ces essais permettent d'apprécier le comportement à l'eau du matériau et donc le fait qu'il conserve ou non sa cohésion.

Après 28 jours de conservation en salle régulée (20° C, 50% d'humidité relative), les éprouvettes sont immergées durant 72 heures dans l'eau à 20° C. A l'issue de ce temps, on note l'état des éprouvettes par la présence ou pas de fissures (fissures superficielles ou profondes).

Les éprouvettes contenant 5 et 10% de chaux

hydraulique présentent des fissures profondes ; celles de 15 et 20% présentent des fissures légères en surface ; et celles constituées de 20% de chaux vive se désagrègent quelques heures seulement après leur immersion. Mis à part le gonflement de l'argile au contact de l'eau, cette désagrégation résulte des grains de chaux non éteints qui, en s'hydratant, augmentent de volume.

### 3.4 Résultats obtenus avec l'argile-ciment

A titre indicatif, le tableau ci-dessous regroupe l'ensemble des résultats obtenus à 28 jours pour des mélanges argileux stabilisés au ciment. Les compositions des mélanges sont les mêmes que celles étudiées avec la chaux hydraulique, sauf que celle-ci a été remplacée par le ciment CPA 55.

Teneur en CPA (%)	Retraits (%)	Pertes de poids (%)	Résistances mécaniques		Tenue à l'eau
			TF (1) (MPa)	C (2) (MPa)	Fissures
5	1.41	17.31	1.27	2.74	Superficielles
10	1.30	16.40	2.51	4.42	Superficielles
15	1.20	15.40	3.63	6.05	Non
20	1.08	13.70	4.99	7.28	Non

(1) TF = traction par flexion, (2) C = compression.

Tableau 2 : Résultats des essais de stabilisation au ciment

Ces valeurs montrent qu'on obtient une meilleure stabilisation avec le ciment qu'avec la chaux hydraulique et mettent en évidence le rôle joué par les facteurs intrinsèques au liant (composition chimique et minéralogique, finesse).

## 4 CONCLUSIONS

L'utilisation de la chaux vive dans les matériaux à base d'argile mis en forme par extrusion ne permet pas de les stabiliser correctement. En effet, les produits obtenus présentent d'importants retraits et pertes de poids en eau dus aux fortes chaleurs d'hydratation. Ils n'ont aucune tenue à l'eau et possèdent de faibles résistances mécaniques (surtout en traction par flexion). Signalons aussi que l'élévation de température et l'évaporation d'eau qui se produisent au cours de l'extinction ont été telles que le mélange a changé de comportement rhéologique, rendant ainsi son extrusion difficile.

Avec la chaux hydraulique, les qualités globales des produits sont meilleures. Bien que leur comporte-

ment à l'eau soit amélioré, il reste insuffisant, en particulier pour de faibles dosages en liant (5 et 10%). Ces matériaux peuvent être employés à l'intérieur des bâtiments, où ils ne sont pas exposés à l'action des agents atmosphériques.

La stabilisation au ciment apporte une amélioration. Par conséquent, à performances techniques comparables, on obtient des produits à plus faible dosage en liant. La question se pose de déterminer où se situe l'optimum économique et s'il vaut mieux travailler avec moins de ciment que de chaux.

Enfin, en vue d'un élargissement du champ d'application du matériau argile-liant, d'autres solutions sont envisageables, telle que celle qui consiste en l'incorporation de matières pouzzolaniques provenant de résidus naturels ou industriels ①

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] M. Mimoun : "Etude de matériaux composites argile-ciment-fibres". Thèse de Doctorat, INSA de Rennes, 1987.
- [2] J.P. Molard, J.P. Camps & M. Laquerbe : "Etude de l'extrusion et de la stabilisation par le ciment d'argiles monominérales". Materials & Structures, n°20, pp 44-50, 1987.
- [3] M. Temimi, A. Ait Mokhtar, J.P. Camps & M. Laquerbe : "The use of fly ash in clay products stabilized with cement and lime, obtained through extrusion". Int. conf. of waste materials in construction, Maastricht (Holland), pp 451-458, 1991.
- [4] M. Temimi, A. Ait Mokhtar, J.P. Camps & M. Laquerbe : "Utilisation des cendres volantes dans des produits argileux stabilisés à froid et mis en forme par extrusion". Materials & Structures, n°25, pp 397-403, 1992.
- [5] A. Ait Mokhtar, M. Temimi & M. Laquerbe : "Produits argileux stabilisés à froid et mis en forme par extrusion". Construire, n°47, pp 25-39, 1993.
- [6] A. Ait Mokhtar, M. Temimi & M. Laquerbe : "Application industrielle ; le procédé SBF". Construire, n° 47, pp 40-43, 1993.
- [7] Normes AFNOR, NFP 15-300 à 15-312.
- [8] Normes AFNOR, NFP 15-400, NFP 18-400 et suivantes.