
Comportement des agents de démoulage en émulsion à l'interface coffrage/béton

Libessart Laurent¹, Laiymani Issam¹, Djelal Chafika¹, Vanhove Yannick¹

¹ Univ. Artois, EA 4515, Laboratoire de Génie Civil et géo-Environnement (LGCgE), F-62400 Béthune, France

laurent.libessart@univ-artois.fr

RÉSUMÉ. Afin d'assurer un démoulage de qualité du béton, l'agent de décoffrage doit former un film homogène sur le coffrage pour résister à la friction du béton sur les parois du coffrage. Une alternative pour réduire la quantité globale d'huile sur le chantier est l'utilisation des émulsions. Pour cela, il est important de contrôler son application et sa résistance pour assurer un bon décoffrage. L'adhérence et l'affinité avec le support ont été étudiées par l'adhérence de l'énergie solide/liquide. Cette énergie a été calculée en utilisant l'équation Zisman qui utilise l'angle de goutte et la tension de surface Liquide/Vapeur. L'évolution du film d'émulsion dans le temps est observée pour confirmer la stabilité du film après 15 min. Deux formulations commercialisées d'émulsion ont été comparées. Pour corrélérer ces résultats, le comportement des films d'émulsions à l'interface coffrage/béton a été étudié avec un tribomètre plan/plan créé pour les milieux complexes. Les premiers résultats montrent des performances tout à fait satisfaisantes comparées aux huiles.

ABSTRACT. To ensure a high-quality demoulding of the concrete, the release agent must form a homogeneous film on the formwork to resist the friction of the concrete on the walls of the formwork. An alternative to reduce the total quantity of oil on the building site is the use of the emulsions. For that, it is important to control its application and its resistance to ensure a good demoulding. The adherence or the affinity with the support was studied via the Solid/Liquid energy adhesion. This energy was calculated using the Zisman equation which utilizes the angle of drop and the surface tension Liquid/Vapour. The evolution of the emulsion film over time is observed to confirm the stability of the film after 15 min. Two commercially emulsion formulations were compared. To correlate these results, the behavior of the oil films to the interface concrete/formwork is studied with a plane/plane tribometer for the complex mediums. Initial results show very satisfactory performance compared with oils.

MOTS-CLÉS : tribomètre, frottement, émulsion, énergie d'adhésion, interface,

KEYWORDS: tribometer, friction, emulsion, energy adhesion, interface

1. Introduction

Le décoffrage du béton est depuis toujours une problématique sur les chantiers, la réglementation en vigueur limite l'utilisation des huiles de décoffrages à deux heures par jour et par utilisateur, contraignant fortement les chantiers. Les utilisateurs cherchent à s'en affranchir par l'utilisation de nouvelles techniques : comme la polarisation [GOU 14], la création de nouveaux revêtements de surface [SPI 18] ou encore la mise en œuvre d'un film à l'interface [KOT 17]. Malgré ces nouvelles techniques, les agents de démoulages restent très largement utilisés, et, en particuliers les huiles de démoulages pour lesquelles de nombreuses études sont retrouvées dans la bibliographie [DJE 08]. Avec la protection de l'environnement des produits à base végétales sont apparus. S'ils permettent une bonne mise en œuvre du béton dans le coffrage, des désordres peuvent néanmoins apparaître en cas de surdosage [LIB 14]. Il est donc important de contrôler l'application et l'homogénéité du film. L'utilisation des émulsions est donc une alternative intéressante à développer. En effet, elles permettent d'appliquer moins d'huile sur la surface du coffrage et donc de réduire la quantité globale de produit. Le comportement des émulsions qu'elles soient à base végétale ou minérale a été très peu étudié en génie civil. Le film d'huile créé avec évaporation de la phase aqueuse sera-t-il homogène et résistant au passage du béton ? Pour cette étude, deux formulations d'émulsion ont été comparées avec deux huiles de démoulages, toutes commercialisées. L'adhérence et l'évolution des films avec le support ont été analysées, dans un premier temps, puis, l'évolution de leur résistance au passage du béton a été caractérisée à l'aide d'un tribomètre plan/plan.

2. Caractérisation des émulsions

Une émulsion est la dispersion d'un liquide en fines gouttelettes dans un autre liquide. Ces deux liquides doivent être non miscibles et avoir des solubilités différentes. Au niveau macroscopique, une émulsion apparaît comme homogène mais au niveau microscopique, elle reste hétérogène. Ainsi, dans le cas d'une émulsion d'eau et d'huile, l'huile se disperse dans l'eau sous la forme de minuscules gouttelettes. Les agents de démoulage sélectionnés pour cette étude sont des émulsions minérales et végétales commercialisées. Elles se présentent sous deux formes [LIB 18]: une émulsion minérale inverse avec comme phase dispersée, l'eau (MIE) et une émulsion végétale directe avec comme phase dispersée, l'huile (VDE). Elles sont comparées à deux huiles de démoulage à base végétale (V) et à base minérale (M) (Tableau 1).

Tableau 1. Propriétés des agents de démoulage

	VDE	MIE	V	M
Type	Emulsion Directe	Emulsion Inverse	Huile	Huile
Couleur	Blanche	Blanche	Jaune	Jaune
Nature	Végétale	Minérale	Végétale	Minérale
Point éclair, °C	> 100	96	>100	>100
Densité	< 1	< 1	0.93	0.86

La valeur d'énergie d'adhésion liquide/solide est représentative de la force d'adhésion entre un liquide et son support, sa détermination est importante pour connaître la résistance du film sur le support [LIB 15]. Elle est déterminée par l'équation de Zisman :

$$\omega_{LS} = \gamma_{LV} \times (1 + \cos \theta) \quad [1]$$

Pour la calculer, il est nécessaire de mesurer l'angle de contact (goniomètre type PGX) et la tension superficielle liquide/vapeur (lame de Wilhelmy). Les valeurs sont données dans le tableau 2 pour une température de 20°C. Les résultats sont de mêmes grandeurs que pour les huiles de décoffrages.

Tableau 2. Propriétés interfaciales des agents de démoulage à 20°C

	Tension superficielle L/V (mN/m)	Angle de contact (°)	Energie d'adhésion L/S (mN/m)
VDE	40.0	33.1	73.50
MIE	37.1	22.5	71.35
V	33.4	32.8	61.5
M	30.6	18.5	59.6

Pour analyser l'homogénéité du film, l'évolution du film a été analysée par microscopie optique pour l'émulsion VDE (Figure 1). En effet, les fournisseurs conseillent après l'application, un temps d'attente 15-20 min pour assurer une évaporation totale de la phase hydrophile. Sur les photos, la couleur blanche (phase aqueuse) de l'émulsion facilite la répartition de l'huile sur le support. Au cours du temps, l'eau s'évapore laissant un film d'huile uniforme, le film devient brillant. Un réseau de gouttelettes s'organise pour former un film homogène entre 15 et 20 min. L'observation est identique pour le film de l'émulsion MIE. Les résultats confirment donc les recommandations des fournisseurs sur le temps d'attente avant coulage du béton.

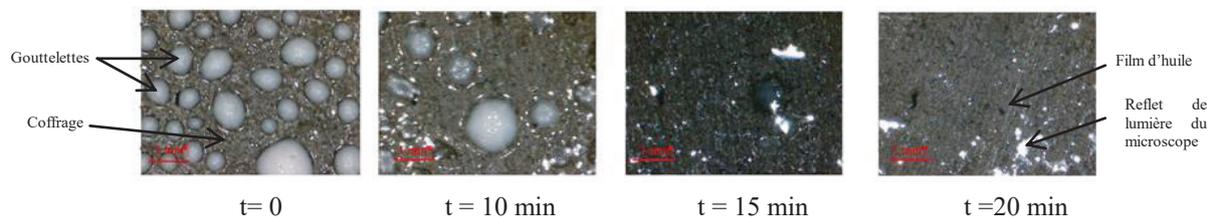


Figure 1. Evolution du film pour l'émulsion EDV en fonction du temps

3. Le frottement du béton sur le coffrage

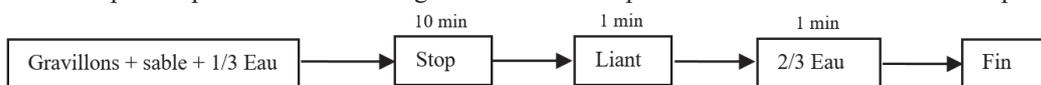
3.1. Le béton

Le béton utilisé est un béton traditionnel avec un rapport E/L égale à 0.57 et un rapport G/S égale à 1.27. L'ouvrabilité mesurée au cône d'Abrams doit être comprise entre 12 et 14 cm ce qui correspond à la classe de consistance S3 (norme NF EN 206-1). La formulation est donnée au tableau 2.

Tableau 2. Formulation du béton

Béton	(kg/m ³)
Ciment CEM I 52,5 CP2	265
Fillers	88
Sable 0/4	792
Gravier 4/8	271
Gravier 6/20	734

La confection des bétons nécessite un mode de malaxage bien défini. La norme NF P 18-404 intitulée « Bétons – Essais d'étude, de convenance et de contrôle – Confection et conservation des éprouvettes » a été prises en compte. La procédure de malaxage a été effectuée à partir de matériaux secs suivant ce protocole :



Les essais ont été réalisés à une température de 20°C.

3.2. Le tribomètre plan/plan

Le principe du dispositif est le suivant [DJE 08] : une plaque interchangeable glisse entre deux échantillons de béton frais, le mouvement s'effectue au moyen d'un moteur accouplé à une vis sans fin. La vitesse de la plaque est contrôlée par un automate. Les échantillons sont mis sous pression grâce à des vérins, la pression est comprise entre 50 kPa et 1000kPa. Un capteur de force lié à la plaque mesure les contraintes tangentielles soumises à la plaque par le béton.

Les essais sont réalisés avec une plaque en acier découpée dans une paroi de coffrage de rugosité Ra égale à 1.07 µm. Les pressions appliquées correspondent à des hauteurs de coffrage de 2 à 6m et la vitesse de plaque est déterminée pour une vitesse de coulage du béton de 3m/h. Les émulsions ont été appliquées par pulvérisation de type Ecospray à buse conique à une distance de 20cm tout en respectant les quantités demandées par le fournisseur. L'application a été faite sans coulure.

3.3. Analyse de l'interface coffrage/béton

Les évolutions des contraintes de frottement du béton et des agents de décoffrage sont données figure 2.

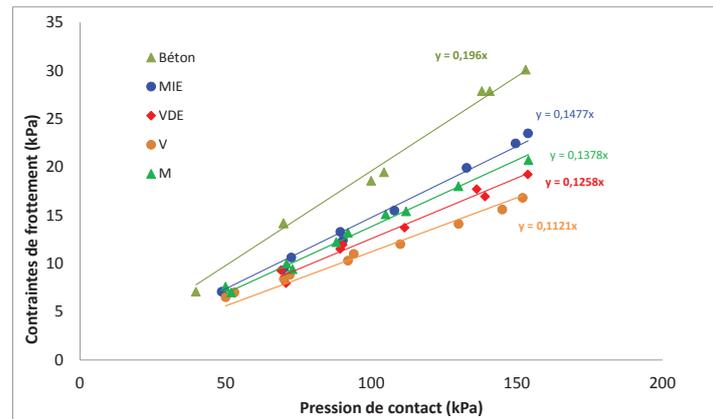


Figure 2. Evolution des contraintes de frottements en fonction de la pression ($v = 0.84 \text{ mm/s}$)

Les variations des contraintes en fonction de la pression de contact présentent une légère différence entre les deux émulsions étudiées. Pour MIE, nous obtenons une réduction moyenne de 30% des contraintes de frottement et jusqu'à 40% pour VDE. Les films créés après évaporation de la phase aqueuse apportent donc une réduction intéressante contre le frottement du béton. Les résultats obtenus sont similaires aux huiles de démoulage. Les films à base végétale restent les plus efficace au passage du béton, en effet, la présence d'esters permet une conversion supérieure en carboxylate (savon) d'où une réduction du frottement plus importante. Les évolutions des formulations minérales sont très proches, ce qui montre un effet physique prépondérant [CAR 07].

4. Conclusion

Les émulsions présentent de bonnes propriétés physico-chimiques. Leur film devient homogène après 15 min d'attente comme préconisé. Elles ont un comportement tribologique similaire aux huiles entières. Malgré une épaisseur moindre, leurs valeurs d'énergie d'adhésion sur la surface du coffrage leur permettent d'être résistantes au passage du béton. Les émulsions ont également un comportement proche des huiles entières, c'est à dire un effet physique prépondérant pour les formulations minérales et un effet davantage chimique pour celles végétales. L'utilisation des émulsions est donc efficace et leur application devrait se développer sur les chantiers.

5. Bibliographie

- [GOU14] GOUDJIL N., DJELAL C., VANHOVE Y., KADA H., HELOUN N., "Impact of temperature on the demoulding of concrete elements with a polarization process", *Construction and Building Materials*, vol. 54, 2014, p. 402-412
- [SPI 18] SPITZ N., CONIGLIO N., EL MANSORI M., MONTAGNE A., MEZGHANI S., "On functional signatures of bare and coated formwork skin surfaces", *Construction and Building Materials*, vol. 189, 2018, p. 560-567
- [KOT 17] KOTHANDARAMAN S., KANDASAMY S., "The effect of controlled permeable formwork (CPF) liner on the surface quality of concretes", *Cement and Concrete Composites*, vol. 76, 2017, p. 48-56
- [DJE 08] DJELAL C., DE CARO P., LIBESSART L., DUBOIS I., PÉBÈRE N., "Comprehension of demoulding mechanics at the formwork/oil/concrete interface", *Materials and Structure*, vol. 41, n°3, 2008, p. 571-581.
- [LIB14] LIBESSART L., DJELAL C., DE CARO P., "Influence of the type of release oil on steel formwork corrosion and facing aesthetics", *Construction & Building Materials*, vol. 68, 2014, p. 391-401.
- [LIB 18] LIBESSART L., LAHLOU A., DJELAL C., VANHOVE Y., MATEO S., "Influence of the emulsions to the interface formwork/concrete", *2nd Edition of the International Workshop on Durability and Sustainability of Concrete Structures (DSCS 2018)*, Moscow, 6-7 June 2018
- [LIB 15] LIBESSART L., DE CARO P., DJELAL C., DUBOIS I., "Correlation between adhesion energy of release agents on the formwork and demoulding performances", *Construction & Building Materials*, vol. 76, 2015, p. 130-139
- [CAR 07] DE CARO P., DJELAL C., LIBESSART L., DUBOIS I., "Influence of the nature of the demoulding agent on the properties of the formwork-concrete interface", *Magazine of Concrete Research*, vol. 59, 2007, p. 141-149