

APPEL D'OFFRE INTERNE 2014 ECCOREV

La rhéométrie *in situ* de suspensions biologiques : un outil pour le suivi "on line" de bioprocédés ?.

Axe 4 : « Ecotechnologie et développement durable »

Ce projet de recherche réunit deux laboratoires de la Fédération ECCOREV :

- Le M2P2, Laboratoire de Mécanique, Modélisation et Procédés Propres (M2P2 – UMR CNRS 7340). Personnel impliqué : Isabelle Seyssiecq, Jean-Henry Ferrasse, Nicolas Roche.
- Le laboratoire de biotechnologie des champignons filamenteux (UMR1163). Personnel impliqué : Jean-Claude Sigoilliot.

La production de bioéthanol à partir de déchets ligno-cellulosique comme la paille de blé, est actuellement la filière la plus prometteuse d'obtention de biocarburants dits de deuxième génération et suscite un grand intérêt dans de nombreux pays à travers le monde. Une voie potentielle de fabrication de ces biocarburants est la voie biochimique qui consiste à transformer de la biomasse ligno-cellulosique en éthanol à l'aide d'enzymes et de microorganismes, au sein d'un bio-fermenteur. Cependant, le rendement de ces transformations est encore faible à l'heure actuelle et l'optimisation de ces procédés demeure un thème de recherche capital afin d'aboutir à la viabilité économique de ces filières.

Plus généralement, afin d'associer des capacités de production importantes et la réduction des coûts de fonctionnement, l'intensification des performances des bio-fermenteurs (productivité, titres et rendements) est soumise à une meilleure compréhension des réactions bio catalytiques qui impliquent des matrices complexes à forte concentrations en solides.

Un des paramètres critiques est le comportement rhéologique des suspensions mises en jeu dans la mesure où il conditionnera d'une part la nature et la taille des équipements à utiliser lors du dimensionnement du procédé de bioraffinage (via notamment le lien entre viscosité apparente et les transferts de masse ou de chaleur essentiels à la réaction) ; mais aussi parce qu'un suivi de son évolution au cours de la réaction enzymatique doit permettre de relier cette mesure au degré de conversion du substrat.

La mesure en ligne de propriétés rhéologiques de suspensions biologiques, est donc indispensable à l'optimisation des bio-procédés de conversion de la biomasse lignocellulosique.

Les laboratoires impliqués dans ce projet ont déjà de l'expérience dans le domaine de la mesure rhéométrique en ligne développée sur diverses suspensions biologiques (champignons filamenteux et suspensions bactériennes de Station d'épuration notamment).

La mesure *in situ* des viscosités apparentes est effectuée grâce à un « rhéo-réacteur » (voir figure 1). Ceci offre l'avantage d'accéder à une mesure de la viscosité en ligne de la suspension en s'affranchissant d'éventuels artéfacts liés à la mesure (décantation pendant la mesure) ou au prélèvement des échantillons (matériaux souvent thixotropes).

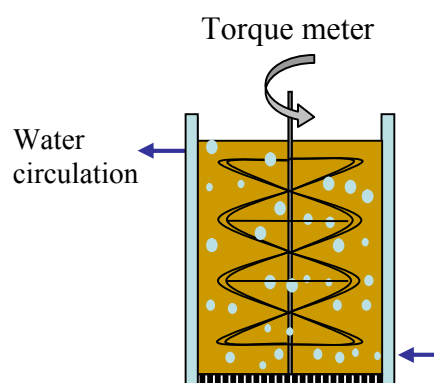


Figure 1 : Schéma du bioréacteur équipé d'un moteur-couplemètre permettant la détermination de la viscosité apparente *in situ* des suspensions biologiques.

Nous avons pu montrer, sur des suspensions bactériennes que de telles mesures en ligne peuvent être utilisées pour suivre l'évolution de paramètres opératoires importants vis à vis du rendement comme la concentration en biomasse (voir)figure 2) ou encore la concentration en exopolymères.

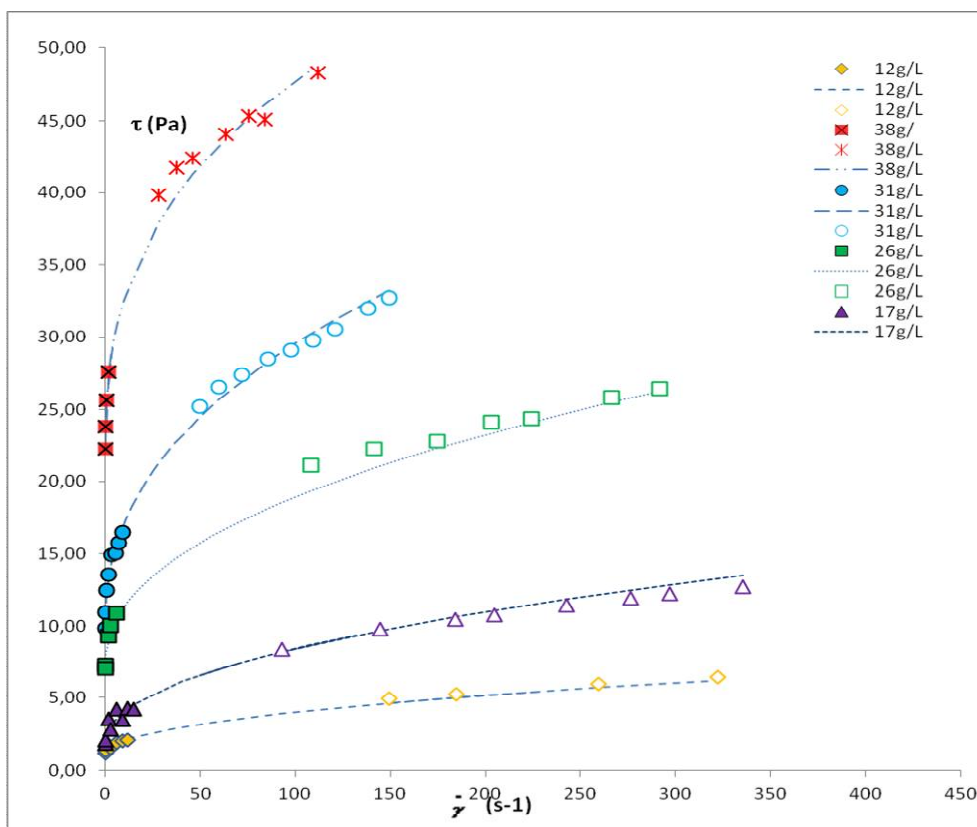


Figure 2 : Evolution du rhéogramme mesuré in situ en fonction de la concentration en biomasse

Dans le cas des suspensions biologiques pour la production de bioéthanol, l'évolution de la viscosité apparente peut être reliée à la conversion du substrat en éthanol comme cela est mis en évidence sur la figure 3.

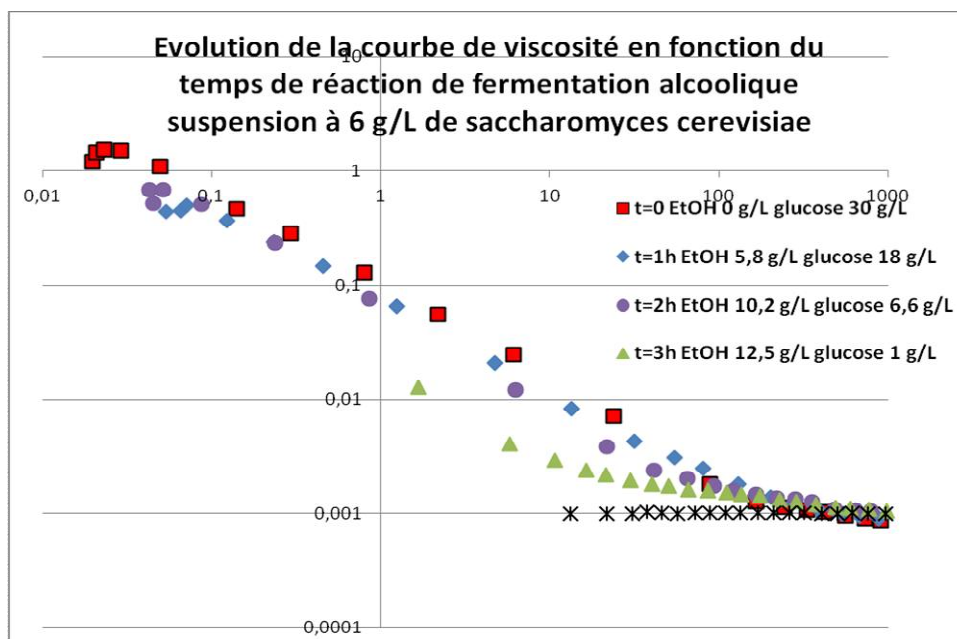


Figure 3 : Courbes de viscosité en fonction du temps à différents temps de réaction lors d'une bio fermentation alcoolique par saccharomyces cerevisiae.

Un point important à prendre en considération est le fait que pour appliquer le suivi et l'optimisation de bio-procédé par la mesure rhéologique in situ, il faut que la viscosité effective des suspensions en question soit suffisamment élevée pour que le couple d'agitation mesuré en ligne soit représentatif des variations de viscosité, c'est à dire que les écoulements restent en régime laminaire. Ce point est un élément qui peut être limitant pour l'utilisation de la rhéométrie en ligne comme outil de suivi des bio procédés. Cet aspect est discuté dans cette étude.

Communication orale :

I. Seyssiecq (conférencier), M. Karrabi, N. Roche, "in situ" rheological characterization of wastewater sludge in two different flow configurations, 10th European Congress of Chemical Engineering, September 27th- October 1st, Nice France (2015).

Suite donnée au projet :

Mise en place par le laboratoire M2P2 d'un benchmark "rhéologie de suspensions biologiques" entre différents laboratoires universitaires français impliqués dans la mesure rhéologique sur ce type de matériaux (INSA Toulouse, ENSIACET, Toulouse, LISBP Toulouse, IRSTEA Lyon, Antoni, Clermont Ferrand)

Demande d'une bourse MESR (oct 2016) sur la caractérisation rhéologique en ligne appliquée à l'optimisation de bio-procédés.