

# Evaluation de l'impact des propriétés tensioactives et d'hydrophobicité de surface sur le transfert gaz-liquide au sein d'un réacteur biphasique et son extrapolation.

Promoteurs : Pr. P. Thonart  
Ir. J-M Aldric

Présenté par Sébastien Gillet  
En vue de l'obtention du grade de Bioingénieur en Chimie et Bio-Industries



## RESUME

La présente étude se situe dans le contexte général du traitement biologique des effluents gazeux et en particulier dans l'utilisation, à cette fin, de réacteurs biphasiques (TPPB). Les précédentes études réalisées sur ce sujet ont permis de caractériser les potentialités, notamment en termes de biodégradabilité, d'un tel système. Ces réacteurs, développés à l'échelle du laboratoire, semblent présenter un grand intérêt, notamment dans le cas de traitement de volumes d'air fortement concentrés en polluants (~ 6 g/l). Il semble toutefois utile de prouver que l'application du même procédé à une échelle supérieure n'engendre pas de complications, en matière d'homogénéisation des deux phases. Sachant que l'étape limitante de tels procédés est le transfert de masse du polluant ou de l'oxygène, et que les mécanismes régissant ces types de transferts en systèmes binaires (voire ternaires) sont mal connus, il s'avère utile d'essayer de mieux les comprendre afin de garantir au réacteur un fonctionnement optimum. L'objectif de ce mémoire était donc d'une part d'évaluer la faisabilité d'une extrapolation du système et d'autre part de mieux comprendre l'impact des constituants de ce système biphasique sur le transfert de masse gaz-liquide. En proposant une méthode d'estimation en continu de la stabilité de l'émulsion biphasique, ce travail permet de conclure à la possibilité d'un passage à une échelle plus grande. Pour mieux comprendre l'impact de la biomasse et du surfactant sur les mécanismes impliqués dans le transfert, une approche basée sur trois types de mesures est proposée. Cette approche, simple dans sa mise en œuvre, présente l'avantage de se baser sur des mesures réelles, permettant de prendre en compte certains facteurs ignorés par les modèles mathématiques fournis dans la littérature. Le travail met en évidence une diminution du " $k_{La}$ " au cours de la "vie" d'un réacteur biphasique. De plus, les mécanismes responsables de cette diminution ont également pu être identifiés.

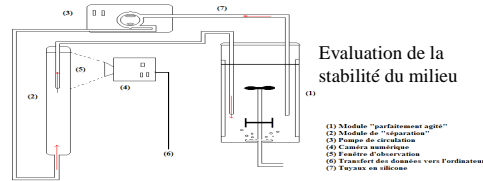
## I. INTRODUCTION

Notre travail s'inscrit dans le contexte du traitement des effluents gazeux, il vise à une meilleure compréhension des phénomènes de transfert G-L et de stabilisation du système.

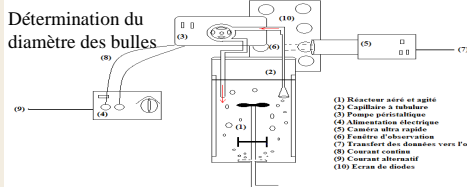
Un dispositif de scale-down a été utilisé pour évaluer la stabilité de l'émulsion biphasique (MB). Les données récoltées par caméra numérique sont traitées par un programme d'analyse d'image, développé à cet effet, qui permet de déterminer la vitesse de décanation de l'huile dans le module de « séparation » du dispositif.

Pour étudier le transfert de masse, une dissociation du «  $k_{La}$  » en ses composantes «  $k_L$  » et «  $a$  » est proposée. Cette méthode est basée sur trois mesures réelles : le «  $k_L a$  », la rétention gazeuse et le diamètre des bulles. Cette dernière mesure nécessite également l'utilisation d'une caméra numérique et la mise au point d'un programme de traitement d'image.

## MATERIEL ET METHODES



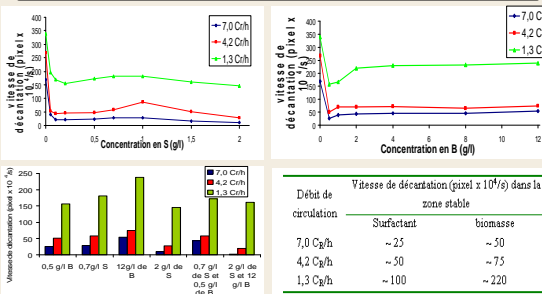
Evaluation de la stabilité du milieu



Détermination du diamètre des bulles

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

### Evaluation de la stabilité de l'émulsion par le dispositif « scale-down »



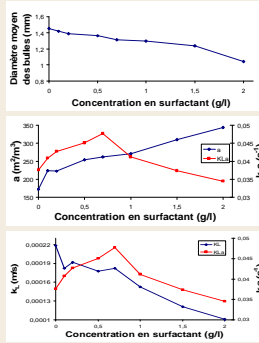
→ La présence de biomasse et de surfactant permet au système d'évoluer suffisamment pour envisager le passage à une échelle supérieure.  
→ De faibles concentrations en biomasse et surfactant sont suffisantes pour stabiliser le système.  
→ le surfactant se révèle être plus efficace que la biomasse pour stabiliser l'émulsion  
→ La solution mixte 12g/l de biomasse et 2g/l de surfactant stabilise plus l'émulsion que la solution à 12 g/l de biomasse seule. Cela démontre à nouveau le plus gros impact du surfactant sur la stabilisation du système.

### Effet de l'adjonction d'huile de silicone (augmentation du « $k_{La}$ »)

	Milieu 284	Milieu biphasique
Diamètre moyen des bulles	1,075 mm	1,094 mm
« $k_L$ »	0,00022 m/s	0,00016 m/s
« $a$ »	144,9 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	238,0 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>

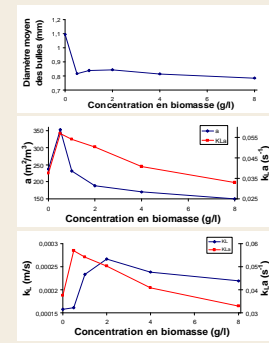
→ Impact positif de l'huile sur l'aire interfaciale par augmentation de la rétention gazeuse  
→ Diminution de «  $k_L$  » donc pas d'interaction dynamique des gouttelettes avec l'interface  
→ Augmentation de «  $k_{La}$  » due à l'augmentation de «  $a$  »

### Impact du surfactant sur le « $k_{La}$ »



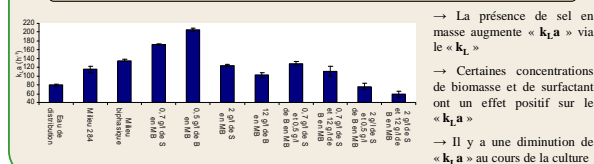
→ Diminution continue du diamètre. Le surfactant agit en diminuant la tension interfaciale.  
→ L'aire interfaciale augmente continuellement malgré la diminution de rétention gazeuse car le diamètre diminue également.  
→ Le coefficient de transfert de masse diminue continuellement. Le surfactant rigidifie donc l'interface comme c'est le cas en milieu monophasique.  
→ Le maximum de «  $k_{La}$  » correspond à la combinaison de valeurs intermédiaires de «  $k_L$  » et de «  $a$  »

### Impact de la biomasse sur le « $k_{La}$ »



→ Diminution brutale du diamètre puis stabilisation. L'action de la biomasse est donc principalement inhibitrice de coalescence.  
→ Maximum d'aire interfaciale à 0,5 g/l. La diminution est due à l'apparition de mousse qui réduit la rétention gazeuse.  
→ Augmentation du coefficient de transfert de masse pour de faibles concentrations en biomasse. Les microorganismes génèrent donc des effets hydrodynamiques de turbulence à l'interface G-L.  
→ L'augmentation de «  $k_L$  » compense la diminution de «  $a$  ».

### Evaluation de la stabilité de l'émulsion par le dispositif « scale-down »



→ La présence de sel en masse augmente «  $k_{La}$  » via le «  $k_L$  »  
→ Certaines concentrations de biomasse et de surfactant ont un effet positif sur le «  $k_{La}$  »  
→ Il y a une diminution de «  $k_{La}$  » au cours de la culture

## CONCLUSIONS

« scale up »  
Présence de bactérie et de surfactant rend l'extrapolation envisageable mais  
→ pas illimitée  
→ action combinée du surfactant et de la biomasse ne stabilise pas plus  
Intérêt de la méthode  
→ en continu et en temps réel  
→ intègre tous les mécanismes de déstabilisation

« Transfert de masse »  
Diminution du transfert au cours du temps  
→ combinaison de biomasse et de surfactant confère propriétés particulières  
Séparément  
→ surfactant augmente «  $a$  »  
→ biomasse augmente «  $k_L$  »  
Approche développée  
→ basée sur mesures réelles  
→ peut être améliorée