

Dissolution et émission de gaz : revisiter les modèles de transfert gaz-liquide dans les procédés biologiques

Contexte

Le transfert de gaz à l'interface gaz-liquide est un phénomène prépondérant pour de nombreux procédés biologiques (aérés et non aérés). Dans les procédés biologiques de l'assainissement, de nombreuses réactions dépendent de ce phénomène, qui sous-tend par exemple l'aération ou les émissions de GES (N_2O , CH_4) et de NH_3 ; ce mécanisme est aussi présent dans des contacteurs dédiés à la conversion biologique des gaz (procédés de biométhanation à partir d' H_2 , CO et CO_2).

L'approche expérimentale conventionnelle pour caractériser les processus de transfert repose majoritairement sur des essais réalisés en « eau claire » (pour ne pas impacter le matériau biologique) avec de l'air (méthode de réoxygénation) ou du CO_2 . La modélisation des coefficients de transfert repose principalement sur le modèle de pénétration de Higbie (1935) et sur le modèle de renouvellement de l'interface de Dankwerts (1951). Globalement, ces modèles prédisent que le rapport des coefficients de transfert entre deux gaz différents dépend du rapport des diffusivités effectives de ces gaz.

Cependant, ces approches ont montré leurs limites dans de nombreux cas concrets, qu'il s'agisse de gaz différents de l'oxygène (N_2O , H_2 ou H_2S), ou lorsqu'il s'agit de processus d'émission passive (ie, systèmes sans insufflation d'air ou autre gaz), et les développements expérimentaux sur d'autres gaz peinent à vérifier les prédictions des modèles classiques.

Objectifs de la thèse

Le premier objectif de la thèse est de mieux comprendre les mécanismes associés au transfert gaz-liquide lorsque des gaz différents des gaz « de référence » sont mis en jeu. Le travail expérimental s'appuiera sur le développement récent de nouveaux capteurs et outils de mesure fiable pour les gaz dissous et pour les gaz à faible concentration, de manière à comparer les mesures de transfert avec celles effectuées avec les gaz de référence. Il s'agira également de collecter et de valider les données existantes dans la bibliographie récente du domaine.

Le deuxième objectif de la thèse est d'approfondir et d'identifier les mécanismes mis en jeu lors de l'émission des gaz dans un système biologique passif (sans insufflation d'air ou autre gaz). Dans ce cas, en effet, peuvent coexister deux phénomènes : l'échange au niveau de l'interface gaz/liquide, ou la formation de bulles au sein du liquide sursaturé. C'est un enjeu particulièrement important pour la quantification des émissions dans de nombreux procédés (assainissement, production de biogaz) pour lesquels nous ne disposons pas de modèles satisfaisants à l'heure actuelle. Il s'agira également de s'appuyer sur une approche expérimentale originale permettant de différencier les mécanismes et de quantifier leur importance dans des milieux biotiques ou abiotiques.

Profil recherché

Le profil attendu privilégie une formation de base en génie des procédés / bioprocédés, un goût prononcé pour le travail expérimental, l'esprit d'équipe, ainsi que des compétences en modélisation.

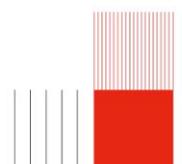
Environnement

Le travail sera réalisé au sein du laboratoire DEEP de l'INSA Lyon et de l'unité de recherche REVERSAAL d'INRAE Lyon.

Contacts :

INSA Lyon DEEP : Hassen Benbelkacem (hassen.benbelkacem@insa-lyon.fr), Pierre Buffière, Julie Figueras, (www.deep.insa-lyon.fr).

INRAE REVERSAAL : Sylvie Gillot (sylvie.gillot@inrae.fr)



Intensification of the biological methanation reaction by solid foams

Context

Gas transfer at the gas-liquid interface is a key phenomenon in many biological processes (aerated and non-aerated). In biological processes for wastewater treatment, many reactions depend on this phenomenon, which underlies, for example, aeration or GHG (N₂O, CH₄) and NH₃ emissions; this mechanism is also present in contactors dedicated to the biological conversion of gases (biomethanation processes from H₂, CO and CO₂).

The conventional experimental approach to characterise these transfer processes is based mainly on tests carried out in 'clear water' (so as not to impact the biological material) with air (reoxygenation method) or CO₂. The modelling of transfer coefficients is based mainly on Higbie's (1935) penetration model and Dankwerts' (1951) interface renewal model. Overall, these models predict that the ratio of transfer coefficients between two different gases depends on the ratio of the effective diffusivities of these gases.

However, these approaches have shown their limitations in many concrete cases, either for gases other than oxygen (N₂O, H₂ or H₂S), or for passive emission processes (i.e. systems without air or other gases being insufflated), and experimental developments on other gases have struggled to verify the predictions of classical models.

Objective

The first objective of the PhD is to gain a better understanding of the mechanisms associated with gas-liquid transfer when gases other than 'reference' gases are involved. The experimental work will be based on the recent development of new sensors and reliable measurement tools for dissolved gases and for low-concentration gases. The aim is to compare the transfer measurements with those carried out with reference gases. This first part will also involve collecting and validating existing data in the recent bibliography in the field.

The second objective of the thesis is to investigate and identify the mechanisms at play in the emission of gases in passive biological systems (without insufflation of air or other gases). In this case, two phenomena may coexist: exchange at the gas/liquid interface, or the formation of bubbles within the supersaturated liquid. This is a particularly important issue for quantifying emissions in many processes (wastewater treatment, biogas production) for which we do not currently have satisfactory models. It will also involve using an original experimental approach to differentiate the mechanisms and quantify their importance in biotic or abiotic environments.

Expected profile

Background in process or bioprocess engineering, interested in experimental work, good team spirit, modelling skills.

Environment

The doctoral work will be carried out both at the DEEP laboratory at INSA Lyon and at INRAE REVERSAAL research unit.

Contacts :

INSA Lyon DEEP : Hassen Benbelkacem (hassen.benbelkacem@insa-lyon.fr), Pierre Buffière, Julie Figueras, (www.deep.insa-lyon.fr).

INRAE REVERSAAL : Sylvie Gillot (sylvie.gillot@inrae.fr)

