

Analyse d'un procédé de production de n-butanol en milieux solide utilisant des cyanobactéries génétiquement modifiées

Contexte de la thèse

Le projet européen « Solar to Butanol » (S2B), auquel le laboratoire GEPEA participe en tant que partenaire et Workpackage Leader, vise à développer un procédé innovant permettant une production de butanol à partir de CO₂ atmosphérique (ou produit industriellement), en utilisant l'énergie solaire comme principale source d'énergie. Ce projet s'inscrit dans une démarche visant à remplacer les ressources fossiles fortement polluantes par des alternatives renouvelables. Actuellement, le butanol est principalement dérivé du pétrole et produit industriellement par fermentation ABE, utilisant des bactéries hétérotrophes. Ce procédé fermentaire est limité par son coût élevé, et présente l'inconvénient de produire de l'acétone, un sous-produit corrosif et peu valorisable. L'utilisation de micro-organismes photosynthétiques pour une production solaire de butanol représente ainsi une solution prometteuse pour surmonter ces obstacles. De plus, le butanol est une molécule cible particulièrement intéressante car il affiche actuellement les productivités et les titres les plus élevés rapportés pour un composé combustible issu de cyanobactéries photosynthétiques génétiquement modifiées, ouvrant ainsi la voie à l'ingénierie métabolique pour optimiser les souches productrices à utiliser.

Objectifs de la thèse

Le travail de thèse s'articulera autour de deux objectifs principaux : (i) analyser et décrire le comportement métabolique des souches productrices de butanol développées dans le cadre du projet, afin de maîtriser les conditions favorisant l'accumulation de ce produit ; et (ii) analyser la bioréactivité de ces souches au sein d'un procédé original à cellules immobilisées en utilisant des approches multiphysiques.

La première partie du travail consistera à élaborer un modèle métabolique des souches productrices de butanol, afin de mieux comprendre la relation entre l'environnement de ces micro-organismes photosynthétiques et leur comportement au sein d'un photobioreacteur (PBR). Ce travail s'appuiera sur la caractérisation fine de leur fonctionnement métabolique, en analysant la redistribution des flux intracellulaires sur l'ensemble du métabolisme en réponse aux modifications physico-chimiques de l'environnement des cellules. L'objectif sera de pouvoir décrire et analyser précisément les interactions entre le fonctionnement biochimique (flux intracellulaires) et les variables environnementales liées aux conditions imposées par le transfert de masse et de lumière dans le PBR, en prenant en considération à la fois l'efficacité de conversion et les cinétiques biologiques intrinsèques. Enfin, ce travail aura pour finalité l'établissement d'un modèle biochimiquement structuré capable de décrire la cinétique de production du n-butanol, en se basant sur une détermination prédictive des rendements de conversion du CO₂ en n-butanol en fonction de conditions opératoires variables.

La deuxième partie du travail consistera à contribuer au développement d'un PBR à cellules immobilisées pour la production de n-butanol. Une analyse multiphysique sera réalisée pour intégrer les approches expérimentales et de modélisation au design d'un procédé de production de n-butanol en milieu solide, afin de mieux comprendre, prédire et contrôler le comportement des souches productrices au sein d'une matrice d'immobilisation. Cela inclura deux tâches principales : (i) modéliser le transfert radiatif dans un milieu complexe comprenant une phase solide absorbante, et (ii) étudier les transferts gaz-liquide et liquide-solide dans un prototype de PBR à cellules immobilisées. Ce travail sera mené en étroite collaboration avec l'Université de Turku dans le but d'identifier les étapes limitantes dans la production de n-butanol et de définir les meilleures conditions de fonctionnement pour le procédé.

Profil recherché

Le(la) candidat(e) recruté(e) devra posséder des compétences en cultures microbiennes en bioréacteurs et maîtriser les concepts de transfert au sein des réacteurs. Une sensibilisation au génie métabolique au travers de l'utilisation des outils de calcul et d'analyse des flux métaboliques liés au concept d'usine cellulaire, serait un plus.

Mots clés

Micro-organismes photosynthétiques, photobioréacteurs, biocarburants, butanol, modèle métabolique, modélisation cinétique, analyse multiphysique

Laboratoire d'accueil

Laboratoire GEPEA – UMR CNRS 6144

Bât. CRTT, 37 bd de l'Université

CS 90406 - 44602 Saint-Nazaire Cedex - France

Contact

Guillaume COGNE (guillaume.cogne@univ-nantes.fr)