

Un cadre thermodynamique pour la modélisation de la croissance et des dynamiques microbiennes

Projet ANR-16-CE04-0003

DS10 - Défi des autres savoirs

➤ Résumé

L'activité des microbes constitue un des principaux moteurs biogéochimiques de la biosphère. Pour faire face aux défis environnementaux, il faut apprendre à mobiliser l'activité des communautés microbiennes et faire émerger de nouveaux services écosystémiques visant à préserver les grands équilibres écologiques. Ainsi, les déchets organiques ou les eaux usées peuvent être envisagées comme des ressources à valoriser par des procédés microbiens tels que la méthanisation ou par de futures "bioraffineries environnementales". Pour concevoir et optimiser ces procédés, il est nécessaire de disposer de modèles permettant d'explicitier mathématiquement les relations causales entre les paramètres opératoires du procédé, les pressions de sélections induites, la structure des communautés microbiennes qui en résultent et les fonctions de biotransformation qui s'expriment in fine.

Aujourd'hui, la modélisation des dynamiques microbiennes repose sur un grand nombre de lois phénoménologiques (Monod, Contois, Haldane...). Couramment utilisées en biotechnologie industrielle, où des agents microbiens sont mis en œuvre en conditions confinées (culture pure en général), ces équations montrent leurs limites en culture mixte pour les applications environnementales en système ouvert. Ainsi, la méconnaissance des principes qui déterminent la croissance microbienne limite fondamentalement notre compréhension et notre capacité à prédire les dynamiques microbiennes, freinant de nombreuses applications environnementales et biotechnologiques. Il est aujourd'hui nécessaire de proposer de nouvelles abstractions afin de construire un cadre de modélisation plus générique et prédictif. C'est précisément l'objectif du projet THERMOMIC.

Des études thermodynamiques nous ont donné les clés nécessaires à une compréhension plus profonde du phénomène de croissance microbienne. Le bilan énergétique par unité de biomasse formée a été déterminé avec précision et une méthode générique de prédiction de la stœchiométrie de la croissance a été validée. Toutefois, le lien entre le bilan matière/énergie et la dynamique de la croissance microbienne est demeuré longtemps incompris. Nous avons réalisé une avancée récente dans ce domaine en proposant une théorie thermodynamique de la croissance microbienne. Nous avons montré que des systèmes constitués de microbes au contact de molécules pouvaient être assimilés à des ensembles décrits par les lois de la physique statistique. Une équation de croissance a été proposée, qui lie un flux (le taux de croissance des microbes) à une force (la densité d'énergie dans le milieu). L'analyse mathématique des équations obtenues a conduit à des prédictions originales qui ont pu être confortées par des données expérimentales, permettant la publication de ce travail pourtant atypique dans une revue réputée d'écologie microbienne (Desmond-Le Quémener & Bouchez, 2014; ISME-J, IF = 9,3). Nous pensons que cette relation flux/force pourrait constituer un socle générique pour de nouvelles approches de modélisation : c'est l'hypothèse de travail du projet THERMOMIC.



UR 1461 PROSE

INRAE Centre Île de France Jouy-en-Josas – Antony

1 rue Pierre-Gilles de Gennes

92761 Antony Cedex

www6.jouy.inrae.fr/prose/

Ainsi, nous proposons de mobiliser des compétences d'écologie microbienne, de physique statistique, de mathématiques appliquées et d'ingénierie environnementale dans le cadre d'une approche transdisciplinaire pour (WP1) solidifier les bases de notre théorie de la croissance microbienne, (WP2) caractériser mathématiquement le comportement des modèles thermodynamiques et (WP3) évaluer leurs aptitudes prédictives dans le cadre d'applications en traitement d'eaux usées et de déchets. THERMOMIC ambitionne de produire un corpus de connaissances génériques, explicitement formulées du point de vue mathématique, étayées par des simulations et des données expérimentales, afin de refonder les bases de notre compréhension de la dynamique des systèmes microbiens et de proposer des modèles aux capacités prédictives étendues, permettant le développement de nouvelles applications biotechnologiques.

**Coordinateur Dr Théodore BOUCHEZ**

UR PROSE – INRAE, Centre de Jouy-en-Josas – Antony
theodore.bouchez[at]inrae.fr

**Partenaires scientifiques et techniques****➤ Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement (LBE)**

INRAE – Centre Occitanie-Montpellier, Narbonne

➤ Toulouse Biotechnology Institute (TBI)

INSA, Toulouse

**Financement de l'ANR**

➤ 550 540 €

**Durée**

➤ Novembre 2016 – 48 mois

**UR 1461 PROSE**

INRAE Centre Île de France Jouy-en-Josas – Antony
1 rue Pierre-Gilles de Gennes
92761 Antony Cedex
www6.jouy.inrae.fr/prose/