



Rédigé le 02 avril 2024



3 minutes de lecture



Actualités

Recherche fondamentale

Chimie biosourcée

Cinétique de la catalyse et des réactions

Biosciences et biotechnologies

Microbiologie

Biocatalyse

Génie chimique et génie des procédés

Au XXI^e siècle, le défi de la transition écologique impose à l'industrie chimique de développer des procédés innovants en phase avec les contraintes environnementales, énergétiques et

sociétales. Le défi est double :

- **de nouvelles transformations doivent être imaginées à partir de ressources renouvelables dont la réactivité n'est pas encore totalement maîtrisée à grande échelle ;**
- **des innovations doivent être pensées et proposées par les chercheurs pour rendre ces transformations plus efficaces et moins énergivores.**

Le second aspect concerne les procédés et conduit à envisager différentes voies de progrès : nouveaux réacteurs, économie du nombre d'étapes, combinaison de catalyseurs, etc.

Transformation du vivant par catalyse biologique

Partant du principe que la nature utilise toujours l'énergie de manière efficace et parcimonieuse, la catalyse biologique, notamment enzymatique, fait partie des solutions étudiées. On la retrouve dans tous les cycles de transformation du vivant et elle est particulièrement appropriée pour convertir les ressources renouvelables naturelles comme les sucres de la biomasse, avec une très grande sélectivité, en milieu aqueux et à des températures douces entre 20 et 40°C.

La catalyse « hybride » économise des étapes

Afin d'économiser le nombre d'étapes de séparation et de purification intermédiaires, coûteuses en énergie et en solvants, une nouvelle catalyse « dite hybride » a vu le jour lors de la dernière décennie consistant à coupler la catalyse biologique et la catalyse chimique. Les chercheurs d'IFPEN ont été pionniers dans le domaine [1] en collaboration avec l'Université de Lille¹ et ont notamment co-publié une revue exhaustive de référence sur le sujet [2].

Plusieurs modes de réalisation hybrides sont possibles pour exploiter les avantages de chacune des catalyses biologique et chimique : la plus économique consiste à utiliser les deux types de catalyseur simultanément dans une même enceinte réactionnelle pour y générer un enchaînement de réactions. Cette mise en œuvre demande un haut niveau de compatibilité au niveau chimique et thermique entre les deux systèmes catalytiques.

¹ Unité de Catalyse et Chimie du Solide (UCCS) et Institut Charles Violette

Une cible privilégiée pour la catalyse hybride : le glucose

Une réaction d'intérêt tout particulier pour la catalyse hybride est la transformation du glucose, ressource naturelle renouvelable peu chère et abondante, en 5-hydroxyméthylfurfural (HMF), molécule plate-forme de haute valeur ajoutée pour la chimie fine (arômes, parfums, résines, lubrifiants). Le glucose est d'abord converti en fructose lequel est ensuite déshydraté en HMF (Fig. 1) [3].

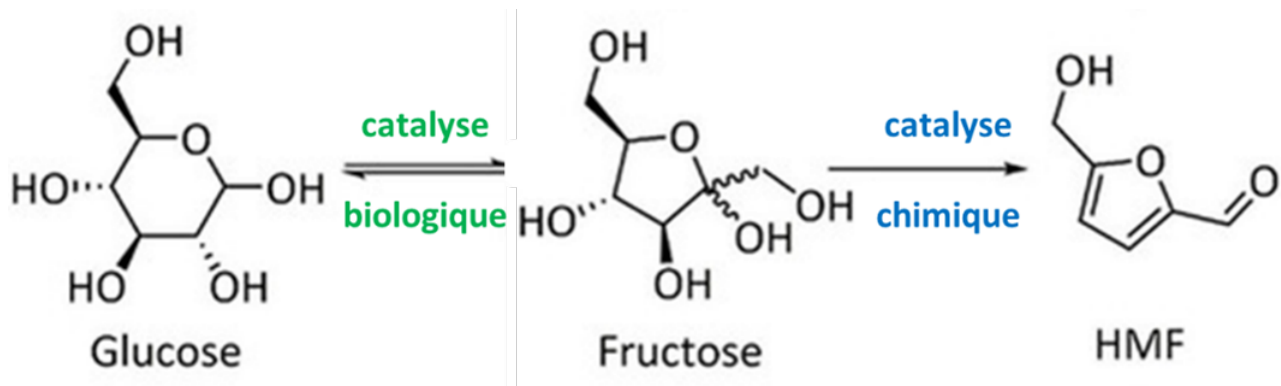


Figure 1: Transformation du glucose en HMF

L'isomérisation du glucose en fructose est opérée très sélectivement² par catalyse biologique via une enzyme appelée glucose isomérase, avec un mélange final de sucres composé de 55 % de fructose et 45 % de glucose. Pour augmenter l'efficacité de cette réaction en permettant à l'enzyme de pousser au maximum la conversion du glucose, il est nécessaire de consommer au fur et à mesure le fructose produit. Malheureusement, le catalyseur chimique acide utilisé pour convertir le fructose en HMF détruit l'enzyme de la première étape et il n'est pas possible de procéder aux deux réactions dans le même réacteur.

² C'est-à-dire sans génération de produits secondaires

Une stratégie innovante de prélèvement en continu du fructose

Les chercheurs ont donc imaginé un procédé innovant utilisant un réacteur en H, doté de deux compartiments et d'un dispositif de transport ingénieux du fructose du premier vers le second [4]. Ce dispositif repose sur l'utilisation d'un transporteur Y-B(OH)₂ pour extraire le fructose du premier réacteur, sans entraîner le glucose, permettant que la conversion de ce dernier par l'enzyme se poursuive.

Pour la mise au point du procédé, de nombreux paramètres ont été étudiés et optimisés au sein des deux compartiments : pH, température, vitesse d'agitation, quantité de transporteur.

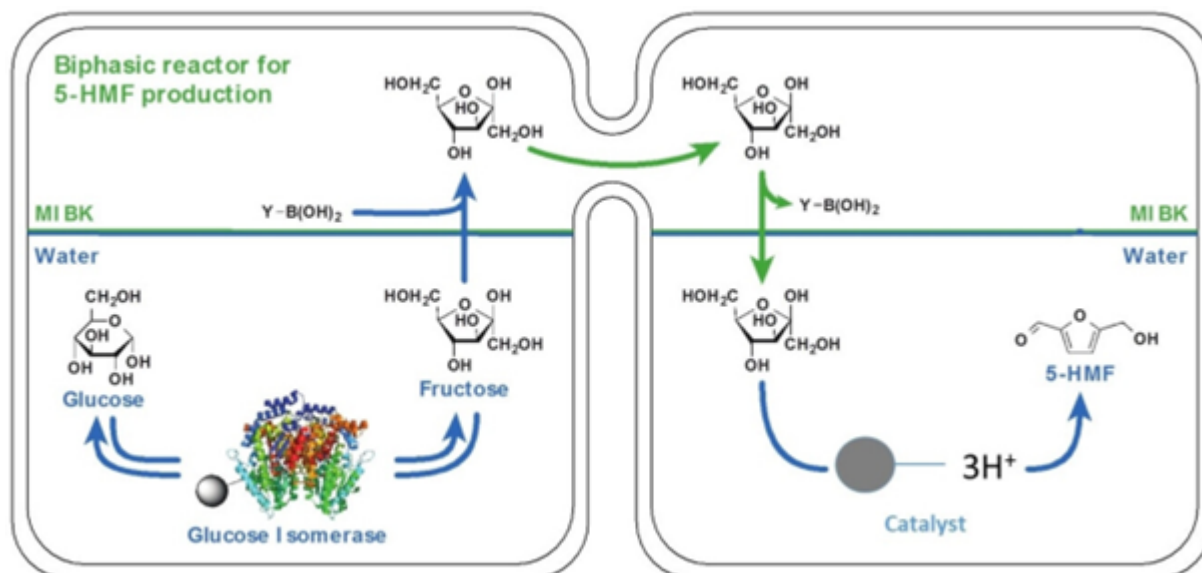


Figure 2: Procédé global des étapes de catalyse hybride dans un réacteur en H avec transport du fructose

Ce réacteur présente de nombreux avantages :

- Absence de cohabitation et d'inhibition entre catalyseurs biologique et chimique ;
- Séparation des deux phases aqueuses réactionnelles par la phase organique de transport ;
- Conversion plus importante du glucose par l'enzyme ;
- Récupération facilitée du 5-HMF dans le second réacteur avec un minimum d'impuretés.

En outre, le transporteur est régénéré après le transport du fructose et retourne récupérer du fructose grâce à un système performant de pales et d'agitation.

Grâce au nouveau système développé [5] le rendement de la première étape d'isomérisation a pu être augmenté de 55 à 80% et un rendement global en HMF de 31% a pu être obtenu sans opération intermédiaire de traitement. Cette mise en œuvre est un événement à la fois marquant dans le domaine de la catalyse hybride et inspirant pour de nouveaux développements relatifs à la transformation efficiente de ressources renouvelables.

Références :

[1] Thèse de Marie Guehl, « Nouveau concept de catalyse hybride pour la transformation de la biomasse », Science@IFPEN n°31, Décembre 2017,

[2] F. Dumeignil, M. Guehl, A. Gimbernat, , M. Capron, N. Lopes Ferreira, R. Froidevaux, J-S. Girardon, R. Wojcieszak, P. Dhulster, D. Delcroix, From sequential chemoenzymatic synthesis to integrated hybrid catalysis: taking the best of both worlds to open up the scope of possibilities for a sustainable future, Catal. Sci. Technol., 2018, 8, 5708-5734, <https://doi.org/10.1039/C8CY01190G>

[3] A. Gimbernat, M. Guehl, N. Lopes Ferreira, E. Heuson, P. Dhulster, M. Capron, F. Dumeignil, D. Delcroix, J-S. Girardon, R. Froidevaux, From a Sequential Chemo-Enzymatic Approach to a Continuous Process for HMF Production from Glucose, 2018, 8, 335-355, <https://doi.org/10.3390/catal8080335>

[4] A. Gimbernat, E. Heuson, F. Dumeignil, D. Delcroix, J-S. Girardon, Reactor development for a one-

step hybrid catalytic conversion of D-glucose to HMF, ChemCatChem, 2024, 16,
<https://doi.org/10.1002/cctc.202300713>

[5] Brevet IFPEN FR3077221

Contacts scientifiques : kim.larmier@ifpen.fr, nicolas.lopes-ferreira@ifpen.fr

VOUS SEREZ AUSSI INTÉRESSÉ PAR

[Chimie biosourcée : de l'importance d'acquérir un grand nombre de données biologiques](#)

[La catalyse hybride peut s'alimenter en biosourcé](#)

[Production de bio-aromatiques : étape clé du programme d'essais du procédé Bio-TCat™](#)

[Des réacteurs sur-mesure pour la catalyse hybride biosourcée](#)

02 avril 2024

Lien vers la page web :