

Bioraffinerie : la méthodologie suivie par eRcane

Jenny Wu-Tiu-Yen¹, Emma Caderby², William Hoareau, Arnaud Petit

eRcane, B.P 315 La Bretagne, 97494 Sainte-Clotilde Cedex

¹ wutiuyen@ercane.re

² caderby@ercane.re

Résumé

Depuis 2006, eRcane développe des projets de valorisation à moyennes et hautes valeurs ajoutées des coproduits issues de la filière canne-sucre à La Réunion. Il s'agit principalement de deux types de valorisation : une transformation physique du coproduit permettant de fabriquer de nouveaux matériaux, ou une extraction de molécules organiques pouvant être exploitées dans différents secteurs d'activités.

Ces projets se déroulent selon plusieurs étapes : i) une veille technologique, ii) la mise au point de méthodes analytiques de caractérisation du coproduit, iii) le développement de procédés d'extraction ou de transformation au laboratoire, iv) le transfert à l'échelle pilote. Les procédés sont conduits en respectant les principes de la chimie verte et le concept de développement durable.

Mots clés : bioraffinerie, coproduit, chimie verte, développement durable, environnement

Introduction

L'épuisement des ressources fossiles, accompagné de problèmes environnementaux liés à leur transformation, encouragent le développement de solutions alternatives et durables telle que la bioraffinerie. Ce terme désigne l'action de fractionner et de purifier l'ensemble des composantes d'une matière première végétale en suivant des procédés permettant de les valoriser pour différents usages.

Chaque année, près de 2 millions de tonnes de canne sont récoltées pour une production de 210 000 tonnes de sucre. De ce fait, la filière canne-sucre joue un rôle de première importance dans l'économie de La Réunion. Aujourd'hui, l'industrie de la canne à sucre, en valorisant la plante entière, est déjà une bioraffinerie. En effet, la filière canne-sucre à La Réunion intègre, en plus de la production de sucre de canne et de rhum, la valorisation des quatre coproduits sucriers : la bagasse, les écumes, la mélasse et la vinasse. La bagasse est la partie fibreuse de la canne : sa combustion en centrale thermique fournit de la vapeur d'eau et de l'électricité en premier lieu à la sucrerie puis au réseau public. La filtration des boues de décantation du jus de canne produit des écumes qui sont utilisées dans les champs comme amendement organique. Enfin, après évaporation du jus et cristallisation du saccharose, le sirop non cristallisable, appelé mélasse, est envoyé à la distillerie où il est fermenté : le produit de fermentation est distillé afin de produire le rhum. Le résidu de la distillation, appelée vinasse, peut être valorisé par méthanisation.

L'objectif du Service Procédés et Innovations Industriels (SPII) d'eRcane est d'accroître le schéma de bioraffinerie déjà existant en développant deux types de procédés :

- le premier est un procédé d'extraction des molécules à haute valeur ajoutée présentes dans les coproduits ;
- le deuxième est un procédé de transformation de ces coproduits afin d'en proposer une application nouvelle.

Les procédés sont mis en œuvre suivant les principes de la chimie verte pour valoriser les coproduits dans divers domaines d'application. La démarche appliquée au SPII se déroule en plusieurs étapes. Après une recherche bibliographique approfondie, les méthodes d'analyses sont mises au point afin de caractériser le coproduit. Dans un second temps, les paramètres opératoires du procédé sont étudiés au laboratoire en mettant en œuvre des méthodes respectueuses de l'environnement. L'étape finale est le transfert du procédé à l'échelle pilote afin d'étudier la faisabilité d'un fonctionnement industriel.

Mise au point des méthodes analytiques

Les projets de recherche menés par le SPII sont soit issus d'une volonté interne de valoriser un coproduit donné, soit le fruit d'une collaboration universitaire. Dans les deux cas, un travail de recherche sur l'état de l'art antérieur est mené afin de définir tous les concepts scientifiques du projet de recherche, d'identifier les différents problèmes soulevés et les éventuelles solutions apportées par d'autres laboratoires et de déterminer le degré d'innovation. Ceci a permis de débiter des projets de recherche sur la conception de matériaux ou sur l'extraction de molécules organiques des coproduits de la filière canne-sucre.

Une fois l'état de l'art réalisé, il est nécessaire de mettre au point des méthodes analytiques qui pourront dans un premier temps identifier un gisement potentiel en une molécule ou une famille de molécules, justifiant l'intérêt industriel du projet. Dans le cas de projet d'extraction de molécules organiques, ces mêmes méthodes aboutiront dans un second temps à la caractérisation des extraits aux différentes étapes de la conception du procédé d'extraction quelle que soit l'échelle considérée. Des méthodes d'analyses doivent également être mises au point afin d'évaluer les propriétés de la molécule extraite ou du matériau produit qui seront mises en avant commercialement. Pour ce faire, le SPII s'est doté d'appareils analytiques de chromatographie haute performance :

- chromatographie en phase liquide avec une détection de l'absorbance dans l'Ultra-Violet et dans le visible afin d'identifier et doser des molécules aromatiques et des colorants ;
- chromatographie en phase ionique avec une détection conductimétrique pour doser les acides organiques et les sels ;
- chromatographie par exclusion stérique avec une détection réfractométrique pour l'étude des oligomères et des polymères ;
- chromatographie en phase ionique avec une détection ampérométrique pour le dosage des sucres.

L'analyse des molécules à valoriser est également rendue possible par l'utilisation de spectrophotomètres mono ou polychromateur, d'un polarimètre ou d'un réfractomètre.

Dans le cas d'une analyse fine, il est souvent nécessaire de prétraiter le coproduit avant l'analyse. Ce prétraitement est une purification de la matière première par affinité avec un solvant organique, sur phase solide ou par un extracteur Soxhlet.

Développement d'un procédé à l'échelle du laboratoire

Le développement d'un procédé démarre par une étude à l'échelle du laboratoire. À cette échelle, il est possible de réaliser le criblage de paramètres opératoires tels que la température, le temps de contact ou de réaction, la concentration du réactif, la nature du solvant d'extraction ou de la phase solide mise en jeu. Cette étude permet également la comparaison

de plusieurs procédés d'extraction ou encore plusieurs matières premières. Le laboratoire de recherche du SPII possède plusieurs appareils d'extraction tels que des réacteurs batch agités de 250 mL à 2 L et des colonnes de chromatographie basse et moyenne pression de 10 mL à 3 L. L'intérêt de cette étape est la production en faible quantité d'un extrait et de tester ses propriétés à partir des méthodes analytiques précédemment développées. Enfin, une fois l'étude en laboratoire achevée, la viabilité du projet peut être estimée et la poursuite des recherches à une échelle supérieure peut être envisagée. Les travaux de recherche sur la bioraffinerie sont récents à eRcane, les premiers projets ayant démarré en 2006. Ainsi, de nombreux procédés sont encore à l'échelle du laboratoire :

- valorisation des molécules organiques d'intérêts industriels contenus dans la mélasse, la vinasse et les écumes ;
- valorisation des monomères constitutifs de la bagasse ;
- conception de matériaux à partir de bagasse.

Transfert à l'échelle pilote

Le transfert à l'échelle pilote, offre la possibilité de travailler sur des modules de dimension intermédiaire entre celle du laboratoire et celle de l'industrie. Les travaux consistent donc dans un premier temps à extrapoler le procédé du laboratoire à un dimensionnement pilote en appliquant les paramètres opératoires déterminés à l'échelle du laboratoire. Les limites du procédé à l'échelle semi-industrielle sont appréhendées et le procédé peut être optimisé pour répondre à ces contraintes. À cette étape, il est également possible d'étudier la faisabilité du procédé. Le laboratoire pilote d'eRcane possède différents modules d'une capacité comprise entre 30 et 50 L :

- un pilote de cristallisation ;
- un système de chromatographie sur colonne ;
- des modules de filtration membranaire (microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration, osmose inverse).

Le suivi des paramètres opératoires en ligne facilite un pilotage adapté à chaque procédé à l'échelle pilote. A l'heure actuelle, seul un procédé est étudié à l'échelle pilote à eRcane : il s'agit de la valorisation d'une molécule organique en phase aqueuse. Les essais à l'échelle semi-industrielle ont débuté en 2012 à partir des résultats obtenus dans différents laboratoires partenaires dans le cadre de trois thèses de doctorats.

Conclusion

Depuis 2006, eRcane développe des projets de recherche pour valoriser les coproduits de la canne à sucre sans perturber les procédés de bioraffinerie existants. Une fois l'innovation du projet démontrée, des méthodes analytiques sont mises en place afin de caractériser le coproduit et les molécules qui en seront extraites. Les paramètres opératoires du procédé sont ensuite étudiés à l'échelle du laboratoire avant le transfert de technologie à l'échelle pilote.

Ces projets de recherche permettent des collaborations avec des partenaires industriels (Tereos Syral, Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement, Centre de Valorisation des Glucides et produits naturels) et universitaires (Laboratoire de Chimie Agroindustrielle de l'INP-ENSIACET, Laboratoire de Chimie des Substances Naturelles et des Sciences de l'Aliment de l'Université de La Réunion, Institut de Recherches sur la Catalyse et l'Environnement de Lyon).