

THESE DE DOCTORAT DE

L'UNIVERSITE DE NANTES

ECOLE DOCTORALE N° 600

Ecole doctorale Ecologie, Géosciences, Agronomie et Alimentation

Spécialité : « Statistiques/Modélisation en écologie, géosciences, agronomie et alimentation »

Par

« **Aicha AIT SAIR** »

« **Modelling of a small scale biorefinery and evaluation of its sustainability in a local context** »

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 24 Janvier 2022

Unité de recherche : INRAE Biopolymères Interactions et Assemblages, Nantes, France

Rapporteurs avant soutenance :

Franck TAILLANDIER

Chargé de Recherche, INRAE AIX EN PROVENCE

Caroline SABLAYROLLES

Maître de Conférences, INP ENSIACET TOULOUSE

Composition du Jury :

Examineurs : Julie WOHLFAHRT

Chargée de Recherche, INRAE COLMAR

Ina KOERNER

Docteure Ingénieure, TUHH HAMBURG (Allemagne)

Isabelle SOUCHON

Directrice de Recherche, INRAE AVIGNON

Marc LAHAYE

Directeur de Recherche, INRAE NANTES

Éric LEROY

Directeur de recherche, UNIVERSITE DE NANTES

Dir. de thèse : Bernard CATHALA

Directeur de Recherche, INRAE NANTES

Invité(s)

Kamal KANSOU

Chargé de Recherche, INRAE NANTES

Franck MICHAUD

Enseignant Chercheur, ESB NANTES

Titre : Modélisation de l'implémentation d'un système de bioraffinerie petite échelle, et évaluation sa durabilité dans un contexte local

Mots clés : bioraffinerie à petite échelle, bioéconomie, évaluation de scénarios, durabilité, modélisation, intégration territoriale.

Résumé : La bioraffinerie est un composant de la bioéconomie qui favorise la diversification des voies de transformation des bio-ressources. L'intégration des bioraffinerie dans les territoires incarne son appartenance à la bioéconomie, et évoque la durabilité des bioraffinerie en tant qu'installations indépendantes, mais aussi en tant qu'entité intégrée au territoire, ayant un impact sur les composantes socio-économiques et environnementales territoriales. Dans ce contexte, l'objectif de notre étude est de modéliser l'implémentation d'un système de bioraffinerie, à savoir une bioraffinerie à petite échelle, dans un contexte local, et d'évaluer la durabilité de cette implantation sur les dimensions économiques, sociales et environnementales.

Dans un premier temps, une analyse statistique multifactorielle est menée pour caractériser les designs de bioraffinerie basées sur l'échelle, en définissant particulièrement les bioraffinerie à petite échelle. Dans une deuxième phase, la modélisation pour l'évaluation de l'implémentation des systèmes de bioraffinage a été soumise au cadre d'évaluation de la modélisation intégrée. Les scénarios de bioraffinerie potentielles sont évalués pur discerner la voie ou la combinaison de voies de valorisation la plus durable et la plus efficace. Ce travail fournit une base solide pour de futurs développements dans la définition des bioraffinerie à petite échelle, et dans la modélisation d'évaluation intégrée de l'implémentation des bioraffinerie dans la bioéconomie.

Title : Modelling of a small scale biorefinery and evaluation of its sustainability in a local context

Keywords : small-scale biorefinery, bioeconomy, scenario assessment, sustainability, modelling, territory integration

Abstract : The concept of biorefinery is one of the pillars of the bioeconomy, which promotes the diversification of transformation paths of bioresources. The integration of biorefineries in territories embody its belonging to the bioeconomy, and evokes the sustainability of biorefineries as independent facilities, and as an integrated entity of the territory, impacting the territorial socio-economic and environmental components. Opposed to large-scale biorefineries, small-scale biorefineries can be explored as a potential design of biorefineries, implemented in territories to valorize the corresponding biomass and create a socio-economic dynamic. In this context, the aim of our study is to model the implementation of a biorefinery system, namely a small-scale biorefinery, in a local context, and evaluate the sustainability of its implementation on the economic, social and environmental dimensions.

In a first step, multifactorial statistical analysis is conducted to characterize the scale-based designs of biorefineries, particularly defining the small-scale biorefineries. In a second phase, the modelling for evaluation of the implementation of biorefinery systems is subjected to the integrated modelling assessment framework. The model is a coupling of logistical, mass & energy balance, cost-benefit analysis and multi-criteria decision analysis for the triple bottom line. In parallel, the scenarios of potential biorefineries were evaluated to discern the most sustainable and efficient valorization or combination of paths. This work provides a solid basis for further developments in small-scale biorefinery definition, and in the integrated assessment modelling of implementation of biorefineries in the bioeconomy.