



AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

Le Doyen de la Faculté des Sciences Dhar El Mahraz –Fès – annonce que

M^{me} : TAZI Karima

Soutiendra : le 26/11/2022 à 10H

Lieu : Faculté des Sciences Dhar el mahraz - Département de Biologie.

Une thèse intitulée :

“ Optimisation de la production de la biomasse algale et de sa fermentation en bioéthanol de troisième génération : cas de la micro-algue *Chlamydomonas debaryana* ”

En vue d'obtenir le Doctorat

FD : Ressources Naturelles environnement et développement durable RNE2D

Spécialité : Gestion et Valorisation des Bioressources

Devant le jury composé comme suit :

	Nom et prénom	Grade	Etablissement
Président	Pr. BEKKARI Hicham	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
Directeur de thèse	Pr. JANATI IDRISSI Abdellatif	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
Rapporteurs	Pr. BOUCHELTA Aziz	PES	Faculté des Sciences-Meknès
	Pr. BAHHOU Jamila	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
	Pr. BOUMNICH Lhoussaine	PES	Faculté des Sciences-Meknès
Membres	Pr. RACHIK Saad	PES	Faculté des Sciences et Techniques - Fès
	Pr. GUEMMOUH Rajae	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mehraz - Fès
Co-encadrant	Pr. JAMAI Latifa	PH	Faculté des Sciences Dhar El Mehraz - Fès



Résumé :

La biomasse des micro-algues est l'une des voies prometteuses aux problèmes énergétiques, constituant une matière première renouvelable et la seule alternative aux cultures vivrières pour la production des biocarburants comme énergie du futur.

L'étude menée dans le cadre de ce travail consiste principalement à exploiter la biomasse de la micro-algue *Chlamydomonas debaryana*, après optimisation, pour la production de bioéthanol de troisième génération.

Les premières expérimentations de cette étude examinent l'influence de certaines conditions de culture sur la croissance et l'accumulation des sucres par la micro-algue. Les résultats du modèle expérimental appliqué révèlent que la supplémentation en bicarbonate de sodium (0.45 g. L^{-1}) combinée avec une forte aération (0.6 L. min^{-1}) et une durée de croissance de 18 jours, sont les conditions optimales pour une production maximale de biomasse (5.02 g. L^{-1}) contenant 43% de sucres. La culture de *C. debaryana* dans ces conditions et sous mode de privation nutritionnelle a montré une amélioration et une suraccumulation des sucres (environ 60% du poids sec) en cas de la privation de soufre, avec seulement 14% de réduction de la biomasse qui a été marquée par rapport au milieu enrichi.

Ces résultats ont conduit à l'optimisation de l'hydrolyse de la biomasse produite, dans le but de convertir le maximum des sucres en bioéthanol par fermentation. En effet, 9% de biomasse micro-algale, $30 \text{ U.g}_{\text{biomasse}}^{-1}$ d'enzymes, $55 \text{ }^\circ\text{C}$ et un temps de réaction de 48 h étaient les conditions optimales, permettant d'avoir simultanément un maximum de saccharification (92.79%) et de bioéthanol produit (26.68 g. L^{-1}). Selon ces conditions, les fermentations effectuées à haute température ($45 \text{ }^\circ\text{C}$) par la levure thermophile *Pichia kudriavzevii* montrent une production élevée de bioéthanol, par application du mode de saccharification et fermentation simultanée (SSF).

L'étude réalisée dans la dernière partie de ce travail, explore le double potentiel de la micro-algue *C. debaryana* à générer une biomasse riche en sucre durant sa croissance dans les margines et à réduire, en parallèle, la charge polluante de cet effluent. Les résultats révèlent que la nouvelle stratégie de consortium entre cette micro-algue et la levure *Pichia kudriavzevii*, appliquée en deux étapes, a favorisé l'amélioration de la croissance micro-algale par comparaison à la monoculture. Un maximum de biomasse (5.10 g. L^{-1}) contenant 47.94% de sucre a été atteint pour le milieu à 10% de margines (v/v) sans aucune supplémentation. Au cours de cette culture, une forte réduction des composés phénoliques a été enregistrée (76.23%) après 19 jours de croissance. De même, 59.31% de la demande chimique en oxygène, 72.15% d'azote total et 53.05% de phosphore total ont été également éliminés des margines.

Mots clés: Micro-algue, *Chlamydomonas debaryana*, optimisation, bioéthanol, margine, consortium, levure, *Pichia kudriavzevii*.



OPTIMIZATION OF MICROALGAL BIOMASS PRODUCTION AND ITS FERMENTATION INTO THIRD GENERATION BIOETHANOL: CASE OF MICRO-ALGAE *CHLAMYDOMONAS DEBARYANA*

Abstract:

Microalgae biomass is one of the promising solutions to energy problems, as a renewable feedstock and the only alternative to food crops for biofuels production as the energy of the future. The aim of this study is mainly focused on exploiting *Chlamydomonas debaryana* microalgae biomass, after optimization, to produce third generation bioethanol.

The first experiments in this study, explore the influence of some culture conditions on the growth and carbohydrate accumulation in microalgae. The results of the experimental design applied showed that the addition of sodium bicarbonate (0.45 g. L^{-1}) combined with high aeration (0.6 L. min^{-1}) and a growth duration of 18 days, are the optimal conditions for maximum biomass production (5.02 g. L^{-1}) containing 43% of carbohydrates. Cultivation of *C. debaryana* under these conditions and nutrient starvation mode showed an improvement and an overaccumulation of carbohydrates (about 60% of dry weight) under sulfur starvation, with only a 14% reduction in biomass that was recorded compared to the enriched medium.

These results led to the optimization of the hydrolysis process of the biomass produced, in order to convert the maximum of sugars into bioethanol by fermentation. Indeed, 9% of microalgal biomass, $30 \text{ U.gbiomass}^{-1}$ of enzymes, $55 \text{ }^\circ\text{C}$ and a reaction time of 48 h were the optimal conditions, which allowed to achieve simultaneously a maximum of saccharification yield (92.79%) and bioethanol production (26.68 g. L^{-1}). Under these conditions, fermentations carried out at high temperature (45°C) by the thermophilic yeast *Pichia kudriavzevii* show a high bioethanol production, by applying the saccharification and simultaneous fermentation mode (SSF).

The study performed in the last section of this research; explore the dual potential of the microalgae *C. debaryana* to generate sugar-rich biomass during cultivation in the oil mill wastewater (OMW) and to reduce, in parallel, the pollutant load of this effluent. The results revealed that the new consortium strategy between this microalgae and the yeast *Pichia kudriavzevii*, applied in two stages, enhanced microalgal growth compared to the monoculture. A maximum amount of biomass (5.10 g. L^{-1}) containing 47.94% of carbohydrates was reached for the medium with 10% of OMW (v/v) without any supplementation. During the cultivation, a significant reduction of phenolic compounds was observed (76.23%) after 19 days of growth. In addition, 59.31% of chemical oxygen demand, 72.15% of total nitrogen and 53.05% of total phosphorus were also removed from the OMW.

Keywords: Microalgae, *Chlamydomonas debaryana*, optimization, biomass, carbohydrates, hydrolysis, bioethanol, OMW, consortium, yeast, *Pichia kudriavzevii*.