

## Le 2-méthylolane comme solvant alternatif pour l'éco-extraction des huiles végétales : de l'essai de laboratoire à la réalisation industrielle

La croissance démographique et la crise environnementale favorisent l'émergence de nouveaux enjeux mondiaux. À ce titre, le fait que l'extraction des huiles végétales et, par extension, la sécurité alimentaire mondiale, reposent actuellement sur l'hexane, un solvant pétrochimique toxique, apparaît comme particulièrement problématique. Par conséquent, l'objectif de cette thèse a consisté à évaluer la substitution de ce composé par un solvant alternatif biosourcé, le 2-méthylolane.

Les travaux présentés dans ce manuscrit décrivent tout d'abord le procédé de production des huiles végétales et mettent en évidence des pistes d'amélioration dans une perspective d'éco-extraction. Ensuite, les spécificités et les multiples atouts de ce nouveau solvant sont mis en lumière.

La partie expérimentale veille, dans un premier temps, à étudier à l'échelle laboratoire l'impact du remplacement du solvant sur les produits et le procédé d'extraction à partir de graines de soja et de colza. Dans un second temps, les travaux s'orientent davantage vers une transposition industrielle, par la simulation d'une technique d'extraction plus représentative puis par la réalisation d'un essai pilote et d'une étude énergétique détaillée dans le cas du colza. Enfin, les différences observées entre les solvants sont expliquées et le rôle prépondérant de l'eau est mis en avant, à la suite de quoi plusieurs solutions sont proposées pour améliorer les performances d'extraction du 2-méthylolane.

Bien que des optimisations et des investigations supplémentaires soient encore nécessaires afin de pouvoir envisager une implémentation durable de cette nouvelle technologie dans l'industrie de trituration des graines oléagineuses, les travaux de cette thèse apportent une preuve solide que ce solvant fait partie des alternatives les plus à même de substituer l'hexane pour l'extraction de produits naturels.

**Mots clés :** extraction, huiles végétales, solvant alternatif, 2-méthylolane, hexane, soja, colza, protéines végétales.

## 2-Methylolane as an Alternative Solvent for Green Extraction of Vegetable Oils: From the Lab Test to the Industrial Realization

Population growth and the environmental crisis are fostering the emergence of new global challenges. As such, the fact that the extraction of vegetable oils and, by extension, global food security, currently rely on hexane which is a toxic petrochemical solvent, seems particularly problematic. Therefore, the objective of this thesis work was to evaluate the substitution of this substance by a bio-based alternative solvent, 2-methylolane.

The work presented in this manuscript first describes the production process of vegetable oils and draws attention to possibilities of improvement within an eco-extraction frame. Then, the specificities and multiple assets of this new solvent are highlighted.

Firstly, the experimental part aims to study the impact of the lab-scale solvent replacement on the extraction products and process using soybeans and rapeseeds as starting materials. Secondly, the work becomes more oriented towards an industrial transposition, by simulating a more representative extraction technique, and then by carrying out a pilot-scale trial and a detailed energetic study in the case of rapeseed. Finally, the differences observed between the solvents are explained and the preponderant role of water is emphasized, whereupon several solutions are proposed to improve the extraction performance of 2-methylolane.

Although additional optimization and investigations are still necessary before considering a sustainable implementation of this new technology in the oilseed crushing industry, the work conducted during this thesis provides strong evidence that this solvent is one of the most viable alternatives to substitute hexane for the extraction of natural products.

**Keywords:** extraction, vegetable oils, alternative solvents, 2-methylolane, hexane, soybean, rapeseed, vegetable proteins.