

# **Ultrasonic extraction and its valorisation for a wide range of Arkopharma products**

## **Eco-extraction assistée par ultrasons des plantes médicinales : mécanisme(s), intensification et industrialisation**

**Boutheina Khadhraoui**

With recent trends in the increasing interest to environmental, economic and safety considerations, extraction techniques have largely focused on finding solutions with sustainable and green values to implement in food processing, cosmetic and pharmaceutical industries. In this context, new “green” extraction techniques were developed such as Ultrasound-Assisted Extraction (UAE). The main objective of this thesis is industrial implementation of this new process in substitution to the conventional (CV) process. It has been shown in this work that the extraction of compounds of interest from rosemary and other plant matrices could be intensified using ultrasound, and that different performance gain could be achieved according to the plant matrix structural properties. Indeed, macroscopic and microscopic investigation of untreated and treated raw materials proved that US act through different mechanisms and its resulting impacts can be extremely limited by plant structural morphological and chemical properties, especially those of the specialized structures. Significant variability in performance gain was also observed at the industrial scale. Overall, UAE appears as a promising technique with a significant performance gain in terms of extraction yield and selectivity. Moreover, this process presents low environmental footprint compared to the CV one. Finally, it has been shown that natural products, such as honey and fruit juices, can be used to improve solubilization and extraction of molecules that are poorly soluble in water. Encouraging results were obtained in terms of solubilization and extraction abilities, especially from ground raw materials. However, these results raise questions related to the feasibility of industrial implementation of this new process.

Le retour à la naturalité a favorisé le développement des compléments alimentaires à base de ressources végétales qui apparaissent comme un réservoir quasi-infini de nutriments et de substances naturelles bioactives. Ceci fait de l'extraction solide/liquide une étape incontournable au sein des industries intéressées par ce type de molécules. Avec les préoccupations environnementales et sociétales, il est devenu nécessaire d'inventer et développer de nouveaux procédés qui répondent aux six principes de l'éco-extraction. Cette démarche a totalement inspiré cette thèse qui a pour principal objectif le développement d'une technique d'éco-extraction assistée par ultrasons en substitution de la technique conventionnelle. Ce travail a permis de montrer qu'il était possible d'intensifier l'extraction de composés d'intérêt en utilisant les ultrasons avec une meilleure sélectivité et de meilleurs rendements d'extraction. Une attention particulière a été accordée à la compréhension des mécanismes d'action des ultrasons via une étude macroscopique et microscopique approfondie des structures végétales. Cette investigation a prouvé que les ultrasons agissent différemment en fonction des structures végétales et de leurs propriétés morphologiques et chimiques qui leur confèrent un degré de résistance plus ou moins important face à l'action des ultrasons. Partant de ces résultats, l'étude macroscopique et microscopique a été définie comme un outil de décision pour une extraction ciblée. Cette variabilité a été aussi constatée à l'échelle industrielle prouvant davantage l'importance de l'analyse microscopique. Enfin, le procédé d'extraction par ultrasons a été adopté à l'échelle industrielle pour ses performances d'extraction et pour son empreinte environnementale significativement réduite par rapport au procédé CV. Ce travail a également conduit à des travaux complémentaires sur l'étude du potentiel de solubilisation des produits naturels en vue d'une utilisation pour l'extraction de composés végétaux difficiles à solubiliser dans l'eau. Des résultats prometteurs ont été obtenus en termes de pouvoirs de solubilisation et d'extraction notamment à partir de la

matière végétale broyée. Les résultats de cette dernière partie soulèvent cependant des questions qui pourraient faire l'objet de futures recherches et de perspectives pour ce travail qui sont principalement liés à l'étude des problèmes liés au changement du solvant et au prétraitement de la matière première et de la faisabilité industrielle de ce nouveau procédé.

**Date de soutenance** 2019-11-29

**Mots clés** : Ultrasound, Solvent substitution, Microscopy, Industrialization, Mechanisms

Ultrasons, Substitution du solvant, Microscopie, Industrialisation, Mécanismes d'action, Ultrasons -- Mécanisme d'action, Extraction par solvant -- Produits de remplacement, Projets de développement industriel

**Organisme de délivrance** : Avignon Université

**École doctorale** : École doctorale 536 « Sciences et agrosociétés » (Avignon)

**Directeur de thèse** : Anne-Sylvie Fabiano-Tixier, Farid Chemat

**Membre du jury** : Giancarlo Cravotto, Elena Ibáñez, Nicolas Gondrexo, Béatrice Baghdikian