

## PROGRAMME INTITUTS ET INITIATIVES 2024

### **Initiative Maîtrise des Systèmes Technologiques sûrs et Durables - Proposition de thèse**

**Titre de la thèse :** Valorisation du pissenlit : éco-extraction de polyphénols et formulation de produits alimentaires fonctionnels

**Directeur de thèse:**

BOUSSETTA Nadia (nadia.boussetta@utc.fr)

Adresse professionnelle : Université de technologie de Compiègne, Unité mixte de recherche Transformations Intégrées de la Matière Renouvelable (TIMR UTC-ESCOM)

**Co-directeurs de thèse:**

KUBO Mirian (mirian.kubo@utc.fr) et MERLIER Franck (franck.merlier@utc.fr)

Adresse professionnelle : Université de Technologie de Compiègne, Unité mixte de recherche 7025 Génie Enzymatique et Cellulaire (GEC)

Le projet de recherche réunit des compétences scientifiques de disciplines diverses et complémentaires : génie des procédés (TIMR), chimie analytique, biochimie et formulation alimentaire (GEC). Deux équipes de recherche de l'alliance sont engagées dans la direction et l'encadrement de cette thèse.

**École Doctorale de rattachement :** ED71 - Sciences pour l'ingénieur UTC

**Contexte :**

Ces dernières années, l'intérêt pour l'utilisation de substances naturelles issues de plantes comme source d'antioxydants et d'ingrédients fonctionnels dans les aliments a augmenté. Il existe donc une demande pour de nouveaux ingrédients ou additifs d'origine naturelle et présentant des propriétés technologiques et biologiques d'intérêt. Dans ce contexte, compte tenu de sa richesse en composés bioactifs, le pissenlit peut être une bonne source d'ingrédients. Le pissenlit contient un grand nombre de substances phytochimiques ayant des activités biologiques, notamment des polyphénols. Parmi ces polyphénols, le pissenlit est riche en flavonoïdes (Kenny et al., 2014). De nombreuses études ont démontré que les flavonoïdes de pissenlit ont d'excellentes propriétés hypolipidémiques (Choi et al., 2010) et anti-hyperglycémiques (Wirngo, Lambert et Jeppesen, 2016). Kenny et al. (2014) ont obtenu des fractions extraites de racines de pissenlit présentant une activité oxydante élevée et ont conclu que celles-ci pouvaient potentiellement être utilisées comme conservateur naturel pour retarder les altérations liées à l'oxydation dans les produits alimentaires. Cependant, l'utilisation du pissenlit dans les formulations alimentaires est encore assez limitée en raison de l'odeur spécifique et de l'arrière-goût amer que présentent les parties de la plante pissenlit (Cacak-Pietrzak et al., 2021). On estime que cette limitation peut être surmontée avec le développement d'ingrédients à base d'extraits purifiés riches en polyphénols. Leur utilisation en tant que nouveaux ingrédients alimentaires fonctionnels demandera une validation de leur adéquation et efficacité dans le produit alimentaire (notamment leur bioaccessibilité) (Rojas et al., 2021). D'autre part, les techniques d'extraction conventionnelles des polyphénols sont généralement associées à de longues durées d'extraction, à une consommation importante de solvants organiques et à la possible dégradation thermique des polyphénols (Azmir et al., 2013). La plupart des solvants organiques sont inflammables, volatils, explosifs, toxiques et sont responsables de la pollution de l'environnement et de l'effet de serre (Chemat, Vian, & Cravotto, 2012). Ils sont donc incompatibles avec le principe du procédé d'extraction "vert" et leur élimination des extraits est obligatoire. Le développement de solvants verts (huiles naturelles, solvants eutectiques naturels) sont des alternatives prometteuses aux solvants organiques. Des prétraitements sont généralement appliqués pour améliorer la cinétique d'extraction et les rendements lors de l'extraction solide-liquide. Parmi les méthodes de prétraitement non conventionnelles, les décharges électriques à haute tension et les champs électriques pulsés ont été appliqués pour améliorer l'extraction des biomolécules avec succès (Gros et al., 2003, Rajha et al., 2015).

Le principal défi des nouvelles voies de valorisation de la biomasse est de développer des procédés d'extraction, non polluants qui garantissent une pureté élevée, une activité biologique élevée des extraits, sans dégradation des composants bioactifs et à faible coût énergétique. Dans ce cadre, ce projet de thèse se focalise sur l'extraction et la valorisation des polyphénols de pissenlit.

### **Objectifs scientifiques et technologiques :**

Les objectifs scientifiques et technologiques de cette thèse sont : (1) l'étude des stades de maturité de la plante de pissenlit sur la diversité moléculaire des différents organes de la plante ; (2) La conception d'un schéma de procédé propre, sûr et économe pour la récupération sélective des polyphénols ; (3) L'étude de l'effet de la matrice alimentaire sur la bioaccessibilité des polyphénols au cours de la digestion, (4) L'évaluation de la qualité des produits enrichis en polyphénols en fonction des procédés d'extraction appliqués.

### **Approche scientifique :**

Le programme du sujet de thèse est réparti en trois tâches essentielles :

#### **1) Etude du stade de maturité de la plante sur la composition du pissenlit (GEC)**

La collecte de graines sera effectuée dans des banques de graine des différentes espèces de pissenlit. Puis la culture du pissenlit sera réalisée dans un milieu contrôlé (Serres S2) afin de limiter les différences métaboliques (Ksouda et al., 2018). La diversité moléculaire des différents organes de la plante sera caractérisée (Acides Gras (Merlier et al., 2018), métabolites secondaires (Polyphénol, Terpénoides)) L'activité des extraits et celle des molécules unitaires sera évaluée (tests FRAP, données bibliographiques, tests FRAPABST) (Ksouda et al., 2018). Une comparaison des espèces sauvages sera effectuée et les modifications moléculaires induites en fonction de l'origine géographique et des stress seront étudiées.

#### **2) Extraction et purification des polyphénols (TIMR)**

En fonction des résultats issus de la tâche 1, un stade de maturité de la plante sera sélectionné pour l'extraction. L'extraction des polyphénols sera effectuée à l'aide de solvants verts (eau, solvants eutectiques naturels, ...) et intensifiée à l'aide de prétraitements non conventionnels (décharges électriques de haute tension et champs électriques pulsés). Les paramètres opératoires qui seront étudiés sont : la consommation énergétique du prétraitement, le type de solvant, la température et durée d'extraction. Les extraits prélevés seront caractérisés en termes de teneur en polyphénols totaux, type de polyphénols et activité antioxydante. La purification des polyphénols sera effectuée par filtration membranaire ou par adsorption sur résine. Les cinétiques d'extraction et d'adsorption des polyphénols seront mesurées et modélisées. La caractérisation des extraits permettra de suivre les éventuelles modifications des extraits en lien avec l'utilisation des solvants.

#### **3) Formulation d'ingrédients fonctionnels (GEC)**

Les extraits de polyphénols obtenus dans la tâche 2 seront utilisés pour enrichir certaines matrices alimentaires types. Ensuite, la bioaccessibilité des polyphénols dans chaque matrice et aussi dans une solution contrôle (sans matrice) sera évaluée à travers la simulation de 3 étapes de la digestion (orale, gastrique et intestinale), en utilisant la méthode normalisée de digestion statique in vitro INFOGEST (Brodkorb et al., 2019). En outre, l'impact de l'enrichissement sur la qualité (physico-chimique, organoleptique, sensoriel) et stabilité oxydative du produit sera évalué.

### **Adéquation à l'Initiative :**

Ce sujet de thèse s'intéresse à la valorisation des ressources végétales pour la production d'extraits naturels. Ce travail s'inscrit dans le cadre du développement de la chimie verte et constitue un enjeu majeur de développement économique. Ce sujet de thèse vise à proposer un procédé d'extraction en accord avec les principes de l'éco-extraction (valorisation de ressources végétales, emploi de solvants verts, réduction de la consommation énergétique du procédé par l'application de prétraitement, amélioration des rendements d'extraction). D'autre part, ce travail porte sur l'utilisation de substances naturelles issues de plantes (ici les polyphénols) comme source d'antioxydants et d'ingrédients fonctionnels dans les aliments, permettant ainsi d'optimiser la qualité nutritionnelle de l'aliment et ainsi de répondre aux enjeux sociétaux.

### **Publications des encadrants en lien avec le projet :**

1. Ksouda, G., Hajji, M., Sellimi, S., Merlier, F., Falcimaigne-Cordin, A., Nasri, M., Thomasset, B. A Systematic Comparison of 25 Tunisian Plant Species Based on Oil and Phenolic Contents, Fatty Acid Composition and Antioxidant Activity. *Ind. Crops Prod.* 2018, 123, 768–778, doi:10.1016/j.indcrop.2018.07.008.
2. Merlier, F., Imatoukene, N., Octave, S., Nicaud, J.M., Thomasset, B. A Gas Chromatography Full Scan High Resolution Orbitrap Mass Spectrometry Method for Separation and Characterization of 3-Hydroxymethyl Pyridine Ester of Fatty Acids at Low Levels. *J. Chromatogr. A* 2018, 1575, 72–79, doi:10.1016/j.chroma.2018.09.010.
3. Wang, L., Boussetta, N., Lebovka, N., Vorobiev, E., Ultrasound assisted purification of polyphenols of apple skins by adsorption/desorption procedure, *Ultrasonics Sonochemistry*, 55, 2019, 18-24.
4. El Kantar, S., Rajha, H., R., Boussetta, N., Vorobiev, E., Maroun, R. G., Louka, N., Green extraction of polyphenols from grapefruit peels using high voltage electrical discharges, deep eutectic solvents and aqueous glycerol, *Food Chemistry*, 295, 2019, 165-171.
5. Rojas, M. L., Kubo, M. T. K., Caetano-Silva, M. E., & Augusto, P. E. D. (2021). Ultrasound processing of fruits and vegetables, structural modification and impact on nutrient and bioactive compounds: a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(9), 4376–4395.