



HAL
open science

La Waide (*Isatis tinctoria* L.), plante historique des Hauts-de-France, source de métabolites secondaires pour des applications colorantes et biologiques Extraction, caractérisation, formulation, modulation des propriétés

Romain Vauquelin, Nicolas Joly, Élodie Choque, Nathalie Jullian, Patrick Martin

► **To cite this version:**

Romain Vauquelin, Nicolas Joly, Élodie Choque, Nathalie Jullian, Patrick Martin. La Waide (*Isatis tinctoria* L.), plante historique des Hauts-de-France, source de métabolites secondaires pour des applications colorantes et biologiques Extraction, caractérisation, formulation, modulation des propriétés. CNRIUT 2023 Saint Pierre - La Réunion, IUT de Saint Pierre, Jun 2023, Saint Pierre (La Réunion), La Réunion. hal-04326926

HAL Id: hal-04326926

<https://hal.science/hal-04326926v1>

Submitted on 6 Dec 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La Waide (*Isatis tinctoria* L.), plante historique des Hauts-de-France, source de métabolites secondaires pour des applications colorantes et biologiques

Extraction, caractérisation, formulation, modulation des propriétés

Romain Vauquelin^{1,2} Nicolas Joly¹ Elodie Choque²
romain.vauquelin@gmail.com nicolas.joly@univ-artois.fr elodie.choque@u-picardie.fr
Nathalie Jullian² Patrick Martin¹
nathalie.jullian@u-picardie.fr patrick.martin@univ-artois.fr

¹ Unité Transformations & Agroressources, Université d'Artois - UniLaSalle, ULR7519, 62408 Béthune, France

² BioEcoAgro-Biologie des Plantes et Innovation, UMRT INRAe 1158 BioEcoAgro, Université de Picardie Jules Verne, 80039 Amiens, France

Thèmes – Chimie - Biologie - Environnement

Résumé – *Dans une dynamique de retour à la naturalité des produits, des réponses sont données par l'intermédiaire de l'extraction de métabolites spécialisés issus de plantes. Dans cette approche, la « Waide » ou pastel des teinturiers (*Isatis tinctoria* L.), par son attrait historique et local au sein des Hauts-de-France, permet de répondre à cette problématique. Longtemps cultivée pour le pigment bleu indigo issu de ses feuilles, cette plante a toutes les qualités requises pour être valorisée à la fois pour ses atouts tinctoriaux, environnementaux et médicinaux. L'objectif principal de cette thèse pluridisciplinaire est de proposer des méthodes optimisées d'extraction de métabolites spécialisés chez la waide. Elle s'inscrit dans un projet plus global visant à réintroduire cette culture dans les Hauts-de-France en la valorisant dans sa globalité par une approche zéro-déchet. Les molécules extraites pourront répondre à différents domaines d'applications allant de la coloration en passant par l'industrie pharmaceutique jusqu'au domaine du biocontrôle, par l'intermédiaire des glucosinolates et leurs propriétés répulsives contre des insectes ravageurs. Différentes méthodes d'extraction sont à mettre en place selon la nature des molécules à extraire et des organes de la plante que l'on étudie. Elles seront établies, dans un premier temps, sur des plantes cultivées hors-sol en cultures hydroponiques par apport de nutriments en solution dans des conditions contrôlées. Ces méthodes seront, dans un second temps, transposées sur du matériel végétal issu de cultures en champs afin d'être dans les conditions réelles de valorisation en passant d'une échelle laboratoire à une échelle semi-pilote. Cela permettra d'évaluer l'influence environnementale en champs par rapport à la culture hors-sol. L'objectif serait à terme de réimplanter cette culture oubliée et de proposer sa valorisation zéro-déchet dans son entièreté au sein de la région des Hauts-de-France.*

Mots-Clés – Waide, valorisation, zéro déchet, indigo, glucosinolate

Introduction

Dans une démarche de développement durable, l'objectif primordial est la préservation des ressources naturelles. L'extraction de pétrole, nécessaire à la production de produits dans divers domaines, ne constitue pas une proposition viable dans le temps. Face à cette problématique, remplacer ces produits par une valorisation de bio-ressources, notamment l'extraction de métabolites spécialisés issus de végétaux, est une des réponses. La valorisation de la "Waide"¹ (*Isatis tinctoria* L. ou pastel des teinturiers) plante historique oubliée des Hauts-de-France, s'inscrit dans cette proposition par les propriétés tinctoriales et médicinales que propose cette brassicacée.

Ce sujet pluridisciplinaire regroupe deux domaines scientifiques bien distincts mais complémentaires, que sont la chimie et la physiologie végétale. La thèse est sous la direction de deux laboratoires de recherche rattachés à deux IUT spécialistes de ces deux domaines. La première équipe, rattachée à l'IUT de Béthune, est spécialiste dans la valorisation des agroressources, destinée à la production de molécules et matériaux biosourcés. La seconde, rattachée à l'IUT d'Amiens, est spécialisée dans la physiologie végétale, plus précisément dans la compréhension du métabolisme racinaire en vue de la production de biomolécules.

Contexte et objectifs

Isatis tinctoria était autrefois cultivée et utilisée pour la récupération de l'indigo. Ce pigment issu des feuilles, était destiné à la production de teinture végétale de luxe, avait permis de financer la construction de la cathédrale d'Amiens. Sa culture a ensuite été remplacée par celle de l'indigotier (*Indigofera tinctoria*) proposant un rendement d'extraction cinq fois meilleur² (0.2% contre 1%). Elles ont ensuite été remplacées par la production de molécules synthétiques (Baeyer-Drewsen, 1882), davantage rentable. Bien qu'oubliée et remplacée, cette plante n'a pas livré tous ses secrets et outre la production d'indigo, elle propose également des avantages en tant qu'actif de santé, particulièrement dans les pays asiatiques, avec l'infusion de feuilles (« Dà Qīng Yè ») et de racines (« Ban Lan Gen »), mais également en cataplasme pour le traitement des ulcères, des plaies et des hémorroïdes³ (Hamburger, 2002 ; Hurry, 1930). De même, une décoction aqueuse de pastel a présenté des effets positifs dans un modèle d'infection pulmonaire chronique chez le rat et a été jugée prometteuse pour les études humaines (Song *et al.*, 1996)⁴. Notre objectif aujourd'hui est de participer à la réintroduction de cette plante bisannuelle sur le territoire Hauts-de-France en proposant une valorisation zéro-déchet dans sa globalité par l'extraction de métabolites spécialisés destinées aux domaines de la coloration, de la santé et du biocontrôle (Figure 1).

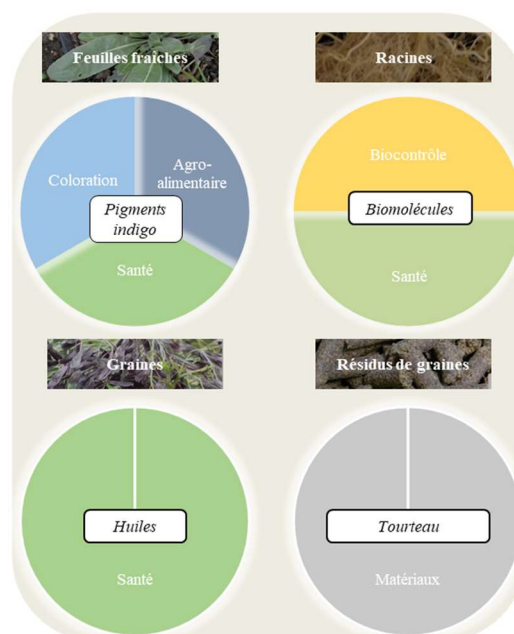


Figure 1 – Domaines d'applications des extraits issus des différents organes d'*I.tinctoria*.

Dans ce cadre, la valorisation passe dans un premier temps par la détermination de conditions optimales de récupération du pigment indigo (aspect coloration). Dans un deuxième temps, par l'évaluation de l'activité antioxydante d'extraits aqueux et hydroalcooliques de feuilles et de racines (aspect santé). Dans un troisième temps, une étude portera sur l'extraction, l'analyse et la détermination du mécanisme d'action des glucosinolates pour du biocontrôle contre les insectes.

Résultats et discussion

Lors de la première année de thèse, la production de matériel végétal, ainsi que la mise en place en conditions contrôlées par des cultures hydroponiques, a permis de réaliser des séries d'extractions sur du matériel frais. Ainsi, des essais d'optimisation par élaboration de plans d'expériences factoriels a permis de mettre en évidence certains paramètres discriminants sur l'extraction du pigment indigo. Les résultats montrent que la quantité d'eau utilisée pour l'extraction est divisible par deux et que l'augmentation de la température et l'utilisation d'eau déminéralisée influence positivement l'obtention d'indigo (Figure 2). D'autres analyses sont en cours, en affinant les niveaux de certains paramètres : diminuer à 1/3 le ratio biomasse-solvant et augmenter la température jusqu'à 60 °C. D'autres facteurs sont à l'étude comme le temps d'extraction et l'intérêt de se placer dans des conditions anaérobies. Ces résultats permettront ensuite de réaliser le scale-up en passant d'une échelle de 2,5-4 g de feuilles à 2,5-4 kg sur du matériel issu de champs permettant déterminer l'influence de l'environnement extérieur sur la

production de nos métabolites spécialisés d'intérêt.

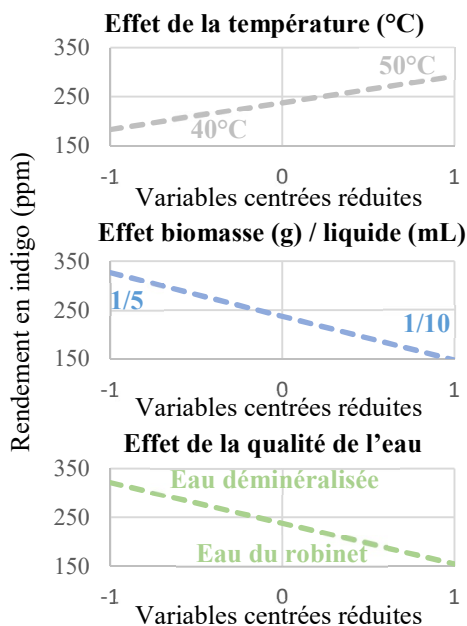


Figure 2 - Différents graphiques des effets sur le rendement en indigo par un plan factoriel 2^{3-1}

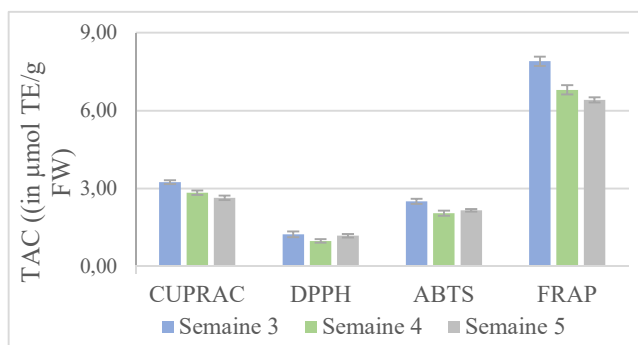


Figure 3 - Évolution du TAC d'extraits aqueux sur différents tests de développement par quatre tests antioxydants

Des séries de tests antioxydants que sont l'ABTS^a, le DPPH^b, le FRAP^c et le CUPRAC^d ont été réalisées sur différents types d'extraits selon différents temps de culture des plantes. Les extraits aqueux obtenus après 3 semaines de culture présentent de meilleurs TAC^e que ceux issus de cultures plus âgées (4 et 5 semaines). Ces tests montrent aussi qu'il y a un plus fort TAC pour le test FRAP par rapport aux trois autres tests (Figure 3). Ils concordent avec les résultats présentés par Wakeel et al. (2019) concluant que les extraits d'*I. tinctoria* ont un fort pouvoir réducteur⁵. Cette tendance indique que les extraits répondent davantage pour des applications pharmaceutiques. Il est primordial de déterminer par la suite ce qui induit cette tendance en caractérisant d'une part, les extraits par des méthodes chromatographiques, et d'autre part, en

^a Acide 2,2'-azino-bis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique

^b Diphénylpicrylhydrazyle

^c Ferric ion reducing antioxidant power

identifiant de potentielles synergies entre des molécules d'une même famille ou de familles différentes.

Conclusions

Cette thèse pluridisciplinaire a pour but de proposer une valorisation globale des feuilles et des racines du pastel des teinturiers (*Isatis tinctoria* L.) par la récupération de métabolites spécialisés. Cette proposition de valorisation passe par l'optimisation dans un premier temps du procédé d'extraction du pigment indigo à l'échelle laboratoire sur des plants cultivés en conditions contrôlées. Dans un second temps, le scale-up sera réalisé, en transposant la méthode d'extraction sur des plants cultivés en champs afin d'observer l'influence du milieu extérieur sur la récupération des métabolites spécialisés d'intérêt. Mais elle passe également par la récupération d'extraits avec des molécules ayant des propriétés antioxydantes pouvant répondre à divers domaines d'applications (santé, alimentaire, cosmétique). Enfin, les glucosinolates ayant une forte valeur ajoutée par leurs actions en tant qu'insecticides, actifs de biofumigation seront également étudiés.

Remerciements

Les auteurs souhaitent exprimer leur gratitude à la Région Hauts-de-France pour le co-financement de cette thèse, ainsi qu'à la Savonnerie des Hauts-de-France et à l'entreprise Bleu d'Amiens pour nous fournir des graines et des plantes cultivées en champs.

Références

- (1) Mocquard, J.; Le Lamer, A.-C.; Fabre, P.-L.; Mathieu, C.; Chastrette, C.; Vitrai, A.; Vandebossche, V. Indigo Dyeing from *Isatis Tinctoria* L.: From Medieval to Modern Use. *Dyes and Pigments* **2022**, *207*, 110675.
- (2) Pattanaik, L.; Padhi, S. K.; Hariprasad, P.; Naik, S. N. Life Cycle Cost Analysis of Natural Indigo Dye Production from *Indigofera Tinctoria* L. Plant Biomass: A Case Study of India. *Clean Techn Environ Policy* **2020**, *22* (8), 1639–1654.
- (3) Hamburger, M. *Isatis Tinctoria* – From the Rediscovery of an Ancient Medicinal Plant towards a Novel Anti-Inflammatory Phytopharmaceutical. *Phytochemistry Reviews* **2002**, *1* (3), 333–344.
- (4) Song, Z.; Johansen, H. K.; Moser, C.; Høiby, N. Effects of Chinese Medicinal Herbs on a Rat Model of Chronic *Pseudomonas Aeruginosa* Lung Infection. *APMIS* **1996**, *104* (5), 350–354.
- (5) Wakeel, A.; Jan, S. A.; Ullah, I.; Shinwari, Z. K.; Xu, M. Solvent Polarity Mediates Phytochemical Yield and Antioxidant Capacity of *Isatis Tinctoria*. *PeerJ* **2019**, *7*, e7857.

^d CUPric Reducing Antioxydant Capacity

^e Total Antioxidant Capacity : indice d'évaluation du potentiel antioxydant