



Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales

## Avis de Soutenance

# THESE DE DOCTORAT

Présentée par

**Monsieur REDA FASSI FIHRI**

Discipline : Biologie

Spécialité : Biotechnologies et Phytoressources / Agroécologie

Sujet de la thèse

**Valorisation biotechnologique et agronomique de microalgues vertes isolées du Maroc (*Chlorella vulgaris* et *Scenedesmus incrassatulus*) : Caractérisation phytochimique, écophysiologique et application comme biofertilisant**

Formation Doctorale " Sciences et Génie de la matière, de la Terre et de la Vie "

Thèse présentée et soutenue le **samedi 03 octobre 2026 à 09h30** au Centre des Conférences de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, devant le jury composé de :

| NOM ET PRÉNOM          | TITRE | ÉTABLISSEMENT                             |                    |
|------------------------|-------|-------------------------------------------|--------------------|
| LAHSEN EL GHADRAOUI    | PES   | Faculté des Sciences et Techniques de Fès | Président          |
| SAADIA BELMALHA        | PES   | Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès   | Rapporteur         |
| YOUNES FILALI ZEGZOUTI | PES   | Faculté des Sciences de Meknès            | Rapporteur         |
| ABDERRAHIM LAZRAQ      | PES   | Faculté des Sciences et Techniques de Fès | Rapporteur         |
| MAJID ATMANI           | PES   | Faculté des Sciences et Techniques de Fès | Examineur          |
| SAAD RACHIQ            | PES   | Faculté des Sciences et Techniques de Fès | Examineur          |
| KARIMA MIKOU           | PES   | Faculté des Sciences et Techniques de Fès | Examineur          |
| EL-OUAZNA BOUCHAMMA    | PES   | Faculté des Sciences et Techniques de Fès | Directeur de thèse |

Laboratoire de recherche : Laboratoire Ecologie Fonctionnelle et Génie de l'Environnement  
Etablissement : Faculté des Sciences et Techniques de Fès



## **Résumé de la thèse**

Les microalgues constituent un groupe extrêmement diversifié de microorganismes photosynthétiques capables de convertir efficacement l'énergie solaire et le dioxyde de carbone en biomasse riche en composés d'intérêt. Grâce à leur croissance rapide, leur capacité d'adaptation à des conditions environnementales variées et leur richesse en métabolites bioactifs, elles suscitent un intérêt croissant dans de nombreux domaines biotechnologiques tels que la production de biocarburants, la valorisation du CO<sub>2</sub>, la nutrition, la pharmacie, la cosmétique et l'agriculture durable. Ces microorganismes représentent aujourd'hui une ressource biologique prometteuse pour le développement de solutions innovantes répondant aux défis environnementaux et socio-économiques actuels. Parmi les nombreuses applications des microalgues, leur utilisation en agriculture apparaît particulièrement intéressante dans un contexte marqué par l'augmentation de la demande alimentaire mondiale, la dégradation progressive des sols, les changements climatiques et la forte dépendance aux fertilisants chimiques conventionnels. Le développement de biofertilisants et de biostimulants issus de ressources biologiques renouvelables constitue ainsi une stratégie prometteuse pour améliorer la productivité agricole tout en réduisant l'impact environnemental des pratiques culturales. Cette thèse s'inscrit dans une démarche de valorisation des microalgues comme source de biofertilisants et de biostimulants innovants. L'objectif principal était de développer une approche intégrée allant de la caractérisation écophysiological de microalgues d'eau douce jusqu'à leur application agronomique afin d'améliorer les performances des cultures tout en réduisant l'utilisation des intrants chimiques. Dans un premier temps, une synthèse bibliographique approfondie accompagnée d'une méta-analyse a été réalisée afin d'évaluer l'efficacité des biofertilisants microalgaux dans différents contextes agricoles. Les résultats ont confirmé l'existence d'effets positifs significatifs sur plusieurs paramètres agronomiques, notamment la croissance végétative, la production de biomasse, le rendement, les caractéristiques physiologiques des plantes ainsi que certaines propriétés du sol. Cette analyse a permis de consolider les connaissances actuelles et de confirmer le potentiel des microalgues comme outil prometteur pour une agriculture durable. Les travaux expérimentaux ont ensuite porté sur deux espèces de microalgues vertes isolées de la retenue de barrage Sidi Chahed au Maroc, *Chlorella vulgaris* et *Scenedesmus incrassatulus*. Une caractérisation morphologique, biochimique et élémentaire a été menée afin de mieux comprendre leurs propriétés physiologiques et leur potentiel biotechnologique. Les résultats ont mis en évidence



**Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales**

une importante variabilité entre espèces concernant leur croissance, leur composition cellulaire et leur capacité de stockage des nutriments essentiels (azote et phosphore). Une attention particulière a été accordée à l'étude des mécanismes de réponse aux limitations nutritionnelles en azote et en phosphore. Les expériences de carence et d'enrichissement ont permis d'analyser la dynamique des quotas intracellulaires et d'estimer les quotas minimaux de subsistance ( $Q_0$ ) ainsi que les quotas maximaux ( $Q_m$ ). Les résultats obtenus ont montré que la limitation en azote provoque une interruption rapide de la croissance accompagnée d'une diminution importante de la chlorophylle, traduisant une faible capacité de stockage intracellulaire de cet élément. À l'inverse, la limitation en phosphore conduit à une diminution plus progressive de la croissance grâce à l'existence de réserves internes mobilisables. Les rapports  $Q_m/Q_0$  ont révélé une capacité de stockage du phosphore supérieure à celle de l'azote, mettant en évidence un phénomène de consommation de luxe particulièrement marqué selon les espèces étudiées. Parallèlement, le potentiel de valorisation des microalgues a été exploré à travers l'extraction de composés bioactifs par des approches d'extraction verte utilisant des solvants eutectiques profonds naturels combinés aux ultrasons et aux micro-ondes. Les extraits obtenus ont présenté des activités antioxydantes et antibactériennes intéressantes, démontrant l'intérêt des microalgues comme source durable de molécules fonctionnelles. Enfin, des essais agronomiques ont été réalisés afin d'évaluer l'efficacité des biomasses microalgales et des formulations développées sur des cultures modèles, *Vicia faba* et *Solanum lycopersicum*. Les résultats ont montré des améliorations significatives de la croissance végétative, du développement physiologique, de la floraison et du rendement. Une nouvelle formulation de biofertilisant à base de microalgues a ainsi été développée et a démontré son potentiel comme alternative écologique aux fertilisations conventionnelles.

Mots clés : Microalgues vertes ; *Chlorella vulgaris* ; *Scenedesmus incrassatulus* ; Phytochimie ; Biofertilisants ; Biostimulants ; Agriculture durable ; Quotas intracellulaires ; Extraction verte ; Activité antioxydante ; Activité antibactérienne ; *Vicia faba* ; *Solanum lycopersicum*.