

THESE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITE
CADI AYYAD UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 642

Ecole doctorale : Végétal, Animal, Aliment, Mer, Environnement (VAAME)

Ingénierie et Innovation Technologique des Systèmes et des procédés (InnovTech)

Spécialité : *Chimie macromoléculaire - Biopolymères et Matériaux biosourcés*

Chimie des matériaux polymères et environnement

Laboratoire : *UR1268 BIA, INRAE, F-44316 Nantes, France*

Innovative Materials for Energy and Sustainable Development (IMED-Lab)

Par

Mohammed BEZBIZ

***Optimisation de la Production des Matériaux super-absorbants à base de cellulose :
Séchage Innovant et Contrôle de l'architecture***

Thèse présentée et soutenue à Marrakech, le 30/03/2026

Rapporteurs avant soutenance :

Dr Virginie DULONG
Pr Omar cherkaoui
Pr Khalid DRAOUI

HDR ; Université de Rouen / Rouen
PES ; Université Hassan II de Casablanca/ Casablanca
PES ; Université Abdelmalek Essaâdi /Tetouan

Composition du Jury :

Président : Prénom Nom Fonction et établissement d'exercice (8) (à préciser après la soutenance)

Examineurs : Pr Patricia BERTONCINI

HDR ; UFR Sciences et Techniques/ Nantes

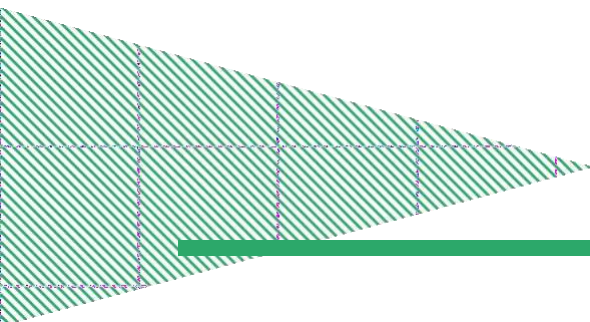
Dir. de thèse : Dr Bernard CATHALA
Co-dir. de thèse : Pr Hamid KADDAMI
Pr Larbi BELACHEMI

HDR ; INRAE /Nantes
PES ; Université Cadi Ayyad / Marrakech
PES ; Université Cadi Ayyad / Marrakech

Invité(s)

Dr Celine MOREAU

Ingénieure de recherche INRAE/ Nantes



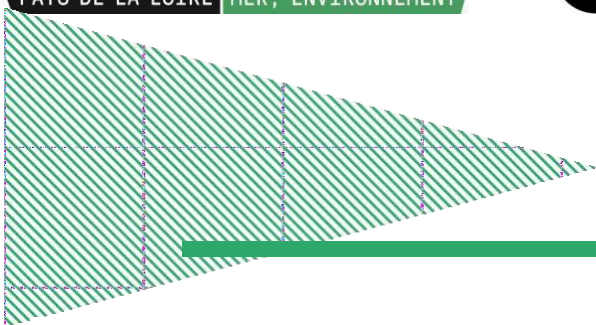
Titre : Optimisation de la Production des Matériaux super-absorbants à base de cellulose : Séchage Innovant et Contrôle de l'architecture

Mots clés : Eau, Superabsorbant, hydrogel, biopolymère, absorption, cellulose

Résumé : La raréfaction des ressources naturelles, en particulier de l'eau douce, constitue aujourd'hui une contrainte majeure pour l'agriculture moderne, intensifiée par la croissance démographique et les effets du changement climatique. Dans les régions méditerranéennes, souvent classées arides à semi-arides, cette pression se traduit par une forte exposition des systèmes agricoles au stress hydrique. Parmi ces défis, la gestion durable de l'eau occupe une place centrale. Dans ce contexte, les polymères superabsorbants (SAPs), caractérisés par une structure réticulée tridimensionnelle capable d'absorber et de retenir de grandes quantités d'eau, représentent une solution prometteuse pour améliorer la rétention hydrique des sols, optimiser l'irrigation et renforcer la résilience des cultures. Cependant, les SAPs disponibles commercialement sont majoritairement issus de polymères pétrochimiques, non biodégradables et potentiellement nuisibles à l'environnement. Face à ces limites, cette thèse vise à développer des superabsorbants biosourcés performants, en privilégiant des ressources renouvelables et la valorisation de déchets agricoles dans le cadre d'une économie circulaire. Dans un

premier temps, la cellulose est extraite de la biomasse du bananier provenant du sud du Maroc et oxydée en celluloses dialdéhydes (DAC) puis fonctionnalisée par les méthodes d'oléfination de Horner-Wadsworth-Emmons et de Knoevenagel pour obtenir respectivement des dérivés cellulosiques portant des fragments acryliques (DACAc) et maloniques (DACMal). Ensuite, ces dérivés cellulosiques ont été intégrés dans des réseaux polymériques à base de poly(acide acrylique-co-itaconique). Les matériaux hybrides obtenus présentent des performances de gonflement remarquables, avec des capacités d'absorption atteignant $1441 \pm 59 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$ pour les systèmes DACAc et $1556 \pm 58 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$ pour ceux contenant DACMal, associées à une bonne stabilité mécanique et à une bonne recyclabilité. Parallèlement, l'influence des procédés de séchage (air libre, étuve, lyophilisation et congélation unidirectionnelle) a été étudiée, révélant leur rôle déterminant dans la structuration de la porosité dans le réseau, les propriétés de gonflement et la durabilité fonctionnelle des BioSAPs. Ainsi, cette thèse propose une approche intégrée combinant valorisation de biomasse locale, chimie douce et ingénierie des procédés pour concevoir des BioSAPs performants, durables et faiblement impactant pour l'environnement. Les résultats obtenus positionnent ces matériaux comme des candidats très prometteurs pour des applications agricoles, en particulier pour la gestion de l'eau dans les sols soumis aux conditions de stress hydrique sévère..





Titre : Optimization of the Production of Cellulose-based Superabsorbent Materials: Innovative Drying and Architecture Control

Mots clés : Water, superabsorbent, hydrogel, biopolymer, absorption, cellulose

Abstract : The scarcity of natural resources, particularly freshwater, now represents a major constraint for modern agriculture, exacerbated by population growth and the impacts of climate change. In Mediterranean regions, often classified as arid to semi arid, this pressure results in a high vulnerability of agricultural systems to water stress. Among these challenges, sustainable water management plays a central role. In this context, superabsorbent polymers, characterized by a three dimensional crosslinked structure capable of absorbing and retaining large amounts of water, represent a promising solution to enhance soil water retention, optimize irrigation, and strengthen crop resilience. However, commercially available superabsorbent polymers are predominantly derived from petrochemical polymers, are non biodegradable, and may be harmful to the environment. To overcome these limitations, this thesis aims to develop high performance bio based superabsorbents, prioritizing renewable resources and the valorization of agricultural waste within a circular economy framework. First, cellulose is extracted from banana plant biomass originating from southern Morocco and oxidized into dialdehyde cellulose, then functionalized via Horner-Wadsworth-Emmons and Knoevenagel olefination methods to obtain, respectively, cellulosic derivatives bearing acrylic fragments and malonic fragments. Next, these cellulosic derivatives were incorporated into polymer networks based on poly acrylic acid co itaconic acid. The resulting hybrid materials exhibit remarkable swelling performance, with absorption capacities reaching $1441 \pm 59 \text{ g g}^{-1}$ for the systems containing acrylic fragments and $1556 \pm 58 \text{ g g}^{-1}$ for those containing malonic fragments, combined with good mechanical stability and good recyclability.

In parallel, the influence of drying processes, including air drying, oven drying, freeze drying, and unidirectional freezing, was investigated, revealing their crucial role in controlling network porosity, swelling properties, and the functional durability of the bio based superabsorbents. Overall, this thesis proposes an integrated approach combining the valorization of local biomass, green chemistry, and process engineering to design high performance, sustainable bio based superabsorbents with a low environmental impact. The results position these materials as very promising candidates for agricultural applications, particularly for water management in soils subjected to severe water stress conditions.

