



**TITRE DE LA THESE : *Développement d'une économie circulaire et durable au travers de la valorisation de la biomasse des palmeraies.***

**Direction de thèse :** JACQUEMIN Johan (UM6P) & VILLOT Audrey (IMT Atlantique)

**Co-encadrant·es :** ALTAMASH Tausif (UM6P) & GERENTE Claire (IMT Atlantique)

**Laboratoire(s) :** GEPEA (IMT Atlantique) / Département des sciences, des matériaux, de l'énergie et des nanotechnologies (UM6P)

**Equipe(s) de recherche :** TEAM & VERTE

**Département(s) IMT Atlantique :** DSEE

**S'agit-il d'une thèse en cotutelle internationale ?** Oui

Si oui, organisme avec lequel la cotutelle est envisagée : Département des sciences, des matériaux, de l'énergie et des nanotechnologies (MSN) de l'Université Mohammed VI Polytechnique (UM6P) au travers la contribution de ALTAMASH Tausif et de JACQUEMIN Johan et. Tous deux présentent de solides expériences, complémentaires, en thermodynamique et en équilibre des phases fluides, y compris la conception d'appareils expérimentaux originaux et de modèles physiques capables de prédire leurs propriétés en vue de : i) comprendre la nature physique et chimique de nouveaux matériaux, et ii) concevoir des procédés d'ingénierie chimique viables. Leurs recherches actuelles sont principalement consacrées aux sciences appliquées, à la thermodynamique, et au génie des procédés.

**Le sujet proposé présente-il un caractère interdisciplinaire ?** Oui

Si oui, expliquer brièvement pourquoi (2 ou 3 lignes) : Ce projet de doctorat vise à caractériser les résidus agricoles issus de l'exploitation des palmeraies et de comprendre/mettre en évidence le comportement thermodynamique de ces derniers en lien avec leur caractéristiques intrinsèques. Il est évident que l'interdisciplinarité joue un rôle fondamental dans la réalisation des objectifs de ce projet rendue possible par l'expertise complémentaire apportée par chacun des partenaires. UM6P apportant notamment l'expertise en thermodynamique, complétée par les compétences d'IMT Atlantique portant sur les caractérisations et mise en œuvre en adsorption/catalyse hétérogène des matériaux carbonés.

**La source du co-financement est-elle identifiée ?** Oui

Si oui, préciser quel co-financement est envisagé : le co-financement de la thèse de doctorat sera assuré par le département MSN et les activités de recherche de Johan JACQUEMIN au travers d'un financement déjà obtenu (Projet sponsorisé par la Chaire ENSUS OCP/UM6P).

**Autres informations :**

*Informations utiles que vous souhaiteriez communiquer (si pertinent) :*

Ce projet entrant dans le cadre d'un accord-cadre reliant les deux institutions, chaque institution prendra en charge les frais associés à la thèse (salaire, frais d'inscriptions, CAPEX/OPEX, etc.) durant les périodes où le candidat résidera dans le pays concerné. Un accord spécifique sera rédigé dans ce sens dès l'acceptation de ce projet de thèse en co-tutelle.

### **Contexte ou état de l'art scientifique :**

*Décrire en 5 à 10 lignes le contexte de la thèse.*

Les déchets d'origine végétale produits en grande quantité au travers le monde, sont, pour une grande partie encore sous exploités et peuvent, s'ils ne sont pas correctement pris en charge, impacter négativement l'environnement (dégagement de GES, incendie, développement de pathogène, etc.). Ces biomasses résiduelles sont généralement riches en matières lignocellulosiques et autres composés d'intérêts (protéines, graisses, sucres et les composés phytochimiques). Leur valorisation, notamment ceux issus d'activités agricoles, représente un enjeu environnemental, sociétal et économique. Ceci est parfaitement applicable aux déchets issus des palmerais, qui présentent à la fois une diversité des résidus (palmes, rafles, pétioles et noyaux) et une quantité non négligeable (15 à 20 kg/palmiers), amenée à augmenter avec l'extension des plantations de palmier dattier. C'est notamment le cas au Maroc, qui au travers le déploiement de la stratégie « Génération Green 2020 – 2030 » vise la plantation de 5 millions de palmiers dattiers à l'horizon 2030, dont 3 millions dans la palmeraie traditionnelle. À la vue de la nature lignocellulosique de ces résidus, une valorisation au travers des procédé de thermo-conversion (pyrolyse et/ou gazéification) dans l'objectif de produire à la fois des vecteurs énergétique et matières semble être le plus pertinent. Les vecteurs énergétiques pourraient permettre la décarbonisation des exploitations et la production de matériaux carbonés tels que des charbon actifs ou biochars pourrait contribuer de combler le manque d'amendements organiques dans les oasis et ainsi d'améliorer les propriétés intrinsèques des sols. Développer des voies de valorisation des résidus agricoles issus des palmeraies contribueraient à atténuer l'impact environnemental de ces dernières.

### **Objectifs de la thèse :**

*Décrire en 10 à 15 lignes les résultats attendus.*

Récemment, des travaux de recherches ont mis en évidence des similitudes entre les « Biochars » issus de procédés de pyro-gazéification et les « Charbons Actifs » obtenus par activation physiques. Ces travaux ont notamment été conduits au sein du GEPEA/DSEE. L'orientation des usages de ces matériaux carbonés dépend notamment des caractéristiques physico-chimiques de ses derniers (CHNOS, taux de cendres, surfaces spécifiques, HAP, etc.), qui sont elles-mêmes étroitement liées aux caractéristiques de l'intrant lui-même (composition lignocellulosique, ratio et composition des cendres, carbone fixe, etc.). Devant l'éventail des résidus issus des palmerais, qui présentent des caractéristiques physico-chimiques larges tel qu'un taux de cendres allant de 5 à 20 % m. pour les palmes ou les rafles, respectivement, il semble pertinent de réaliser une étude systémique portant sur leur valorisation et la possibilité de développer une économie reposant sur un usage en cascade. Pour cela, une valorisation au travers un procédé de thermo-conversion des résidus issus de palmerais afin de produire des vecteurs énergétiques et matière, qui seront finement caractérisé afin d'identifier des usages pertinents et adaptés au contexte local des ces derniers. Deux voies de valorisation sont, à ce stade, identifiées : i) mise en œuvre des matériaux carbonés en adsorption du CO<sub>2</sub>, avant d'étudier leur usage possible en tant qu'amendement pour sol et, ii) valorisation du syngas.

Les objectifs de ce travail de recherche sont multiples :

- Contribuer à la compréhension du lien entre les propriétés intrasèques des intrants, notamment la composition lignocellulosique, et les conditions de combustion, sur les caractéristiques physico-chimiques des matériaux carbonés élaborés (biochar / charbons actifs) ;
- Etudier la capture/stockage du CO<sub>2</sub> par les matériaux carbonés issus des déchets de palmeraie, l'aspect thermodynamique sera notamment investigué afin de renforcer la connaissance des phénomènes mis en jeu ;
- Contribuer au développement d'un économie circulaire au travers la mise en place d'un usage en cascade de la biomasse.

### **Compétences attendues du ou de la candidat·e :**

*Lister les principales compétences nécessaires pour ce sujet de thèse.*

Le ou la candidat.e devra présenter une appétence pour la recherche, ainsi que démontrer une bonne connaissance méthodologique de la démarche scientifique; des bases solides en thermodynamique; un goût prononcé pour la recherche expérimentale, des compétences en analyse de données, ainsi qu'un intérêt pour l'économie en cascade liée à l'usage de la biomasse.