

PhD position 2026-29 : Development of magnetothermally activable copper-based nanocatalysts for ethanol dehydrogenation

Keywords Nanocatalysis, copper nanoparticles, ethanol dehydrogenation, magnetothermics, magnetic nanoparticles, oxides, recyclability, materials chemistry

Source of funding This mirror doctoral project, funded by the **IDIL program at the University of Montpellier**, bridges two theses – one in **chemistry** and one in **economics** – within a shared multidisciplinary framework. The **CYCLIC project – NanoCatalysis for a Circular and Resilient Chemistry** – investigates nanocatalysis as a transformative technology to boost circularity in the chemical sector while reducing dependence on critical metals.

Host laboratory **Institut Charles Gerhardt Montpellier France** <https://www.icgm.fr/> Molecular Chemistry & Materials Department

Supervisors **Armelle OUALI** armelle.ouali@enscm.fr, **Yannick Guari** yannick.guari@umontpellier.fr

General context : Copper-based nanocatalysts represent an attractive alternative to noble metals for alcohol dehydrogenation reactions, enabling the simultaneous production of high-value organic molecules (aldehydes, esters) and hydrogen. In this context, ethanol is a preferred feedstock due to its abundance and the possibility of being produced from renewable sources (bioethanol).[1-3] Additionally, the acetaldehyde and ethyl acetate formed are key intermediates in the chemical industry, produced on a large scale (1–3 Mt per year worldwide). The most efficient systems consist of copper nanoparticles deposited onto oxide supports (SiO_2 , ZrO_2), whose properties influence reaction selectivity. These catalysts require high temperatures and face limitations in terms of stability, recyclability and selectivity control. In this context, the development of hybrid nanocatalysts integrating magnetic functionalities appears as a promising strategy to improve both the efficiency and sustainability of the processes.[4]

Objectives : To develop hybrid nanocatalysts based on copper nanoparticles supported on magnetic iron oxide core architectures (Fe_3O_4 , CoFe_2O_4), coated with oxide layers (SiO_2 , ZrO_2). The goal is to obtain systems that are:

- highly active and selective for the dehydrogenation of ethanol into acetaldehyde or ethyl acetate,
- recyclable via magnetic separation,
- activable through magnetothermal heating in order to reduce the overall energy input.

Methods: The project is structured around three main steps carried out iteratively to optimize the system :

- Synthesis of magnetic core–shell supports (Fe_3O_4 or CoFe_2O_4 coated with SiO_2 and/or ZrO_2) and comprehensive characterization (microscopy, spectroscopy, magnetism, colloidal properties, and magnetothermal behavior).[5-8]
- Controlled deposition of copper nanoparticles via organometallic methods under mild conditions to tune particle size, dispersion, and oxidation state of active sites.[9-10]
- Catalytic evaluation of ethanol dehydrogenation under conventional heating and magnetothermal activation, including product analysis and correlation between structure, properties, and activity.

Desired profile: Master's or engineering degree in Chemistry (materials, catalysis, nanoscience), with a strong theoretical and experimental background, and a keen interest in heterogeneous catalysis, nanoparticle synthesis, and/or materials chemistry. Skills in characterization of materials (electron microscopy, XPS, spectroscopy, DLS etc.) and molecules are highly valued. Candidates must demonstrate scientific rigor, autonomy, strong analytical skills, a genuine interest in experimental research, as well as an openness to interdisciplinary collaboration within a multi-disciplinary research environment. Good communication skills in English are required.

To apply: on this link : <https://idil.edu.umontpellier.fr/candidatures-phd-contrats-doctoraux-en-miroir-idil-2026/>

Applications should include: a CV with references, a cover letter, academic transcripts for L3, M1 and M2 (of all years of an equivalent degree, such as engineering degree) including your ranking. These transcripts must be combined into a single PDF file.

References (liens hypertextes) : [1] Kumar, 2021. [2] Phung, 2022. [3] Huang et al., 2021. [4] Pavelic et al., 2025. [5] Lartigue et al., 2019. [6] Nigoghossian et al., 2022. [7] Abdel Sater et al., 2025. [8] Sayilkan et al., 2009. [9] Ouyang et al., 2022. [10] Amiens et al., 2013.

Thèse 2026-29 : Développement de nanocatalyseurs à base de cuivre activables par magnétothermie pour la déshydrogénation de l'éthanol.

Mots-clés	Nanocatalyse, nanoparticules de cuivre, déshydrogénation de l'éthanol, magnétothermie, nanoparticules magnétiques, oxydes, recyclabilité, chimie des matériaux
Financement	Ce projet doctoral miroir, financé par le programme IDIL de l'Université de Montpellier , relie une en chimie et l'autre en économie dans un cadre multidisciplinaire commun. Le projet CYCLIC – NanoCatalysis for a Circular and Resilient Chemistry – étudie la nanocatalyse comme une technologie transformatrice visant à renforcer la circularité du secteur chimique tout en réduisant la dépendance aux métaux critiques.
Laboratoire d'accueil	Institut Charles Gerhardt Montpellier France https://www.icgm.fr/ Département Chimie et Matériaux Moléculaires
Co-directeurs	Armelle OUALI armelle.ouali@enscm.fr , Yannick Guari yannick.guari@umontpellier.fr

Contexte général : Les nanocatalyseurs à base de cuivre constituent une alternative intéressante aux métaux nobles pour la déshydrogénation des alcools, permettant la production simultanée de molécules organiques à forte valeur ajoutée (aldéhydes, esters) et d'hydrogène. Dans ce contexte, l'éthanol est un substrat privilégié en raison de son abondance et de son origine renouvelable possible (bioéthanol).[1-3] Les produits formés, tels que l'acétaldéhyde et l'acétate d'éthyle, sont des intermédiaires clés de l'industrie chimique, produits à grande échelle (1–3 Mt/an). Les systèmes les plus performants reposent sur des nanoparticules de cuivre déposées sur des supports oxydes (SiO_2 , ZrO_2), dont les propriétés influencent la sélectivité. Toutefois, ces catalyseurs nécessitent des températures élevées et présentent des limites en termes de stabilité, de recyclabilité et de contrôle de la sélectivité. Ainsi, le développement de nanocatalyseurs hybrides intégrant des fonctionnalités magnétiques constitue une stratégie prometteuse pour améliorer l'efficacité et la durabilité des procédés.[4]

Objectifs : développer des nanocatalyseurs hybrides à base de nanoparticules de cuivre supportées sur des cœurs d'oxydes de fer magnétiques (Fe_3O_4 , CoFe_2O_4) recouverts de couches d'oxydes (SiO_2 , ZrO_2). Le but est d'obtenir des systèmes :

- hautement actifs et sélectifs pour la déshydrogénation de l'éthanol en acétaldéhyde ou en acétate d'éthyle,
- recyclables par séparation magnétique,
- activables par chauffage magnétothermique afin de réduire l'apport énergétique global.

Méthodes: Le projet est structuré en trois étapes, réalisées de manière itérative, afin d'optimiser le système :

- Synthèse de supports magnétiques cœur-coquille (Fe_3O_4 ou CoFe_2O_4 revêtus de SiO_2 et/ou ZrO_2) et caractérisation approfondie (microscopie, spectroscopie, propriétés magnétiques, colloïdales et comportement magnétothermique).[5-8]
- Dépôt contrôlé de nanoparticules de cuivre par des méthodes organométalliques en conditions douces, afin d'ajuster la taille, la dispersion et l'état d'oxydation des sites actifs.[9,10]
- Évaluation catalytique de la déshydrogénation de l'éthanol sous chauffage conventionnel et activation magnétothermique, incluant l'analyse des produits et la corrélation structure–propriétés–activité.

Profil souhaité : Master ou diplôme d'ingénieur en chimie (matériaux, catalyse, nanosciences) avec de solides bases théoriques et expérimentales, ainsi qu'un fort intérêt pour la catalyse hétérogène, la synthèse de nanoparticules et/ou la chimie des matériaux. Des compétences en caractérisation des matériaux (microscopie électronique, XPS, spectroscopies, DLS, etc.) et des molécules organiques (GC-MS, RMN) seront fortement appréciées. Les candidat.e.s devront faire preuve de rigueur scientifique, d'autonomie, de fortes capacités d'analyse, d'un réel intérêt pour la recherche expérimentale, ainsi que d'une ouverture au travail interdisciplinaire dans un environnement de recherche multidisciplinaire. Une bonne maîtrise de l'anglais est requise.

Lien pour candidater: <https://idil.edu.umontpellier.fr/candidatures-phd-contrats-doctoraux-en-miroir-idil-2026/>

La candidature doit inclure: Un CV avec références, une lettre de motivation, les relevés de notes pour L3, M1 et M2 (ou pour toutes les années d'un diplôme équivalent, comme un diplôme d'ingénieur), incluant votre classement. Ces relevés doivent être regroupés dans un seul fichier PDF.

References (liens hypertextes) : [1] Kumar, 2021. [2] Phung, 2022. [3] Huang et al., 2021. [4] Pavelic et al., 2025. [5] Lartigue et al., 2019. [6] Nigoghossian et al., 2022. [7] Abdel Sater et al., 2025. [8] Sayilkan et al., 2009. [9] Ouyang et al., 2022. [10] Amiens et al., 2013.