

IMPLANTS BIO-RÉSORBABLES À BASE DE MAGNÉSIUM – MÉCANISMES DE DISSOLUTION ET CONCEPTION PRÉDICTIVE

MAGNESIUM-BASED BIORESORBABLE IMPLANTS – DISSOLUTION MECHANISMS & PREDICTIVE DESIGN

Etablissement **Université de Lille**

École doctorale **Sciences de la Matière du Rayonnement et de l'Environnement**

Spécialité **Milieus denses, matériaux et composants - UMET - MJ**

Domaine Scientifique **Sciences pour l'ingénieur**

Unité de recherche **UMET - Unité Matériaux Et Transformations**

Encadrement de la thèse **Rajashekhara SHABADI**

Cotutelle INDE

Début de la thèse le **1er octobre 2026**

Date limite de candidature (à 23h59) **15 mai 2026**

Grands défis sociétaux

Santé

Objectifs de développement durable

Bonne santé et bien-être

Mots clés - Keywords

bioimplants, Alliages de magnésium, Implants bio-résorbables, Corrosion physiologique, Biomatériaux métalliques, Cinétique de dissolution

magnesium alloys, bioresorbable implants, Physiologic corrosion, Metallic Biomaterials, Dissolution kinetics

Description de la problématique de recherche - Project description

Magnesium-Based Bioresorbable Implants – Dissolution Mechanisms & Predictive Design

Joint Supervision: Université de Lille (UMET), France & Indian Institute of Science (IISc), Bengaluru, India

Proposed Start Date: Fall 2026

Framework: International Associated Laboratory (LAI) BIORESORB

1. Research Context

Magnesium-based bioresorbable implants are emerging as a transformative alternative to permanent metallic implants in orthopedic and reconstructive surgery. However, precise control and prediction of degradation kinetics in physiological environments remain major scientific challenges. This PhD project aims to establish fundamental and quantitative understanding of dissolution mechanisms in novel low-alloyed magnesium systems.

2. Scientific Objectives

- Establish composition–microstructure–corrosion relationships in low-alloyed Mg alloys.
- Investigate degradation mechanisms under complex physiological environments (pH, ions, proteins, simulated body fluids).
- Perform advanced multi-scale characterization (SEM, XRD, electrochemical analysis).
- Develop predictive models integrating metallurgical and biological parameters.
- Contribute to a structured France–India research pipeline from alloy design to biological validation.

3. Structure of the Cotutelle

The doctoral candidate will be enrolled in a cotutelle agreement between Université de Lille and IISc Bengaluru. Research stays will be distributed between both institutions, enabling complementary expertise: alloy design, processing and advanced characterization at

4. Expected Candidate Profile

- Master's degree in Materials Science, Metallurgy, Corrosion, Biomaterials, or Mechanical Engineering.
- Strong background in physical metallurgy and microstructural characterization.
- Knowledge of corrosion science or electrochemistry is highly desirable.
- Experimental competence and ability to work independently.
- Strong academic record and motivation for interdisciplinary research.
- Proficiency in English.

5. Strategic Positioning

This PhD is a core scientific pillar of the LAI BIORESORB initiative and aims to reinforce long-term France–India collaboration in advanced biomaterials. It is expected to generate high-impact publications, strengthen international mobility, and contribute to the development of next-generation bioresorbable implants.

This document is shared for validation and input from IISc colleagues before formal publication and dissemination.

Les implants bio-résorbables à base de magnésium représentent une alternative prometteuse aux implants métalliques permanents utilisés en chirurgie orthopédique et reconstructive. En offrant un support mécanique temporaire puis en se résorbant progressivement dans l'organisme, ces matériaux pourraient éviter les interventions chirurgicales secondaires nécessaires pour retirer les implants. Toutefois, un défi scientifique majeur subsiste : la compréhension et la maîtrise de la cinétique de dégradation du magnésium dans les environnements physiologiques complexes.

Cette thèse vise à élucider les mécanismes fondamentaux de dissolution d'alliages de magnésium faiblement alliés destinés aux applications d'implants bio-résorbables. Le projet cherchera à établir des relations quantitatives entre composition, microstructure et comportement de corrosion, tout en étudiant l'influence de différents paramètres physiologiques tels que le pH, la présence d'ions et de protéines. Des techniques avancées de caractérisation multi-échelle (microscopie électronique, diffraction des rayons X, analyses électrochimiques) seront utilisées afin d'identifier les mécanismes de dégradation. Les résultats permettront également de développer des approches prédictives intégrant les paramètres métallurgiques et biologiques afin d'orienter la conception d'alliages et d'implants aux propriétés de résorption contrôlées.

La thèse sera réalisée dans le cadre d'une cotutelle internationale entre l'Université de Lille (UMET, France) et l'Indian Institute of Science (IISc, Bengaluru, Inde), avec des séjours de recherche répartis entre les deux institutions. L'UMET apportera son expertise en élaboration des alliages, procédés métallurgiques et caractérisation avancée des matériaux, tandis que l'IISc contribuera aux études de dégradation en environnements biologiques et aux analyses liées aux interactions matériau-milieu physiologique.

Ce projet constitue un axe scientifique central du Laboratoire Associé International (LAI) BIORESORB, visant à renforcer la coopération scientifique entre la France et l'Inde dans le domaine des biomatériaux avancés. Les travaux attendus devraient contribuer à une meilleure compréhension des mécanismes de résorption des alliages de magnésium, favoriser la publication de résultats scientifiques de haut niveau et soutenir le développement de la prochaine génération d'implants métalliques bio-résorbables.

Thématique / Contexte

Les biomatériaux métalliques jouent un rôle central dans les dispositifs médicaux implantables utilisés en chirurgie orthopédique et reconstructive. Les implants métalliques conventionnels, généralement à base de titane, d'aciers inoxydables ou d'alliages de cobalt-chrome, offrent d'excellentes propriétés mécaniques et une grande stabilité à long terme. Toutefois, leur caractère permanent constitue souvent une limitation clinique importante, car ils peuvent nécessiter une seconde intervention chirurgicale pour être retirés après la guérison du tissu. Cette contrainte augmente les risques opératoires, les coûts de santé et la charge pour les patients.

Dans ce contexte, les alliages de magnésium bio-résorbables suscitent un intérêt croissant au sein de la communauté scientifique et médicale. Grâce à leur densité proche de celle de l'os, à leurs propriétés mécaniques favorables et à leur capacité à se dégrader progressivement dans l'organisme, ces matériaux représentent une alternative prometteuse aux implants métalliques permanents. Le magnésium, élément naturellement présent dans le corps humain et impliqué dans de nombreux processus biologiques, offre en outre une bonne biocompatibilité et un potentiel pour stimuler la régénération osseuse.

Cependant, malgré ces avantages, l'utilisation clinique généralisée des implants en magnésium reste limitée par un défi scientifique majeur : la maîtrise de la cinétique de dégradation dans les environnements physiologiques. En effet, une dégradation trop rapide peut entraîner une perte prématurée de support mécanique et une accumulation locale de produits de corrosion, tandis qu'une dégradation trop lente peut compromettre l'objectif même des implants résorbables. La compréhension des mécanismes de corrosion du magnésium dans des milieux biologiques complexes — comprenant des variations de pH, la présence d'ions, de protéines et d'autres composants biologiques — demeure encore incomplète.

Ces phénomènes de dégradation sont fortement influencés par la composition chimique de l'alliage, sa microstructure et les conditions environnementales. Les alliages de magnésium faiblement alliés constituent une voie particulièrement prometteuse pour améliorer la biocompatibilité et réduire les risques liés à l'introduction d'éléments potentiellement toxiques. Toutefois, les relations fondamentales entre composition, microstructure et comportement de dissolution doivent encore être élucidées de manière quantitative.

Dans ce cadre, une approche intégrée combinant élaboration métallurgique, caractérisation multi-échelle, analyses électrochimiques et modélisation prédictive apparaît essentielle pour mieux comprendre et contrôler la dégradation des alliages de magnésium destinés aux implants bio-résorbables. Le développement de tels matériaux nécessite également une collaboration étroite entre les disciplines de la science des matériaux, de la corrosion et de la bio-ingénierie.

Le projet de thèse proposé s'inscrit dans cette dynamique scientifique et vise à contribuer à une meilleure compréhension des mécanismes de dissolution des alliages de magnésium faiblement alliés dans des environnements physiologiques complexes. Il s'inscrit également dans une coopération scientifique internationale entre l'Université de Lille (UMET) et l'Indian Institute of Science (IISc) dans le cadre du Laboratoire Associé International (LAI) BIORESORB, dont l'objectif est de structurer une recherche de pointe sur les biomatériaux métalliques bio-résorbables et leurs applications biomédicales.

Références bibliographiques

1. Correlative investigation of microstructure, localized corrosion behavior and mechanical properties in hot rolled Mg-Zn-Ca-xEr (x = 0.75, 2, 5, 8 wt%) biodegradable alloys for orthopedic applications, *Materialia*, 2026-03 | Journal article, DOI: 10.1016/j.mta.2025.102643
2. Simulation-Driven Insights into Heat Transfer during Copper Mold Casting of Magnesium-Based Bulk Metallic Glasses, RK Rajendran, A Vishwanath, R Shabadi, *Defect and Diffusion Forum* 446, 51-56
3. Influence of Rolling Strain Path on Microstructure Evolution and Mechanical Properties of Mg-Zn-Ca Alloy for Orthopedic Applications, Divyanshu Aggarwal, Vamsi Krishna, Kaushik Chatterjee, Rajashekara Shabadi January 2026, *Key Engineering Materials* 1038:59-65, DOI: 10.4028/p-N6tNni
4. Microstructure evolution and performance optimization of Mg-Zn-Ca-Er alloys: effects of rare earth Er content on mechanical, corrosion, and biocompatibility properties, *Journal of Materials Science*, 2025-12 | Journal article, DOI: 10.1007/s10853-025-11832-3
5. Design and development of large-diameter Mg-Zn-Ca bulk metallic glass for biomedical applications: A mechanical and corrosion perspective, D Rajesh kumari Rajendran, Aggarwal, MB Rolland, C Gruescu, ...*Intermetallics* 175, 108520

Références internationales clés

Staiger, M. P., Pietak, A. M., Huadmai, J., & Dias, G. (2006). Magnesium and its alloys as orthopedic biomaterials: A review. *Biomaterials*, 27, 1728–1734.

Zheng, Y. F., Gu, X. N., & Witte, F. (2014). Biodegradable metals. *Nature Materials*, 13, 849–858.

Gu, X. N., Zheng, Y. F., Cheng, Y., Zhong, S. P., & Xi, T. F. (2009). In vitro corrosion and biocompatibility of binary magnesium alloys. *Biomaterials*, 30, 484–498.

Atrens, A., Liu, M., & Zainal Abidin, N. I. (2011). Corrosion mechanism applicable to biodegradable magnesium implants. *Materials Science and Engineering B*, 176, 1609–1636.

Witte, F. (2015). Reprint of: The history of biodegradable magnesium implants: A review. *Acta Biomaterialia*, 23, S28–S40.

Contexte du poste : Modalités d'encadrement, de suivi de la formation et d'avancement des recherches du doctorant - Details on the thesis supervision

La thèse sera réalisée au sein de l'Unité Matériaux et Transformations (UMET, UMR CNRS 8207) de l'Université de Lille, dans le domaine des biomatériaux métalliques et des alliages de magnésium bio-résorbables. Elle s'inscrit dans le cadre du Laboratoire Associé International (LAI) BIORESORB, développé en partenariat avec le Department of Metallurgy and Materials Engineering de l'Indian Institute of Science (IISc), Bengaluru.

Le doctorant sera encadré dans le cadre d'une cotutelle internationale entre les deux institutions. L'encadrement scientifique sera assuré par les chercheurs responsables du projet au sein de l'UMET et de l'IISc, permettant de combiner des expertises complémentaires en élaboration d'alliages, caractérisation des matériaux, corrosion en milieux physiologiques et interactions matériau-environnement biologique. Cette organisation favorisera une approche interdisciplinaire du projet.

Le suivi scientifique du doctorant sera assuré à travers des réunions régulières avec l'encadrant principal et les co-encadrants, permettant de discuter de l'avancement des travaux, d'orienter les choix expérimentaux et d'identifier les éventuelles difficultés scientifiques ou techniques. Des réunions de suivi plus formelles seront également organisées à intervalles réguliers afin d'évaluer l'avancement global du projet et d'ajuster le plan de travail si nécessaire.

Conformément aux règles en vigueur pour les formations doctorales, le doctorant bénéficiera d'un comité de suivi individuel (CSI) chargé d'évaluer annuellement la progression scientifique de la thèse, les conditions de réalisation du projet et l'évolution du parcours doctoral. Ce comité permettra également d'accompagner le doctorant dans la définition de son projet professionnel.

La formation doctorale comprendra également la participation à des formations transversales proposées par l'école doctorale, portant notamment sur la communication scientifique, l'éthique de la recherche, la gestion de projet, la valorisation et l'innovation. Le doctorant sera encouragé à présenter régulièrement ses travaux lors de séminaires internes au laboratoire ainsi que dans des conférences scientifiques nationales et internationales.

Dans le cadre de la cotutelle, des séjours de recherche seront effectués dans les deux institutions partenaires, permettant au doctorant de bénéficier des infrastructures expérimentales et des compétences scientifiques complémentaires disponibles à l'Université de Lille et à l'IISc. Des réunions scientifiques régulières entre les partenaires français et indiens permettront d'assurer un suivi coordonné du projet.

Cette organisation d'encadrement et de suivi vise à garantir un environnement scientifique stimulant, un accompagnement régulier du doctorant et des conditions optimales pour la réalisation du projet de recherche et la formation d'un jeune chercheur au plus haut niveau international.

Conditions scientifiques matérielles et financières du projet de recherche

Le projet de thèse sera réalisé principalement au sein de l'Unité Matériaux et Transformations (UMET, UMR CNRS 8207), Université de Lille, qui dispose d'infrastructures expérimentales complètes pour l'élaboration, la transformation et la caractérisation des alliages métalliques.

Les travaux d'élaboration des alliages de magnésium seront réalisés à l'aide des installations de fusion et de mise en forme disponibles au laboratoire (fusion sous atmosphère contrôlée, dispositifs de coulée et équipements de préparation métallographique). Les caractérisations microstructurales et physico-chimiques seront effectuées grâce aux plateformes de caractérisation du laboratoire, comprenant notamment la microscopie électronique à balayage (SEM), la diffraction des rayons X (XRD), ainsi que différents moyens d'analyse de surface et de microstructure.

Les études de corrosion et de dégradation seront conduites à l'aide d'équipements d'électrochimie dédiés (cellules électrochimiques, potentiostats), permettant l'étude du comportement des alliages dans des milieux simulant les environnements physiologiques. Des analyses complémentaires pourront être réalisées sur les plateformes technologiques mutualisées de l'Université de Lille et du réseau CNRS.

Dans le cadre de la cotutelle avec l'Indian Institute of Science (IISc), Bengaluru, certaines études complémentaires portant sur les interactions matériau–environnement biologique et les conditions physiologiques spécifiques seront menées dans les laboratoires partenaires disposant d'infrastructures adaptées.

Concernant les aspects de sécurité, les travaux seront réalisés conformément aux procédures de sécurité en vigueur au sein d'UMET et de l'Université de Lille. Les manipulations impliquant le magnésium et ses alliages seront effectuées dans des conditions contrôlées afin de prévenir les risques liés à l'oxydation ou à l'inflammabilité du matériau lors des opérations de fusion et de transformation. L'utilisation d'équipements électrochimiques et de produits chimiques sera encadrée par les protocoles de sécurité du laboratoire, incluant le port d'équipements de protection individuelle et la formation préalable des utilisateurs.

L'ensemble des activités expérimentales sera ainsi réalisé dans un environnement scientifique disposant des infrastructures et des procédures de sécurité nécessaires pour garantir le bon déroulement du projet de recherche.

Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant : diffusion, publication et confidentialité, droit à la propriété intellectuelle,...

Les travaux de recherche réalisés dans le cadre de cette thèse feront l'objet d'une stratégie de valorisation combinant diffusion scientifique, publication dans des revues internationales et protection éventuelle des résultats présentant un potentiel d'innovation.

Sur le plan scientifique, les résultats obtenus seront diffusés à travers des publications dans des revues internationales à comité de lecture dans les domaines des biomatériaux, des alliages de magnésium et de la corrosion (par exemple *Acta Biomaterialia*, *Biomaterials*, *Materials Science and Engineering C*, *Journal of Magnesium and Alloys*). Le doctorant sera également encouragé à présenter ses travaux lors de conférences scientifiques internationales dans les domaines des biomatériaux et des matériaux métalliques (*European Society for Biomaterials*, *Materials Science conferences*, etc.). Ces activités permettront de renforcer la visibilité scientifique du projet et de favoriser les échanges avec la communauté internationale.

Dans le cadre de la collaboration internationale entre l'Université de Lille et l'Indian Institute of Science (IISc), les résultats de recherche pourront également être diffusés lors de séminaires, workshops et écoles thématiques organisés dans le cadre du Laboratoire Associé International (LAI) BIORESORB, contribuant ainsi au rayonnement scientifique de cette initiative.

Par ailleurs, certains résultats issus du projet, notamment ceux relatifs à la conception de nouveaux alliages, à l'optimisation de leurs propriétés de dégradation ou à des approches innovantes de caractérisation et de modélisation, pourront présenter un potentiel de

valorisation technologique. Dans ce cas, une évaluation sera réalisée en lien avec les services de valorisation de l'Université de Lille afin d'examiner les possibilités de protection par brevet ou autre forme de propriété intellectuelle avant toute diffusion publique des résultats.

La gestion de la propriété intellectuelle et la confidentialité des résultats seront encadrées conformément aux règles en vigueur au sein de l'Université de Lille et dans le cadre de l'accord de collaboration avec l'Indian Institute of Science. Les résultats susceptibles de donner lieu à une valorisation feront l'objet d'une protection appropriée avant publication, tout en garantissant la production scientifique attendue dans le cadre d'un doctorat.

Ainsi, la thèse contribuera à la fois à l'avancement des connaissances scientifiques, à la formation du doctorant à la communication scientifique internationale et à la valorisation potentielle des innovations issues du projet.

Complément sur le sujet

<https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7430514054508478464/>
(<https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7430514054508478464/>)

Profil et compétences recherchées - Profile and skills required

Le candidat ou la candidate devra être titulaire d'un Master (ou diplôme équivalent) en science des matériaux, génie métallurgique, biomatériaux, corrosion, génie mécanique ou dans un domaine scientifique étroitement lié.

Les candidats devront présenter une solide formation en métallurgie physique, caractérisation des matériaux et relations microstructure–propriétés des matériaux métalliques. Des connaissances en science de la corrosion, électrochimie ou biomatériaux constitueront un atout important, en particulier pour l'étude des mécanismes de dégradation des matériaux métalliques en milieux aqueux ou physiologiques.

Le candidat devra posséder de bonnes compétences expérimentales et une familiarité avec certaines techniques de caractérisation des matériaux telles que la microscopie électronique à balayage (SEM), la diffraction des rayons X (XRD), l'analyse métallographique ou les méthodes d'analyse électrochimique. Une expérience préalable en élaboration d'alliages, en analyse de corrosion ou en caractérisation de surface serait appréciée.

Le projet de thèse se situe à l'interface entre science des matériaux, corrosion et applications biomédicales. Le candidat devra donc être motivé pour travailler dans un environnement interdisciplinaire et développer des compétences couvrant à la fois les aspects métallurgiques et les interactions matériau–environnement biologique.

La thèse sera réalisée dans le cadre d'une cotutelle internationale entre l'Université de Lille (France) et l'Indian Institute of Science (IISc, Bengaluru, Inde). Le candidat devra être disposé à effectuer des séjours de recherche dans les deux institutions et à évoluer dans un environnement scientifique international.

Le profil recherché inclut :

Un excellent niveau académique et de fortes capacités analytiques

Une aptitude à mener des travaux de recherche de manière autonome

Un intérêt marqué pour la recherche interdisciplinaire et internationale

Une forte motivation pour la recherche expérimentale en matériaux avancés

De bonnes compétences en communication scientifique et rédaction

Une bonne maîtrise de l'anglais scientifique (écrit et oral)

Les candidats faisant preuve de curiosité scientifique, d'esprit d'initiative et d'une forte motivation pour contribuer au développement de nouveaux implants métalliques bio-résorbables seront particulièrement encouragés à candidater.

The candidate should hold a Master's degree (or equivalent) in Materials Science, Metallurgical Engineering, Biomaterials, Corrosion Science, Mechanical Engineering, or a closely related discipline.

Applicants should demonstrate a strong academic background in physical metallurgy, materials characterization, and structure–property relationships in metallic materials. Knowledge of corrosion science, electrochemistry, or biomaterials will be considered a strong advantage, particularly in relation to degradation mechanisms of metallic systems in aqueous or physiological environments.

The candidate is expected to possess solid experimental capabilities and familiarity with advanced materials characterization techniques such as scanning electron microscopy (SEM), X-ray diffraction (XRD), metallographic analysis, or electrochemical testing methods. Prior experience in alloy processing, corrosion analysis, or surface characterization would be beneficial.

Given the interdisciplinary nature of the project, which lies at the interface between materials science, corrosion science, and biomedical

engineering, the candidate should be motivated to work across disciplinary boundaries and develop expertise in both metallurgical and biological environments.

The project will be conducted under an international cotutelle between Université de Lille (France) and the Indian Institute of Science (IISc), Bengaluru (India). Therefore, the candidate must be willing to participate in international mobility and collaborative research within a multicultural academic environment.

The ideal candidate will demonstrate:

Excellent academic record and strong analytical skills

Capacity for independent research and scientific rigor

Interest in interdisciplinary and international research environments

Strong motivation for experimental research in advanced materials

Good scientific communication and writing skills

Proficiency in English (written and spoken)

Candidates with curiosity, initiative, and the ambition to contribute to cutting-edge research in next-generation bioresorbable metallic implants will be particularly encouraged to apply.

Dernière mise à jour le 12 mars 2026