

## DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **17 avril 2025**

Nom de famille et prénom de l'auteur. e : **Madame Marine JOULAUD**

Titre de la thèse : Caractérisation multi-échelle des régolites de la lune et mercure par imagerie et modélisation numérique

### Résumé



Le régolithe est la couche non cohésive formée de divers matériaux rocheux, présent sur la surface de la plupart des corps planétaires du système solaire, subissant des impacts et divers procédés d'altérations. En l'absence d'atmosphère, les surfaces de la Lune et de Mercure sont couvertes par plusieurs mètres de cette couche granulaire peu cohésive, rendant le socle rocheux largement inaccessible. Ainsi, le régolithe est la principale fenêtre d'observation de ces deux corps sans atmosphère. Cette thèse, divisée en trois parties, analyse les propriétés physiques des régolites lunaire et herméen en combinant des données de télédétection à haute résolution avec des modèles numériques. Premièrement, une analyse quantitative est réalisée sur l'épaisseur du régolithe et la densité de blocs rocheux sur les sites d'alunissage pressentis pour l'Emirates Lunar Mission (tentative d'alunissage ratée en avril 2023). Deuxièmement, une analyse similaire est menée sur l'épaisseur de régolithe dans la région de Borealis Planitia sur Mercure, accompagnée d'une étude qualitative de la présence de blocs rocheux. Troisièmement, des simulations numériques en deux dimensions sont réalisées avec des méthodes aux éléments discrets. Ces simulations reproduisent des impacts dans une cible à deux couches (régolithe recouvrant un socle rocheux) afin de contraindre l'influence de l'épaisseur du régolithe sur la morphologie du cratère final. À la fois sur la Lune et sur Mercure, la morphologie des petits cratères montre qu'aucune corrélation ne peut être établie entre l'épaisseur du régolithe et l'âge des surfaces étudiées. Les différences d'épaisseurs du régolithe observées pourraient être liées aux propriétés du socle sous-jacent. Les simulations 2D démontrent que la fragmentation du socle, qui est associée à la production de régolithe, diminue jusqu'à devenir nulle à un certain seuil critique d'épaisseur de régolithe. Une fois ce seuil atteint, le socle rocheux cesse d'être fragmenté. Un modèle théorique de l'évolution du régolithe est établi, suggérant que l'épaisseur de celui-ci augmente jusqu'à ce qu'une épaisseur critique soit atteinte, seuil à partir duquel le régolithe protège le socle de la fragmentation due aux futurs impacts. Dû à un flux d'impact

trop faible et/ou une couche de régolithe trop épaisse, la production de ce dernier est actuellement stoppée sur la Lune et sur Mercure.

Régolithe,Lune,Mercure,SIG,téledétection,modélisations 2D