
Contribution de l'Intelligence Artificielle à la cartographie pour l'analyse des dunes à l'échelle d'un désert – Cas d'étude du Rub'Al Khali

Jimmy Daynac^{*1}, Paul Bessin¹, Stéphane Pochat², Sofyane Hesni¹, Sabrina Carpy², and Laurie Barrier³

¹Laboratoire de Planétologie et Géosciences - Le Mans – Laboratoire de Planétologie et Géosciences [UMR_C6112] – –France

²Laboratoire de Planétologie et Géosciences [UMR_C6112] – –LeMansUniversité, Université d'Angers, Institut National des Sciences de l'Univers, Centre National de la Recherche Scientifique, UFR des Sciences et des Techniques – –France

³Institut de Physique du Globe de Paris – Université Paris Cité, Institut de physique du globe de Paris, CNRS, F-75005 Paris, France – France

Résumé

Les dunes éoliennes, présentes sur Terre et d'autres planètes, résultent de l'interaction entre le vent et les sédiments. Leur cartographie aide à saisir les relations spatiales et les processus dynamiques du vent. Cependant, cette tâche reste complexe, chronophage et sujette à subjectivité avec les méthodes traditionnelles de cartographie manuelle. Ce travail propose une approche innovante utilisant le Deep Learning pour automatiser la cartographie des dunes à différentes échelles. L'algorithme développé atteint une précision de 90 % et a permis de créer, pour la première fois, une base de données massive de plus de 100 000 dunes dans le désert du Rub'Al Khali, le plus grand désert actif terrestre. Une analyse morphométrique spatialisée et réalisée par *Analyse en Composantes Principales* (ACP) a révélé trois paramètres clés qui traduisent la diversité morphologique des dunes : la longueur, la hauteur et la densité des défauts. Ces résultats mettent en évidence trois pôles morphométriques majeurs : les dunes linéaires, les dunes en croissant, et les dunes isolées (étoiles et dômes), chacun fortement exprimé par l'un des trois paramètres. En croisant ces résultats avec les modèles de vents actuels (*ERA5 Reanalysis*), nous montrons que ces formes sont spatialement influencées par les flux de sable dominants, conduisant à deux modes de croissance principaux : un étirement des dunes linéaires à l'ouest, alignées avec le vent, et une croissance verticale des dunes en croissant et isolées à l'est, perpendiculaires au flux. L'association de ces résultats a abouti à un modèle d'évolution spatiale unique des dunes du Rub'Al Khali. Ce travail ouvre ainsi la voie à une cartographie multi-échelle des formes éoliennes lorsque des données à haute résolution sont disponibles, à une surveillance temporelle de leur activité, et à l'usage des dunes comme indicateurs quantitatifs pour contraindre les régimes de vent sur Terre et sur d'autres planètes.

Mots-Clés: Dune éolienne, Intelligence Artificielle, SIG, Cartographie automatisée, Statistique, Morphodynamique

*Intervenant