COLLEGE DOCTORAL PAYS DE LA LOIRE
ED MATIERE,MOLECULES MATERIAUX ET GEOSCIENCES

Nantes Université

THESE DE DOCTORAT

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 596
Matière, Molécules, Matériaux et Géosciences
Spécialité : Sciences de la Terre et des Planètes

Par
Aurore COLLET

Étude expérimentale de la formation de rides éoliennes en régime de non-équilibre dans des atmosphères terrestres et extra-terrestres

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 10 juillet 2024
Unité de recherche : Laboratoire de Planétologie et Géosciences, UMR 6112

Rapporteurs avant soutenance :

Sébastien Rodriguez, Maître de conférences, IPGP, UMR 7154, Université Paris Cité
Pascal Allemand, Professeur, LGLTPE, UMR 5276, Université Claude Bernard Lyon

Composition du Jury :

Président : Prénom Nom — Fonction et établissement d'exercice (8)*(à préciser après la soutenance)*
Examinateurs : Bernadette Tessier — Directrice de recherche, CNRS, UMR 6266, Université de Caen-Normandie
Agnès Cousin, — Astronome-Adjoint, IRAP, UMR 5277, Université Paul Sabatier, Toulouse

Dir. de thèse : Nicolas Mangold — Directeur de recherche, LPG, UMR 7112, Nantes Université
Co-dir. de thèse : Alexandre Valance — Directeur de recherche, IPR, CNRS UMR 6251 Université Rennes
Co-encadrante de thèse : Sabrina Carpy — Maîtresse de conférences, LPG, UMR 7112, Nantes Université

Invité
Sylvain Courrech du Pont — Professeur, LMSC, UMR 7057, Université Paris Cité

COLLEGE DOCTORAL PAYS DE LA LOIRE

ED MATIERE,MOLECULES MATERIAUX ET GEOSCIENCES

Nantes Université

Titre : Étude expérimentale de la formation de rides éoliennes en régime de non-équilibre dans des atmosphères terrestres et extra-terrestres

Mots clés : Rides éoliennes, Photogrammétrie, Non-Equilibre, Expériences, Analogue planétaires

Résumé : Dans les déserts terrestres, sur les plages ou encore sur les champs de dunes de Mars, les rides éoliennes sont des motifs périodiques et orientés qui traduisent l'interaction entre un écoulement de type couche limite atmosphérique et des surfaces meubles.

La compilation bibliographique d'études réalisées sur le terrain et en soufflerie expérimentale indique des comportements différents en fonction de la taille des grains, de leur polydispersité et de la vitesse de l'écoulement. Dans cette thèse, la formation des rides éoliennes est étudiée expérimentalement par reconstruction de modèles tridimensionnels photogrammétriques. Cette étude met en lumière un régime de transport en non-équilibre pour leur formation et leur développement.

Les caractéristiques morphologiques (longueur d'onde, amplitude, vitesse de migration, zone d'établissement) et les caractéristiques environnementales (vitesse du fluide, taux d'érosion, flux de masse) sont alors évaluées dans ce régime de non-équilibre en fonction de la vitesse de l'écoulement pour du sable de Fontainebleau. Des grains plus grossiers et une distribution bimodale ont également été étudiés. Enfin une expérience en condition de basse pression, similaire à la pression martienne a été menée dans la soufflerie de Aarhus, Danemark.

L'étude spatiale et temporelle des rides permet de remonter à des informations sur l'intensité des vents et leur direction ainsi que les flux de masse transportés. Ces informations seront utiles pour contraindre les régimes dans des expériences futures mais également pour l'analyse de flux de sable par drone sur Terre ou sur d'autres planètes.

Title : Experimental study of the formation of out-of-equilibrium aeolian ripples in terrestrial and extraterrestrial atmospheres

Keywords : Aeolian ripples, Photogrammetry, Out-of-Equilibrium, Wind-tunnel experience, Planetary analogue

Abstract : In terrestrial deserts, on beaches or even on the dune fields of Mars, aeolian ripples are periodic, oriented patterns that reflect the interaction between an atmospheric boundary layer-type flow and loose surfaces.

A compilation of field and wind-tunnel studies indicates that they behave differently depending on grain size, polydispersity and flow velocity. In this thesis, the formation of wind ripples is studied experimentally by reconstructing three-dimensional photogrammetric models. This study highlights a out-of-equilibrium transport regime for their formation and development.

Morphological characteristics (wavelength, amplitude, migration velocity, establishment zone) and environmental characteristics (fluid velocity, erosion rate, mass flux) are then evaluated in this out-of-equilibrium regime as a function of flow velocity for Fontainebleau sand. Coarser grains and a bimodal distribution were also studied. Finally, a low-pressure experiment, similar to the Martian pressure, was carried out in the wind tunnel in Aarhus, Denmark.

The spatial and temporal study of the ripples provides information on wind intensity and direction, as well as the mass fluxes transported. This information will be useful for constraining regimes in future experiments, as well as for the analysis of sand flows by drone on Earth or on other planets.