

# Modélisation de l'évolution d'un champ de barkhanes

Génois M., Courrech du Pont S., Hersen P., & Grégoire G.

Laboratoire Matière & Systèmes Complexes, UMR 7057, Paris Diderot  
10 rue Alice Domon et Léonie Duquet, 75205 Paris cedex 13  
[mathieu.genois@univ-paris-diderot.fr](mailto:mathieu.genois@univ-paris-diderot.fr)

Les barkhanes sont des dunes en forme de croissant qui évoluent sur un sol non érodable. Dans les déserts, elles sont observées au sein de champs pouvant regrouper des milliers d'individus. Ces champs ont des propriétés statistiques bien définies (taille moyenne des dunes, etc), qui ne peuvent être expliquées par la dynamique d'une barkhane isolée. La compétition entre perte et captage de sable au niveau de la dune impose en effet un équilibre instable qui mène soit à la disparition de la dune, soit à une croissance divergente. Les propriétés des champs doivent donc être dues aux interactions entre les dunes. Ces interactions, captage de sable et collisions, sont fortement non linéaire.

Le modèle étudié est un système de particules autopropulsées sur un espace continu qui prend en compte l'intégralité de cette phénoménologie. C'est un modèle d'agents où la dune est l'élément microscopique. Ce système original se positionne à la frontière de plusieurs domaines connus de la physique statistique : la dynamique hors équilibre, les systèmes non conservatifs, les modèles de réaction-transport, les particules autopropulsées, la percolation sur continuum.

L'étude montre que dans un régime raisonnable de paramètres, quand la perte de sable au niveau de chaque dune est non nulle, le système atteint systématiquement un état stationnaire hors d'équilibre indépendant des conditions initiales. En fonction d'un paramètre de contrôle  $\xi$ , qui compare les temps caractéristiques d'apparition et de disparition des dunes, on observe deux états asymptotiques très différents. Pour les petits  $\xi$  le champ atteint un état dilué, dans lequel les dunes n'interagissent pas. La dynamique de cet état est résolue analytiquement. À grand  $\xi$  l'état est dense, les collisions sont très fréquentes. Nous montrons, par des arguments analytiques et numériques, que le passage d'un régime à l'autre n'est pas une transition de phase, mais un changement de dynamique lié à l'aspect hors équilibre du système.

Dans l'état dense, on observe des inhomogénéités spatiales de densité, sous la forme d'avalanches de collisions de dunes. Dans une gamme extrême des paramètres, ces avalanches atteignent la taille du système : il y a transition de percolation. L'état atteint n'est plus stationnaire et devient dépendant des conditions initiales.