

MORPHODYNAMIQUE D'UNE DUNE, COUPLAGE AVEC L'ÉCOULEMENT

Lionel ROSSI, Hervé MICHALLET¹, Philippe BONNETON²

¹ LEGI, BP 53, 38041 Grenoble, France ; herve.michallet@inpg.fr; l.rossi@imperial.ac.uk.

² Université Bordeaux 1, Département de Géologie et Océanographie, UMR 5805 EPOC, avenue des facultés, 33405 Talence cedex, France ; p.bonneton@epoc.u-bordeaux.fr.

Depuis le travail de Raudkivi¹, de nombreuses études se sont portées sur le transport sédimentaire associés à des allées de rides ou de dunes^{2,3,4}. Cependant, la déformation et le transport d'une dune solitaire sont mal connus. Un écoulement peut engendrer des dunes et une dune modifie l'écoulement. A l'évidence, il y a un couplage dune - écoulement, chacun modifiant l'autre. Ce couplage intervient au niveau de l'écoulement moyen et de la forme de la dune mais aussi au niveau de la macro turbulence en aval de la dune. La figure 1 illustre les différentes zones d'écoulement et de transport associées à une dune solitaire. (i) Loin en amont l'écoulement est uniforme. (ii) Entre le pied amont de la dune et son sommet, l'écoulement est accéléré. Le transport de sable a lieu par charriage à partir d'une vitesse critique. (iii) Entre le sommet de la dune et le point de rattachement, l'écoulement est la combinaison d'une couche de mélange et d'une zone de recirculation. Le transport de sable a lieu par avalanches successives sur la pente aval. (iv) "En aval" du point de rattachement l'écoulement est turbulent et les structures résiduelles de la couche de mélange impactent le lit de sable. Le sable est alors transporté par arrachement. La figure 2 illustre la déformation d'une dune et un arrachement de sable.

Le débit solide au sommet q_s est évalué en mesurant le déplacement de la dune : $q_s = (1 - p) h(t) V_d$ et $V_d = dx/dt$; où $p=0.35$ est la porosité, h la hauteur de la dune, x est l'abscisse du sommet qui se déplace à la vitesse V_d . La figure 3a représente l'évolution de ce débit solide en fonction de la vitesse de l'écoulement au sommet U_{top} , la vitesse critique nécessaire au transport du sable U_c . La sensibilité du transport de sable au couplage forme-vitesse (dune-écoulement) est traduite par l'introduction d'un coefficient de forme. Pour une vitesse d'écoulement amont supérieure à la vitesse critique de transport sur fond horizontal, la forme de la dune reste triangulaire au cours du temps. Dans ce cas, l'évolution de la position du sommet de la dune est comparée à un modèle théorique où l'équation d'évolution du fond repose sur la propagation du front de la dune pour un écoulement sous-critique, cf. figure 3c. Les équations associées sont $\partial Z/\partial t + V_d(Z) \partial Z/\partial x = 0$ et $V_d(Z) = U/[h_{eau}(1-F^2)] \partial q_s/\partial u$. Z est la cote du sable, V_d la vitesse de propagation du front, U la vitesse de l'écoulement, h_{eau} la hauteur d'eau et $F = U/(gh)^{0.5}$ le nombre de Froude.

Le transport lié à l'arrachement turbulent en aval de la dune a été estimé. Celui-ci dépend du nombre de Reynolds construit sur la hauteur de la dune et de la granulométrie du sable, cf. figure 3b. Comme attendu, le sable le plus fin ($D_{50}=0.2\text{mm}$) est le plus sensible aux arrachements turbulents. Ce transport de sable est en fait suffisant pour déclencher un mécanisme de génération et propagation de rides/dunes en aval, comme l'illustre l'expérience de la figure 4. Dans cette expérience la vitesse de l'écoulement est choisie en dessous de la vitesse critique de transport sur fond horizontal. De premières rides apparaissent dans la zone de re-déposition du sable. Puis elles grandissent en taille et génèrent un nouveau transport turbulent en aval qui donne naissance à une nouvelle ride, et ainsi de suite.

Références

- [1] Raudkivi, A. J., 1963, "Study of sediment ripple formation". *ASCE J. Hydraul. Div.*, **89**, 15-33.
- [2] Raudkivi, A.J., 1998, "Loose Boundary Hydraulics", A.A. Balkema, Rotterdam.
- [3] Yalin, M.S., 1977, "Mechanics of sediment transport", Pergamon Press, Oxford.
- [4] Engelund, F., Fredsøe, J., 1982, Sediment ripples and dunes. *Ann. Rev. Fluid Mech.*, **14**, 13-37.

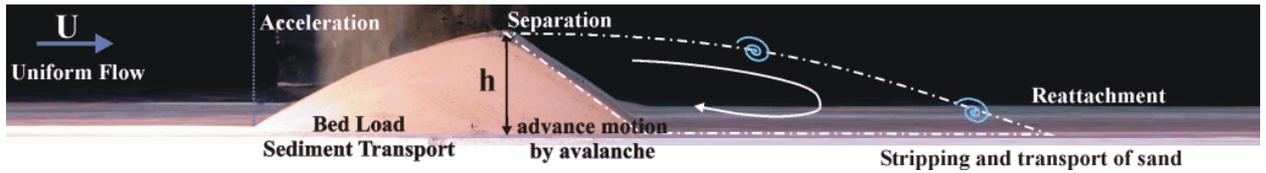


Figure1 : Illustration des mécanismes de transport

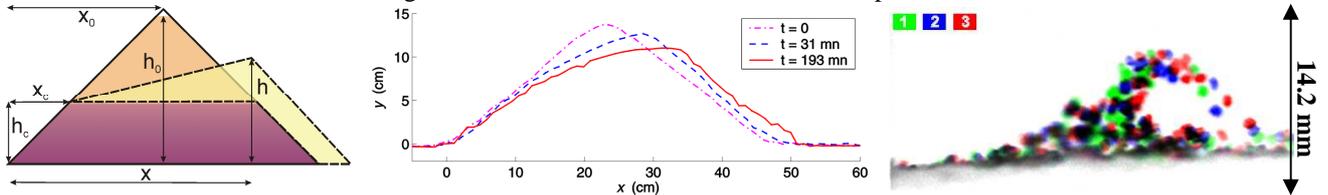


Figure2 : Transport de sable par évolution du profil de dune et arrachement de sable en aval

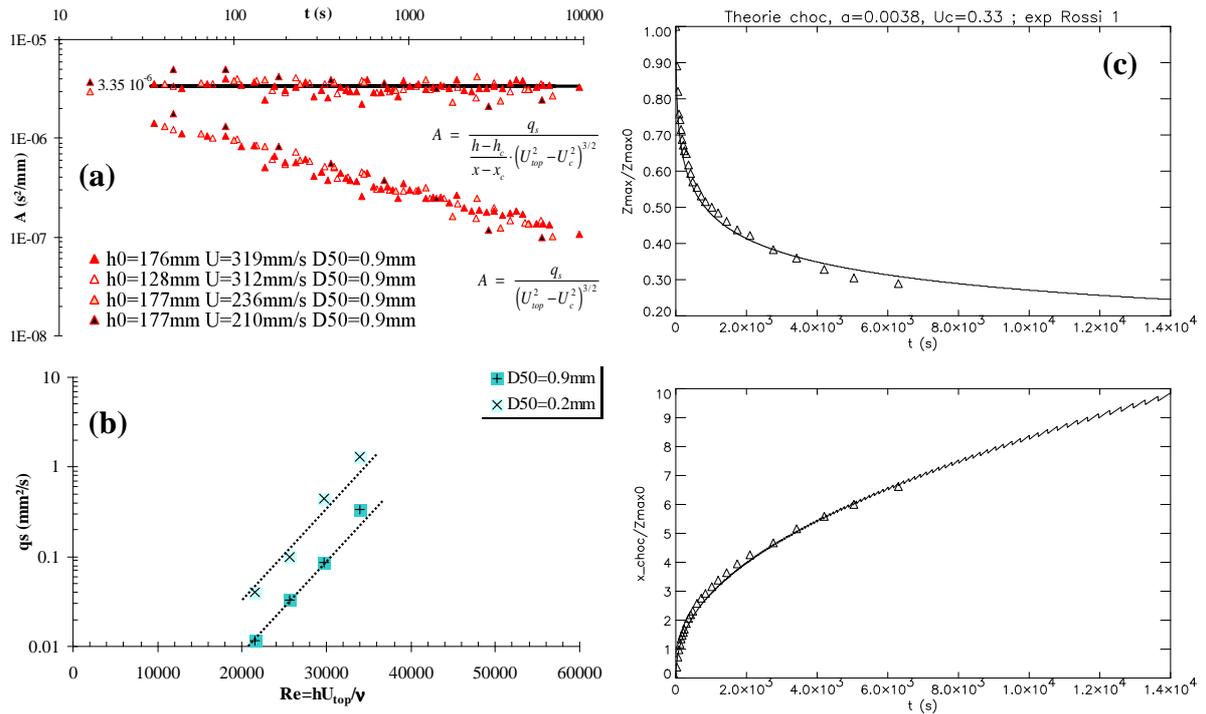


Figure 3 : Mesure des transports de sable au sommet (a), en aval par arrachement turbulent (b). Comparaison des positions du sommet de la dune entre expériences et modèle pour une dune triangulaire (c).

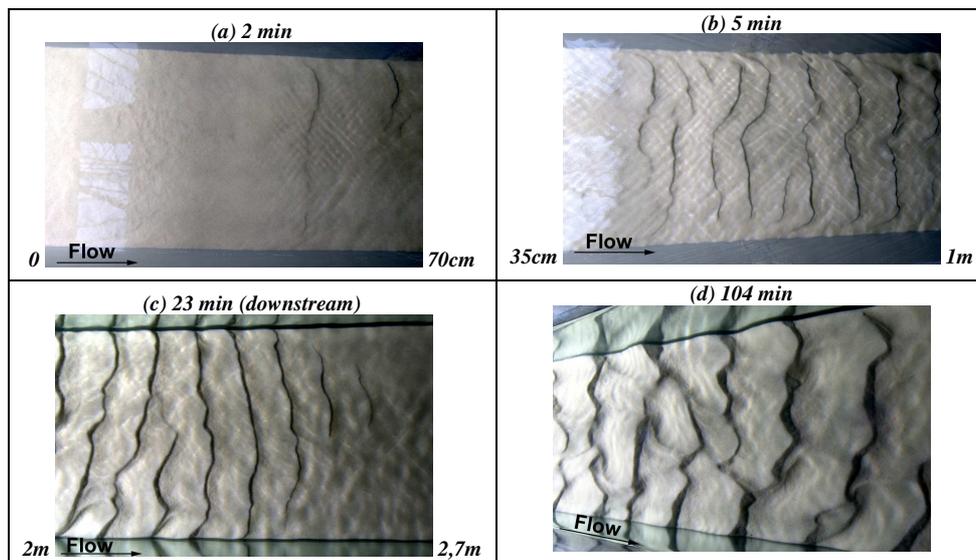


Figure 4 : Illustration du processus de génération de rides/dunes en aval d'une dune sous l'effet de l'arrachement turbulent ($D_{50}=0.4\text{mm}$). Vitesse amont inférieure à la vitesse critique de transport sur fond horizontal.