



HAL
open science

Lois d'échelles pour l'impact d'une goutte de pluie sur un sol: approches théorique et numérique

Amina Nouhou Bako, Frédéric Darboux, François James, Christophe Josserand, Carine Lucas

► To cite this version:

Amina Nouhou Bako, Frédéric Darboux, François James, Christophe Josserand, Carine Lucas. Lois d'échelles pour l'impact d'une goutte de pluie sur un sol: approches théorique et numérique. La mécanique des fluides numérique (27e année), Feb 2015, Paris, France. , 2015. hal-01183737

HAL Id: hal-01183737

<https://hal.science/hal-01183737v1>

Submitted on 10 Aug 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Lois d'échelles pour l'impact d'une goutte de pluie sur un sol : approches théorique et numérique

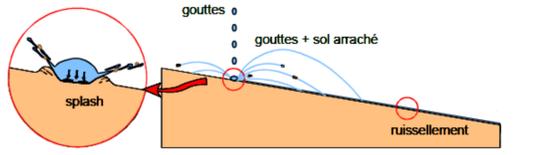
A. Nouhou Bako^{1,2}, F. Darboux¹, F. James², C. Josserand³ et C. Lucas²

¹ UR Sols INRA, Orléans, ² MAPMO Univ d'Orléans, ³ Institut Jean Le Rond d'Alembert, UPMC Univ Paris 06

Contact : amina.nouhou-bako@orleans.inra.fr

Contexte

Impact d'une goutte → Arrachement des particules du sol → Érosion du sol



Thèse de Tuan Long PHAM, Erosion et dispersion des sols argileux par un fluide.

L'érosion **hydrique** des sols est un phénomène néfaste pour l'environnement :

- Destruction des sols agricoles et de l'écosystème



<http://www.agriculture-npdc.fr/environnement/erosion.html>

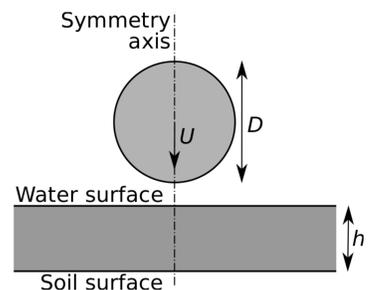
- Transport de particules et de polluants



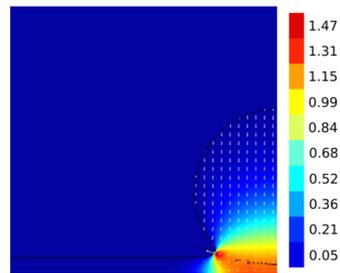
<http://terretous.com/ecologie/erosion-des-sols.html>

Matériel et Méthodes

- Simulation de l'impact d'une **seule goutte** de pluie sur un film liquide de différentes épaisseurs : $h/D=1/10, 1/5, 1/3, 1/2, 1, 2$.
- Outil : logiciel **Gerris**, solveur Navier-Stokes pour écoulements incompressibles.

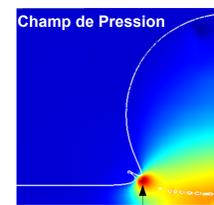


Configuration schématique d'une goutte de pluie de vitesse terminale U , impactant une lame d'eau d'épaisseur h .

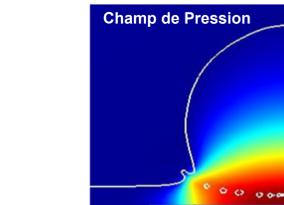


Champs de pression et de vitesse créés par l'impact d'une goutte de pluie sur une lame d'eau

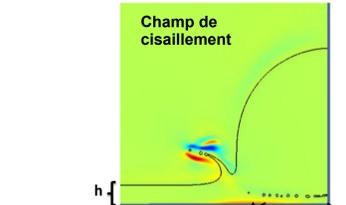
- Grandeurs étudiées : **pression** et **taux de cisaillement** créés par la goutte aux premiers instants de l'impact car interviennent dans la **désagrégation** et le **détachement** des particules du sol.



Plan d'impact P_c
➔ **Pression maximum P_c dans le liquide**



Plan d'impact $P'_{1/2}$
➔ **Pression P' à la surface du sol**

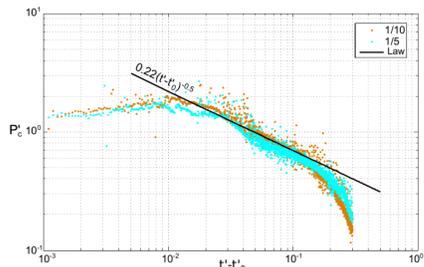


Plan d'impact T_{max}
➔ **Cisaillement T_{max} à la surface du sol**

Résultats

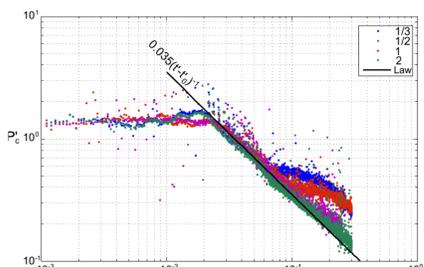
Pression max dans le liquide

- Pour les **films de liquide minces** ($h/D < 1/4$), la pression maximale au sein du liquide décroît en **racine carrée du temps** après impact (t'_0 est le moment de l'impact).



$$P_c(t) \sim \rho_l U_0^2 \sqrt{\frac{D}{U_0 t}}$$

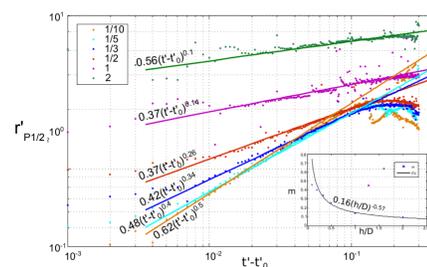
- Lorsque la hauteur de la lame d'eau est plus épaisse ($h/D > 1/4$), h devient une **grandeur caractéristique** et la pression maximale décroît comme l'**inverse du temps**.



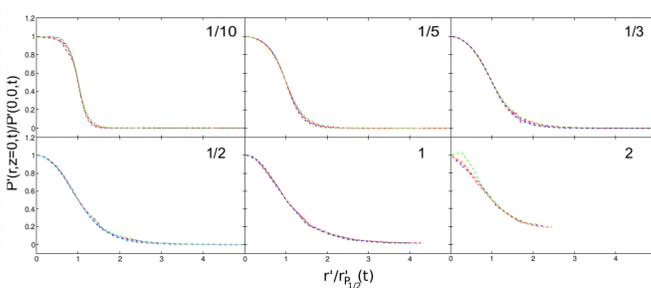
$$P_c(t) \sim \rho_l U_0^2 \frac{h}{U_0 t}$$

Pression sur le plan d'impact

- La **pression maximale** créée à la surface du sol est située au **centre de l'impact**.
- La **position radiale** $r'_{P1/2}$ de la **moitié** de la pression maximale à la surface du sol **dépend de h/D** .

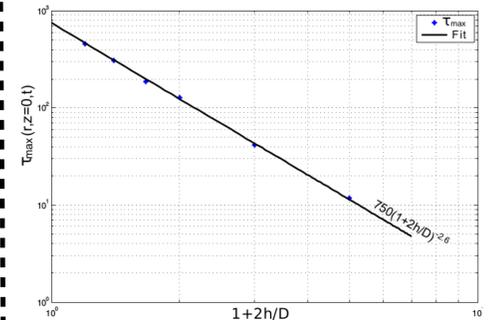


- Existence de **structures auto-similaires** en re-scalant la pression au sol $P'(r, z=0, t)$ à différents temps par sa valeur maximale $P'(0, 0, t)$ et la position radiale r' par $r'_{P1/2}$.



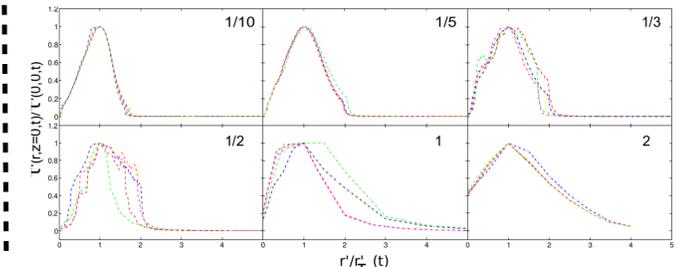
Cisaillement sur le plan d'impact

- Le cisaillement maximum est observé lorsque la base de la goutte atteint le sol. Son amplitude dépend fortement du ratio h/D .



$$T_{max} \sim \left(\frac{h}{D/2} + 1\right)^{-2.6}$$

- Existence de **structures auto-similaires** en re-scalant le cisaillement au sol par sa valeur maximale et la position radiale r' par r'_{Tmax} .



Conclusions

- Confirmation que le ratio h/D **gouverne la dynamique** des quantités intervenant dans le phénomène d'érosion.
- Pour l'évolution temporelle de la pression dans le liquide, on retrouve des **lois en racine carré connus**.

- Limite de l'étude : hypothèse d'une **surface rigide**. Mais le sol étant un matériau granulaire déformable (agrégats), il est difficilement modélisable.
- Perspectives : prendre en compte l'**effet collectif des gouttes** de pluie et quantifier ses conséquences sur l'érosion.

Bibliographie

- [1] Hartley, D. M. and Julien, P. Y. (1992). Boundary shear-stress induced by raindrop impact. Journal of Hydraulic Research, 30(3) :341-359.
- [2] Nouhou Bako, A., Darboux, F., James, F., Josserand, C., and Lucas, C. Pressure and shear stress caused by raindrop impact at the soil surface : Scaling laws depending on the water depth (en préparation).
- [3] Popinet, S. (2009). An accurate adaptive solver for surface-tension-driven inter-facial flows. J. Comput. Phys., 228 : 5838-5866.