



**HAL**  
open science

## Similitude et différence entre l'écoulement à travers un orifice et le tamisage d'un milieu granulaire

Agnes Duri, Nicolas Malterre, Guillaume Delaplace, Denis Cassan, Frederic Mabilie, Thierry Ruiz

► **To cite this version:**

Agnes Duri, Nicolas Malterre, Guillaume Delaplace, Denis Cassan, Frederic Mabilie, et al.. Similitude et différence entre l'écoulement à travers un orifice et le tamisage d'un milieu granulaire. 9ème colloque Sciences et Technologie des poudres, Jul 2018, Compiègne, France. 9, pp.260 - 269, 2007. hal-02936744

**HAL Id: hal-02936744**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02936744>**

Submitted on 11 Sep 2020

**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.

# Similitude et différence entre l'écoulement à travers un orifice et le tamisage d'un milieu granulaire



A. Duri<sup>a</sup>, N. Malterre<sup>a</sup>, G. Delaplace<sup>b</sup>, D. Cassan<sup>a</sup>, F. Mabilbe<sup>a</sup>, T. Ruiz<sup>a</sup>



<sup>a</sup>. Ingénierie des Agropolymères et des Technologies Innovantes UMR 1208 INRA/CIRAD/SupAgro Montpellier/Université de Montpellier

<sup>b</sup>. Unité Matériaux et Transformations UMR 8207 CNRS/INRA/ Université de Lille

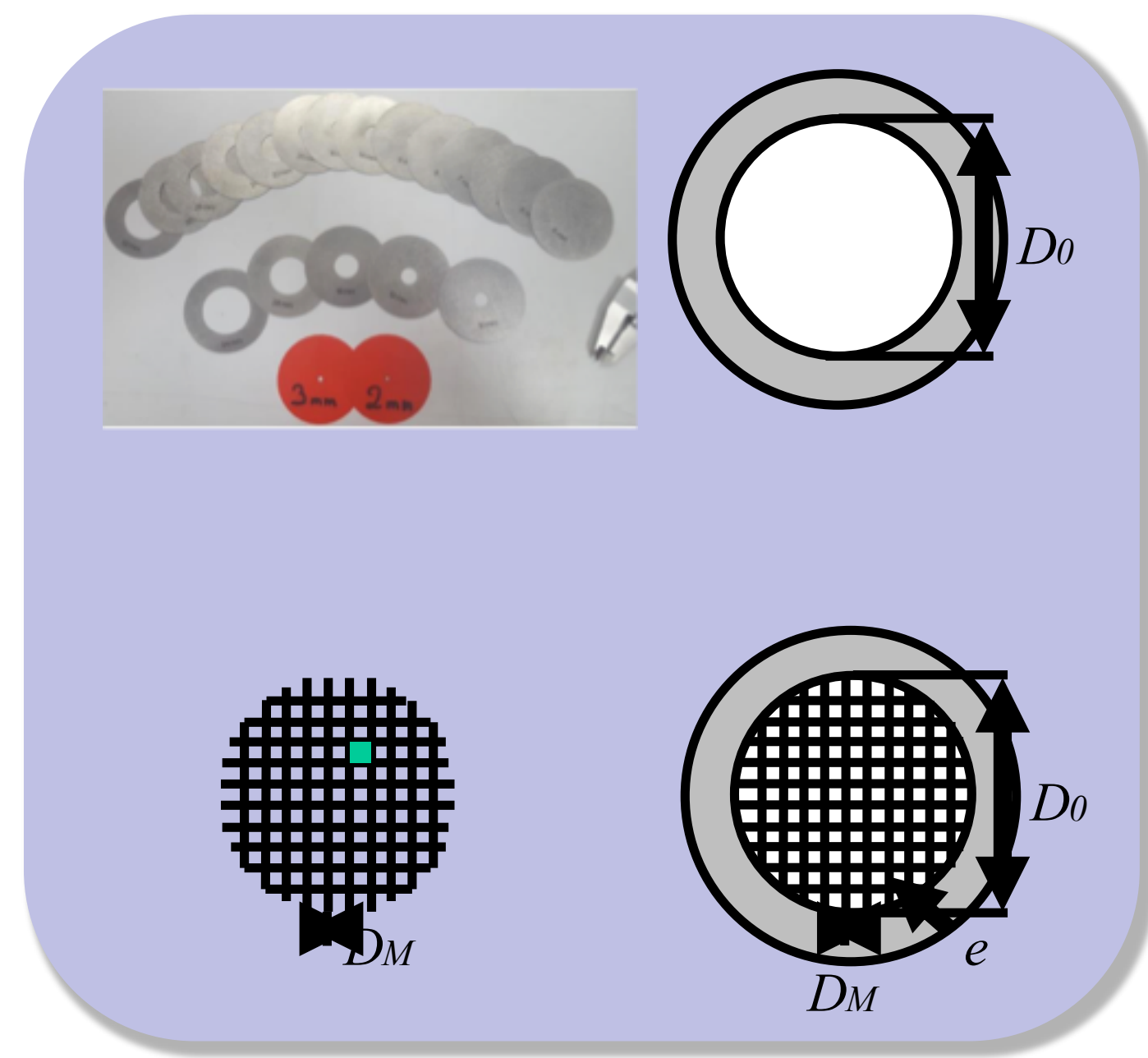
## Contexte et question scientifique

L'écoulement d'un milieu granulaire pulvérulent au travers d'un orifice a fait l'objet de très nombreuses investigations expérimentales et théoriques depuis les travaux de Hagen<sup>1</sup> publiés en 1852. Ce type d'écoulement, mis en jeu lors de la vidange ou de l'alimentation d'un réacteur en matériaux granulaires ou bien encore lors de la décharge d'un silo au moyen d'une trémie, est régulier et présente la particularité de s'effectuer à débit constant. A partir d'une analyse dimensionnelle on montre aisément que le débit dépend du diamètre de l'orifice selon une loi puissance :  $Q \propto D^{5/2}$ , dont la valeur spécifique de l'exposant indique que le moteur de l'écoulement est strictement gravitaire (Beverloo et al<sup>2</sup>). Cette relation, qui a été fortement étudiée dans de multiples configurations pour décrire l'écoulement au travers d'un orifice introduit deux paramètres phénoménologiques : C et k.

**Quels sont leurs sens physiques ? Peut-on étendre la capacité de description de cette loi à un écoulement au travers d'une grille ? Quels rôles jouent les bords de l'orifice d'écoulement dans le débit ?**

## Matériels et méthodes

Quatre populations de billes de verre monodisperse  
 $D_p$  (en mm)  $\in$  (0,12 ; 0,45 ; 1 ; 2)



Orifice d'écoulement

Tamis



Loi de Beverloo<sup>2</sup> :

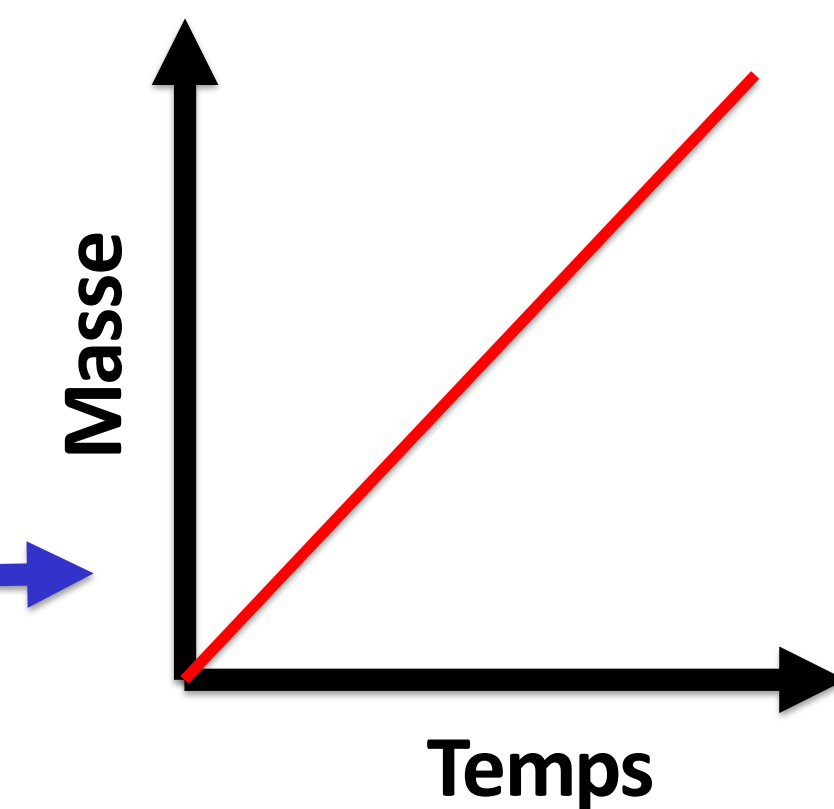
$$\dot{M} = C\phi\rho_p\sqrt{g}D_o^2(1 - kD_{po})^2$$

$\phi$  compacité dans l'entonnoir

$D_{po} = D_p/D_o$  diamètre relatif particule/orifice

C coefficient « de décharge »

k coefficient « de volume d'exclusion »

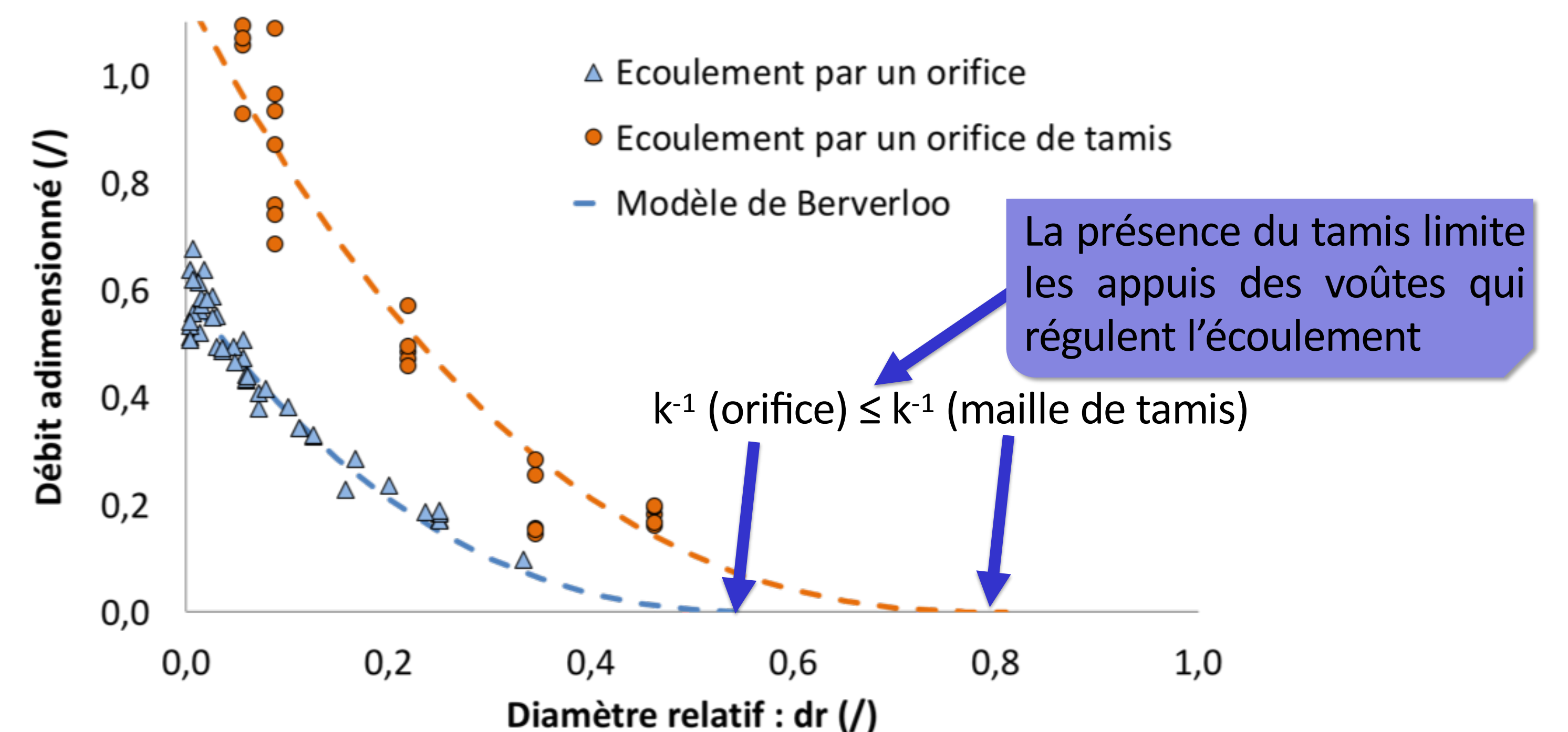
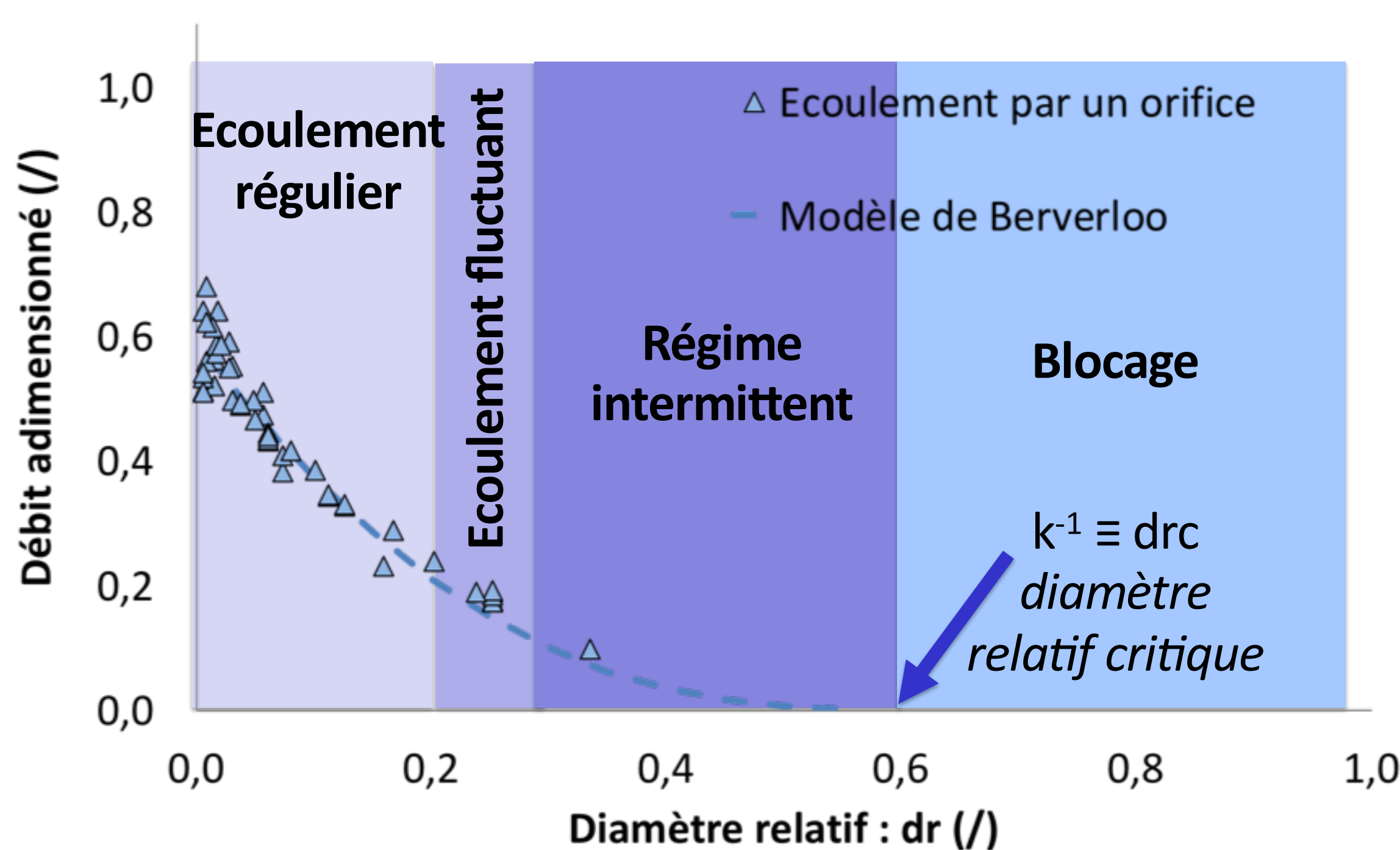


Dispositif d'écoulement par un orifice ou un tamis

Cinétique versus les paramètres géométriques

## Résultat essentiel

- ✘ Le modèle de Beverloo constitue une **courbe maîtresse des écoulements** jusqu'à l'intermittence puis le blocage.
- ✘ Le coefficient  $k^{-1}$  est un **diamètre relatif critique** à partir duquel l'écoulement du milieu granulaire n'est plus piloté par la gravité.
- ✘ Le modèle de Beverloo peut être étendu à la **description du tamisage** à travers N trous simultanés.



On trouve systématiquement que le **débit global à travers un orifice est supérieur à celui d'un tamis de même ouverture**. L'influence du tamis sur l'écoulement se traduit par un ralentissement imputé à la « perte de charge » que les frottements induisent. Ces frottements sur la grille permettent la formation d'arches labiles qui limitent la vitesse locale d'écoulement.

## Synthèse

Cette approche renseigne sur la physique de l'écoulement en spécifiant notamment du rôle de la « portance » des bords. Elle permet aussi d'aborder dans le cas du tamisage, les questions d'apports énergétiques supplémentaires à la gravité, sous un nouvel angle.

Cependant, les possibilités d'écoulements par des orifices voisins, relaxe les chaînes de forces qui se développent de part et d'autre du trou et ne permettent pas aux voûtes qui apparaissent au niveau du trou considéré, de « porter » et résister au poids de la colonne pesante. Cette situation est moins favorable au blocage de l'écoulement. L'ensemble des interactions « bloquantes » particules/particules (cohésion, voûtes, frottements) est alors modulé par les effets de bord.

## Références

<sup>1</sup>Tighe, B.P. et M. Sperl, 2007, Granular Matter, 9,141-144

<sup>2</sup>Beverloo, W.A., H.A. Leniger, et J. Van De Velde, 1960, Chemical Engineering Science 15, 260-269..

**Remerciements** – Les auteurs remercient l'ANR ALID 2013 pour son soutien financier

**Contacts** - thierry.ruiz@umontpellier.fr

