



## Métamodélisation pour la calibration d'un modèle de splash

Sophie Leguédois, Sophie Cordier, Frédéric Darboux, Cédric Legout, Yves Le Bissonnais, Carine Lucas, Eric Michel, Olivier Planchon

### ► To cite this version:

Sophie Leguédois, Sophie Cordier, Frédéric Darboux, Cédric Legout, Yves Le Bissonnais, et al.. Métamodélisation pour la calibration d'un modèle de splash. Rencontres MEXICO 2014. Méthodes pour l'EXploration Informatique des modèles COmplexes, May 2014, Castanet-Tolosan, France. hal-02801263

**HAL Id: hal-02801263**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02801263v1>**

Submitted on 5 Jun 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.



# Métamodélisation pour la calibration d'un modèle de splash

*S. Leguédois*  
*Laboratoire Sols et Environnement*  
*Inra, EA*

*Avec les contributions de S. Cordier, F. Darboux, C. Legout, Y. Le Bissonnais, C. Lucas, É. Michel, O. Planchon*



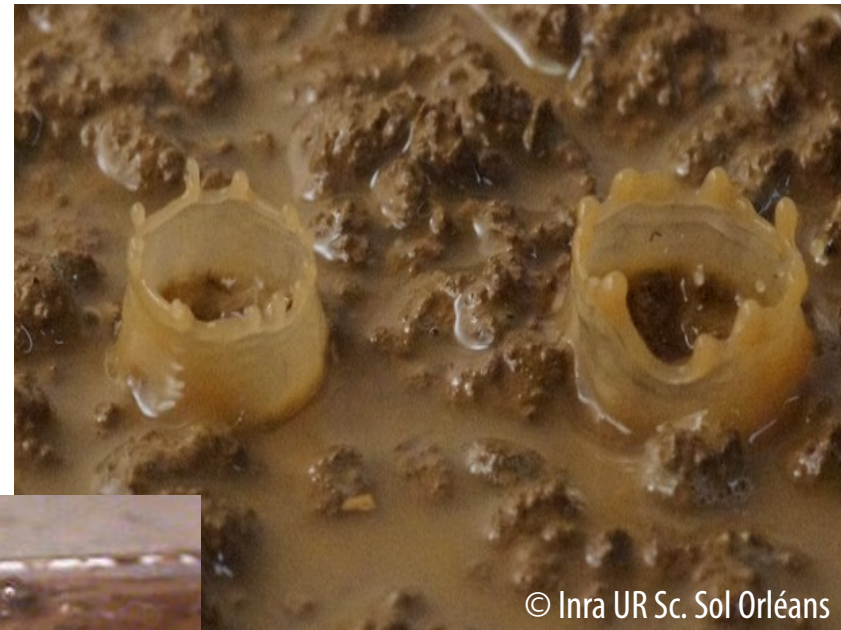
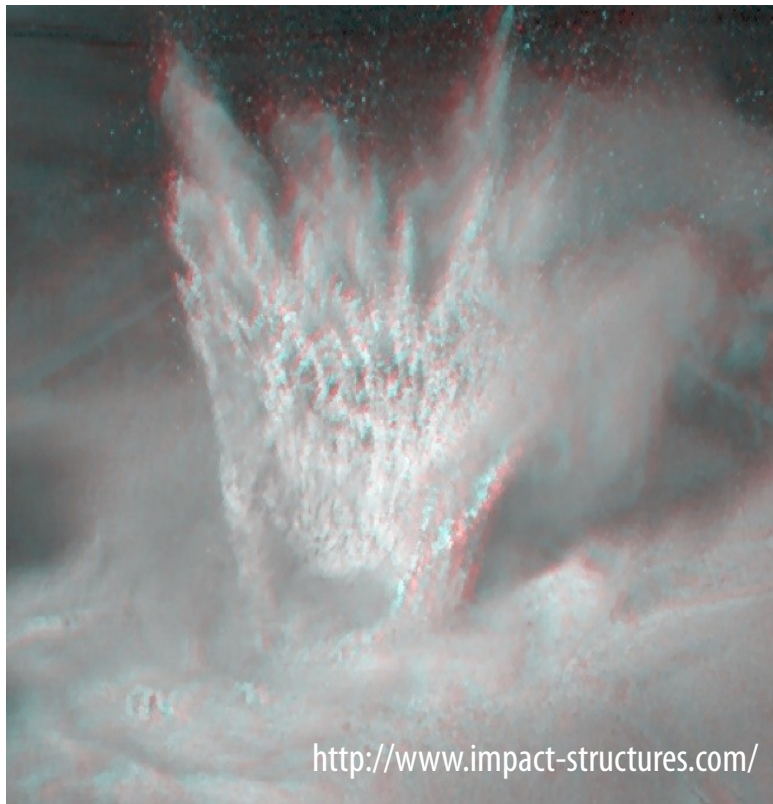
# Plan de la présentation

- Présentation du phénomène de splash
- Problématique et objectif du travail : une mesure non biaisée
- Métamodélisation
  - Méthode
  - Premiers résultats
- Questions et conclusion



# Qu'est-ce que le splash ?

- Rejaillissement d'eau et de sol consécutif à l'impact d'une goutte de pluie à la surface du sol





# Le splash : un processus clef en science du sol

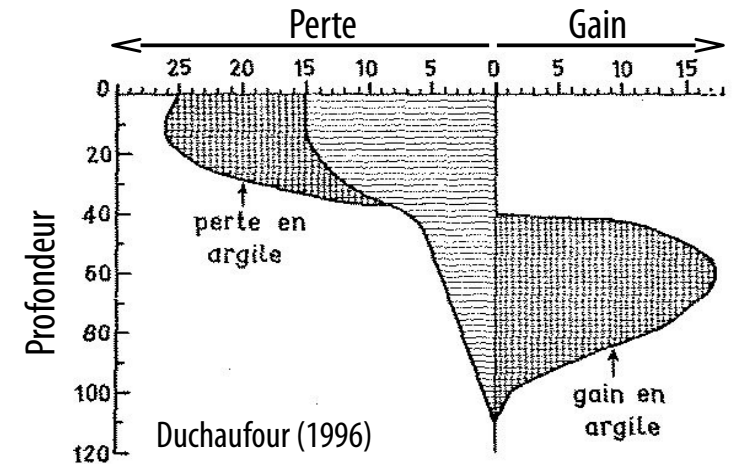
- Le splash génère :
  - Transport et exportation des fragments de terre
    - érosion hydrique des sols (parcelle, bassin versant)
  - Réarrangement des fragments de terre
    - diminution de l'infiltration par fermeture de la surface (croûtes de battance)





# Le splash : un processus clef en science du sol

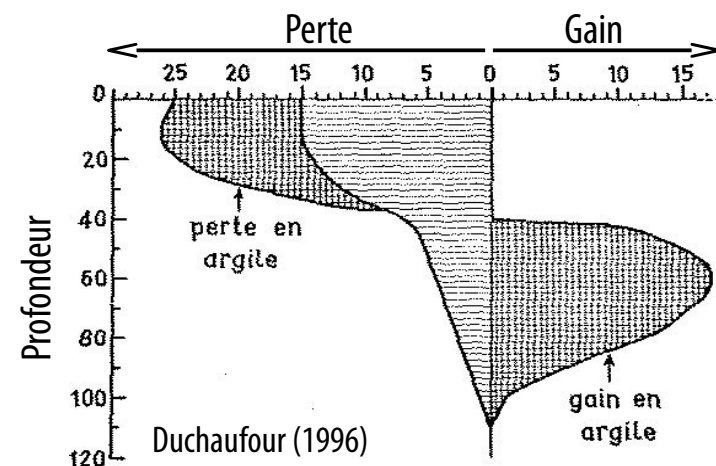
- Le splash génère :
  - Transport et exportation des fragments de terre
    - érosion hydrique des sols (parcelle, bassin versant)
    - évolution des sols à long terme (diminution de l'épaisseur du sol, entraînement de particules fines/argiles au sein du profil)
    - transfert colloïdal (particules fines très réactives) de la surface vers la profondeur
  - Réarrangement des fragments de terre
    - diminution de l'infiltration par fermeture de la surface (croûtes de battance)





# Le splash : un processus clef en science du sol

- Le splash génère :
  - Transport et exportation des fragments de terre
    - érosion hydrique des sols (parcelle, bassin versant)
    - évolution des sols à long terme (diminution de l'épaisseur du sol, entraînement de particules fines/argiles au sein du profil)
    - transfert colloïdal (particules fines très réactives) de la surface vers la profondeur
  - Réarrangement des fragments de terre
    - diminution de l'infiltration par fermeture de la surface (croûtes de battance)
- Conséquences environnementales
  - Coulées boueuses, pollution des eaux, perturbation du cycle de l'eau, dégradation des sols





# Le processus de mobilisation et de transfert de fragments de terre par splash

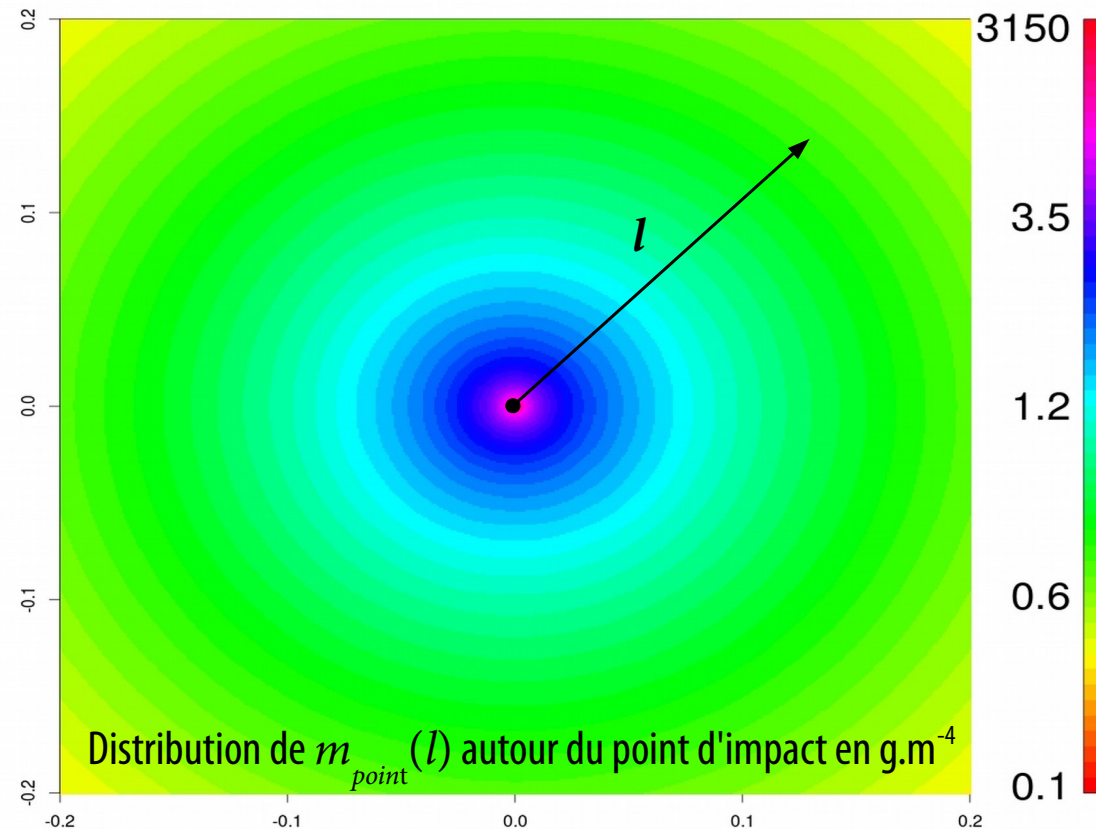
- Dépôt radial autour du point d'impact : loi exponentielle décroissante

- $m_{point}(l)$  : densité de la masse de matière splashée et déposée à une distance radiale  $l$  du point d'impact (en  $\text{g.m}^{-4}$ )

$$m_{point}(l) = \frac{\mu}{\Lambda \pi l} \exp(-l/\Lambda)$$

Van Dijk *et al.* (2002)

- $\mu$  : taux de détachement par splash (en  $\text{g.m}^{-2}$ )
- $\Lambda$  : distance moyenne de transfert par splash (en m), c-à-d distance radiale moyenne pondérée par la masse déposée





# Le processus de mobilisation et de transfert de fragments de terre par splash

- Dépôt radial autour du point d'impact : loi exponentielle décroissante

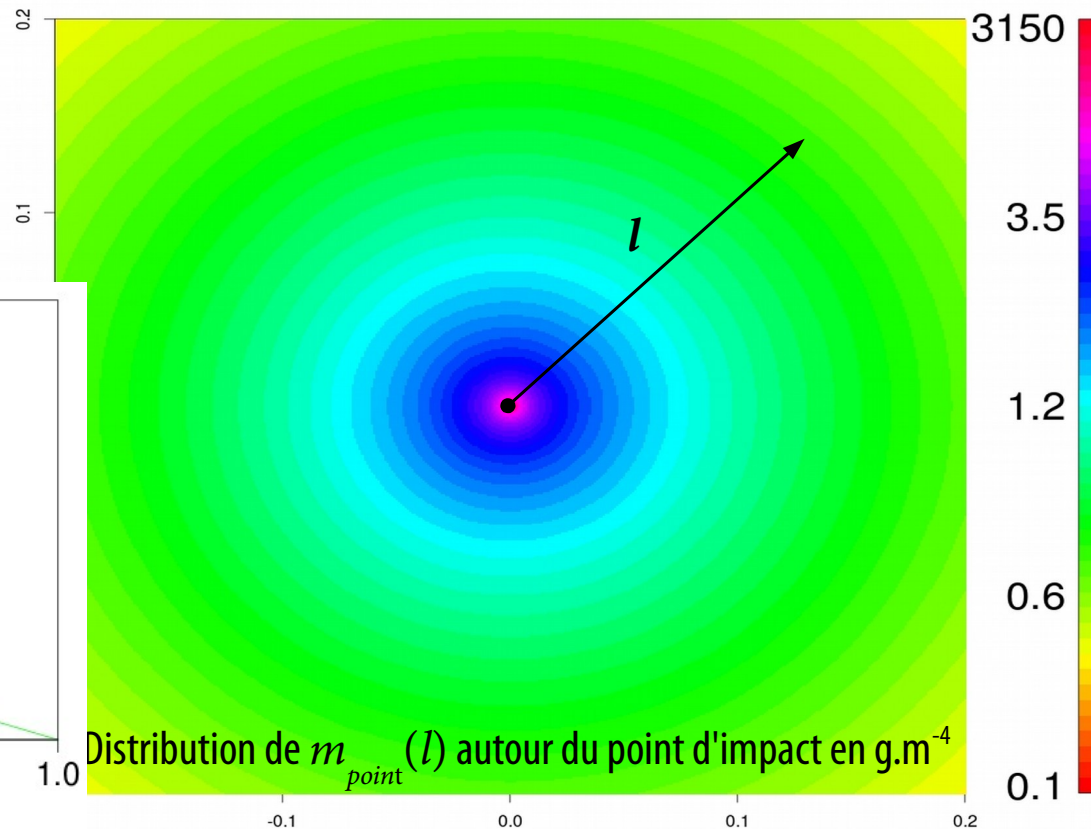
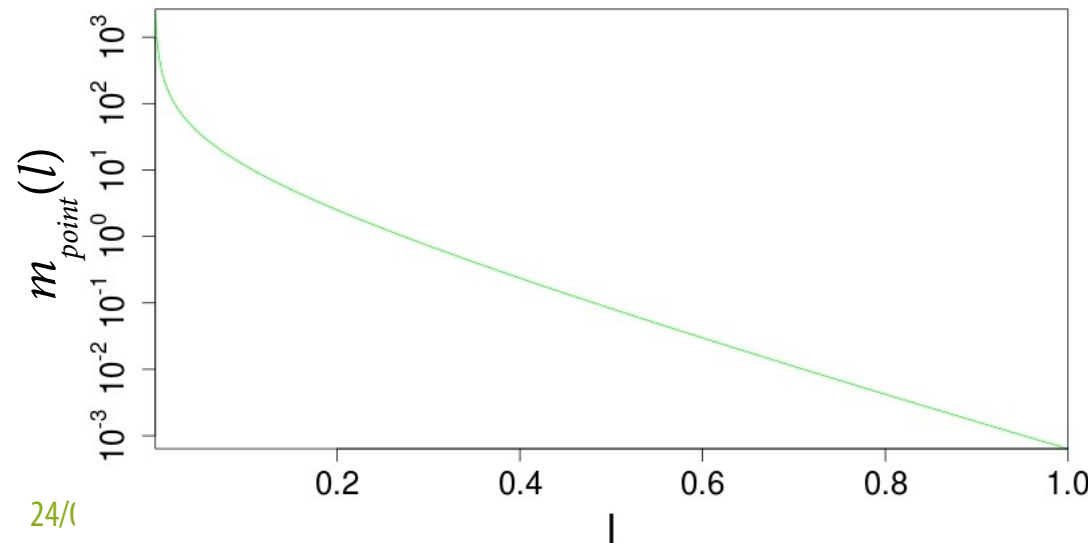
- $m_{point}(l)$  : densité de la masse de matière splashée et déposée à une distance radiale  $l$  du point d'impact (en  $\text{g.m}^{-4}$ )

$$m_{point}(l) = \frac{\mu}{\Lambda \pi l} \exp(-l/\Lambda)$$

Van Dijk et al. (2002)

- $\mu$  : taux de détachement par splash (en  $\text{g.m}^{-2}$ )

- $\Lambda$  : distance moyenne de transfert par splash (en m), c-à-d distance radiale moyenne pondérée par la masse déposée





# Plan de la présentation

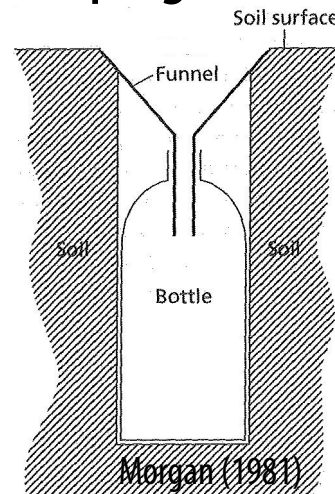
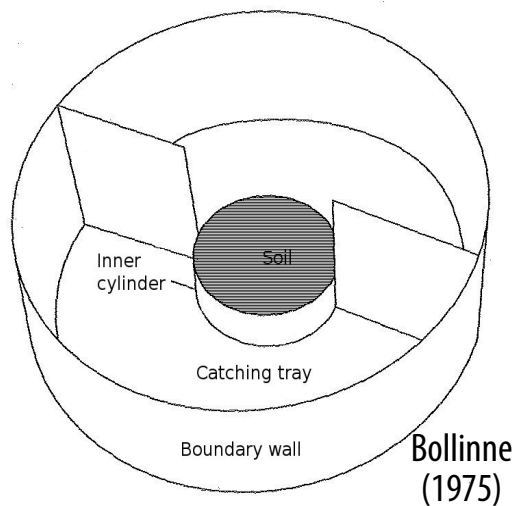
- Présentation du phénomène de splash
- Problématique et objectif du travail : une mesure non biaisée
- Métamodélisation
  - Méthode
  - Premiers résultats
- Questions et conclusion



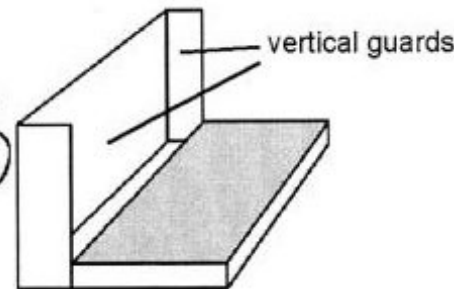
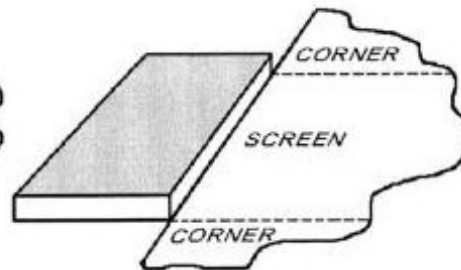
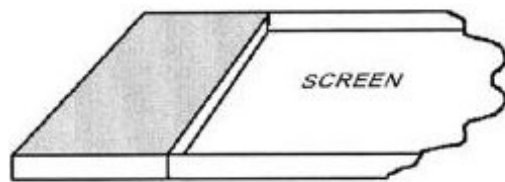
# Une quantification approximative du taux de détachement $\mu$

- Dispositifs de mesure variés

- Coupelles (source ou piège)



- Plateaux



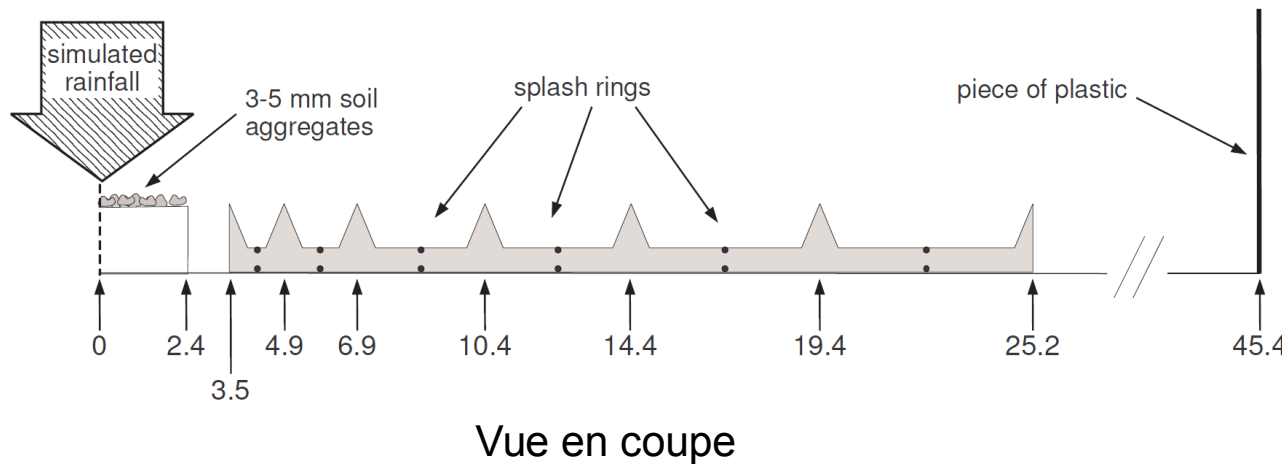
- Biais expérimental

- interactions entre géométrie du dispositif et distribution spatiale des particules splashées
  - distances de transfert  $\Delta$ 
    - cm à dm  $\approx$  dimensions dispositifs
    - variables en fonction de la taille des particules



# Objectif du travail : un « environnement » de mesure non biaisé

- Un dispositif expérimental permettant de caractériser la distribution spatiale du splash



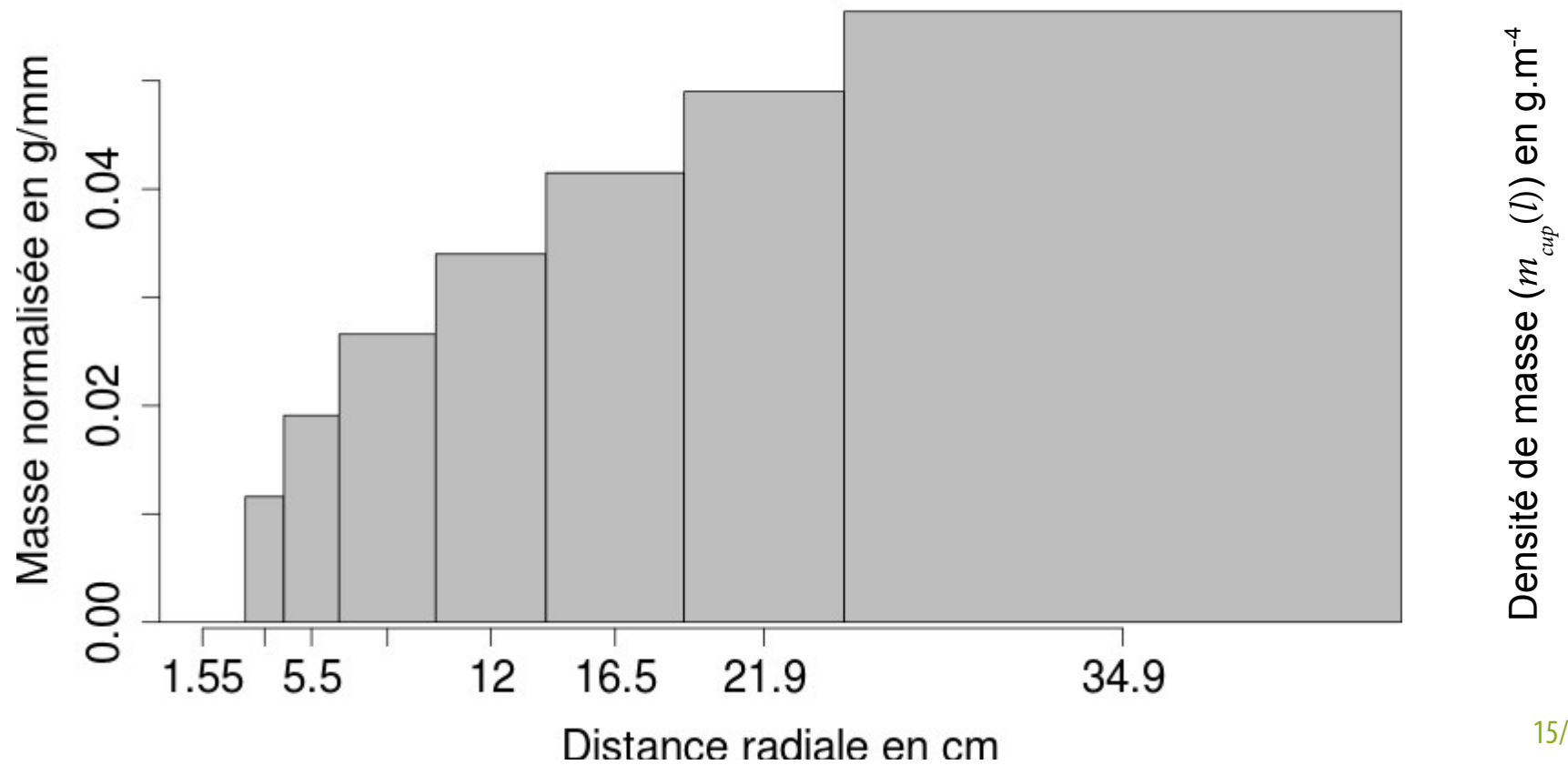
- Un modèle mathématique pour interpréter les données sans biais
  - Intégration spatiale de l'équation ponctuelle de van Dijk *et al.* (2002)
  - Solution approximée proposée en 2004 (Leguédois *et al.*, 2005)
  - Solution plus robuste reste à développer



# Démarche d'interprétation des données

## 1. Traitement des données

- Normalisation des masses par la pluie cumulée

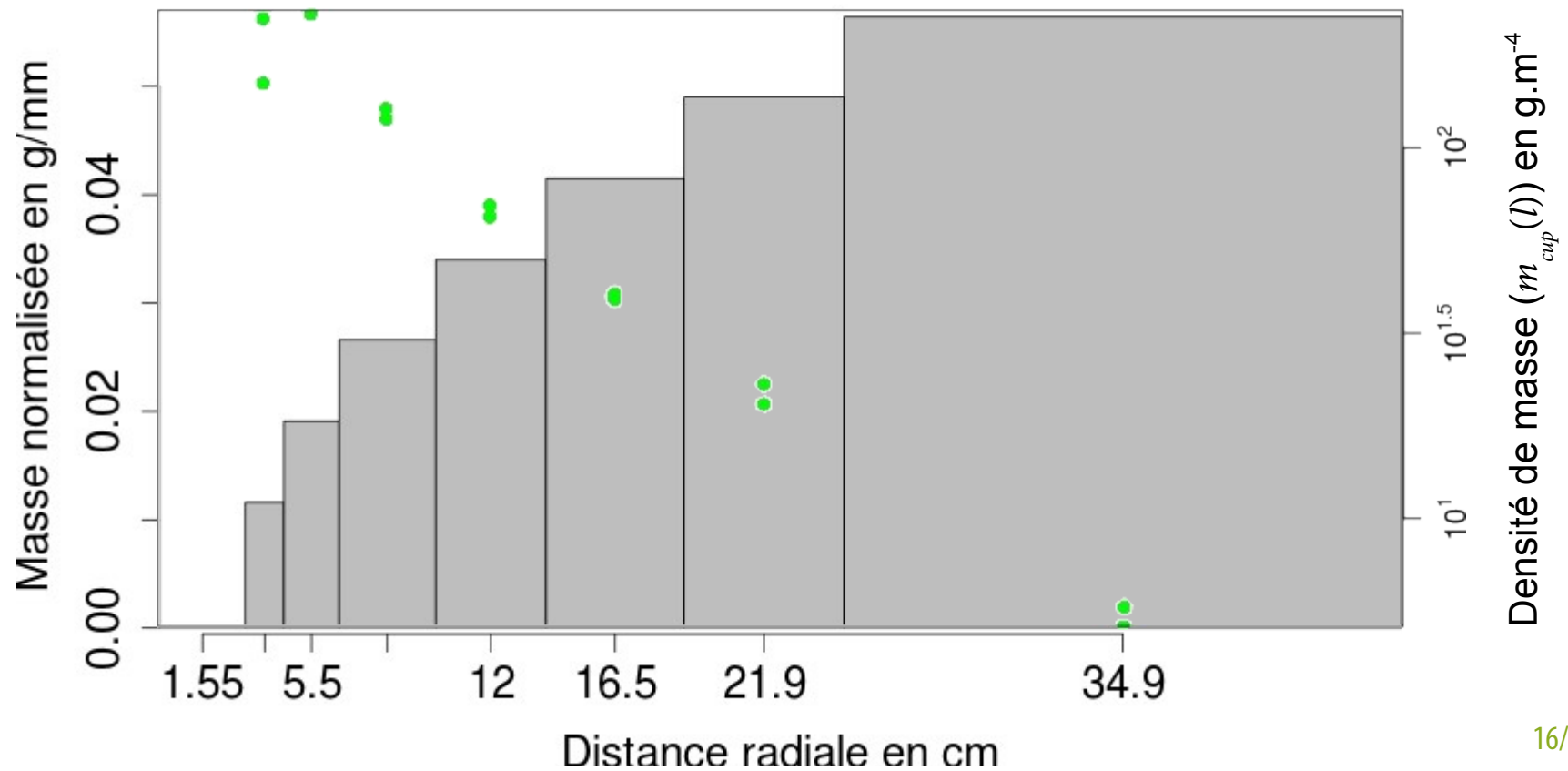




# Démarche d'interprétation des données

## 1. Traitement des données

- Normalisation des masses par la pluie cumulée
- Calcul de la densité de masse recueillie par anneau





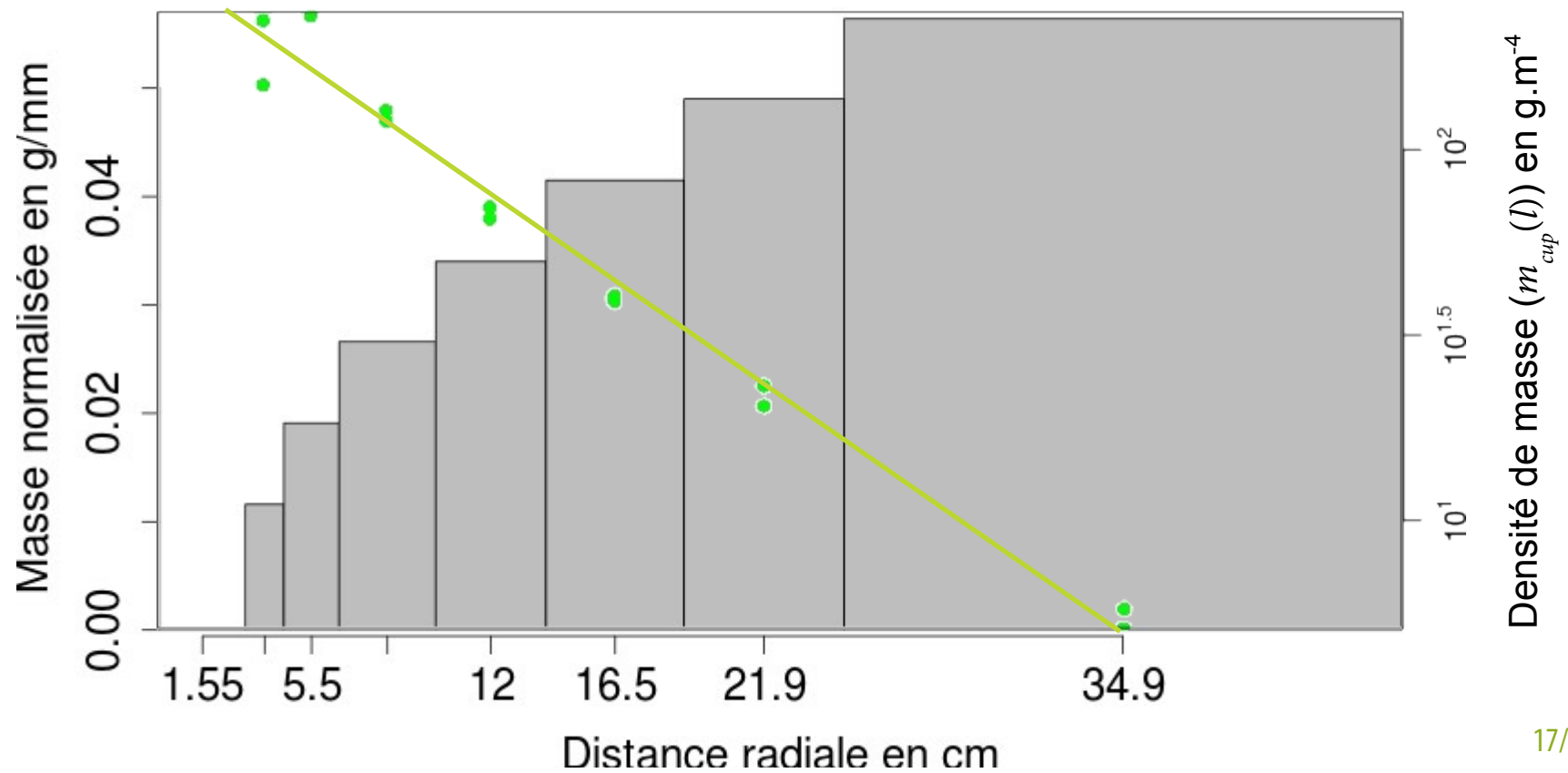
# Démarche d'interprétation des données

## 1. Traitement des données

- Normalisation des masses par la pluie cumulée
- Calcul de la densité de masse recueillie par anneau

## 2. Calibration par ajustement

- Pour forme générale connue du modèle intégré
- Obtention des valeurs de  $\mu$  et  $\Lambda$

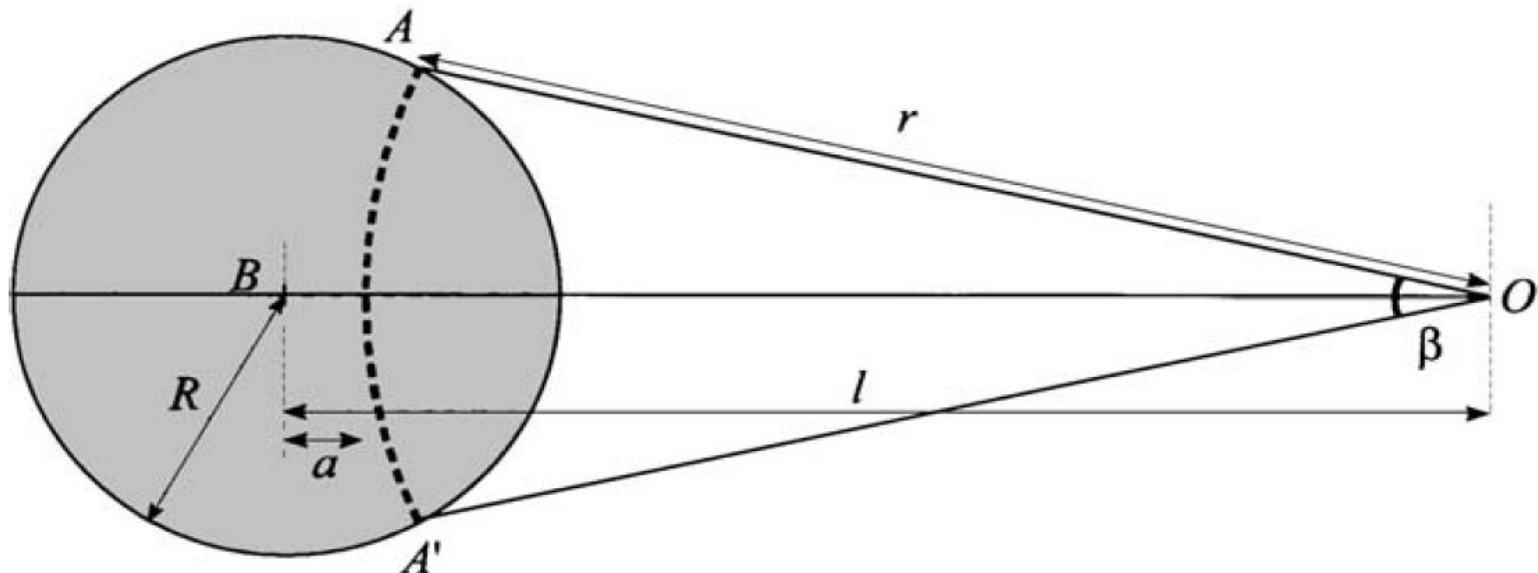




# Intégration spatiale du modèle ponctuel pour notre dispositif expérimental

- Source circulaire de rayon  $R$
- Pas de solution analytique pour cette intégrale
  - → méconnaissance de la forme générale du modèle
- Intégration numérique par partie en découpant la source circulaire en arc  $AA'$  de rayon  $l-a$  de d'angle  $\beta$

$$m_{\text{cup}} = \int_{-R}^R \left\{ \beta(a) \frac{\mu}{\Lambda 2\pi} \exp[-(l-a)/\Lambda] \right\} da$$



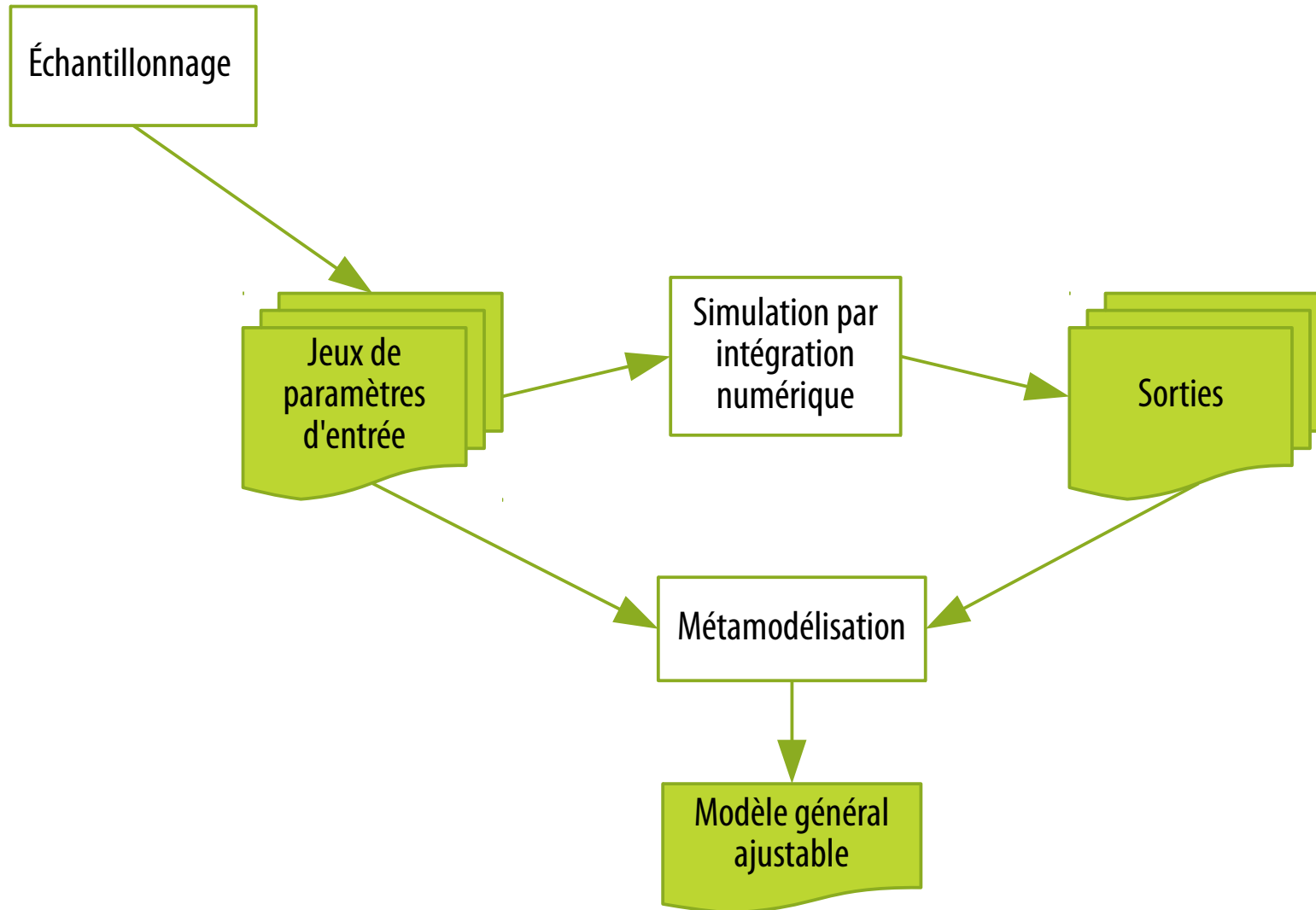


# Plan de la présentation

- Présentation du phénomène de splash
- Problématique et objectif du travail : une mesure non biaisée
- Métamodélisation
  - Méthode
  - Premiers résultats
- Questions et conclusion



# Démarche de métamodélisation





# Échantillonnage de l'espace des paramètres d'entrée

- Réécriture de l'intégrale

- Adimensionnement des longueurs

- Rayon de la source  $R$  exprimée en distance moyenne de transfert par splash  $\Lambda$
    - Distance radiale  $l$  exprimée en fonction du rayon de la source  $R$
    - Longueur  $a$  ( $\leftrightarrow$  rayon de l'arc  $AA'$ ) exprimé en fonction du rayon de la source  $R$

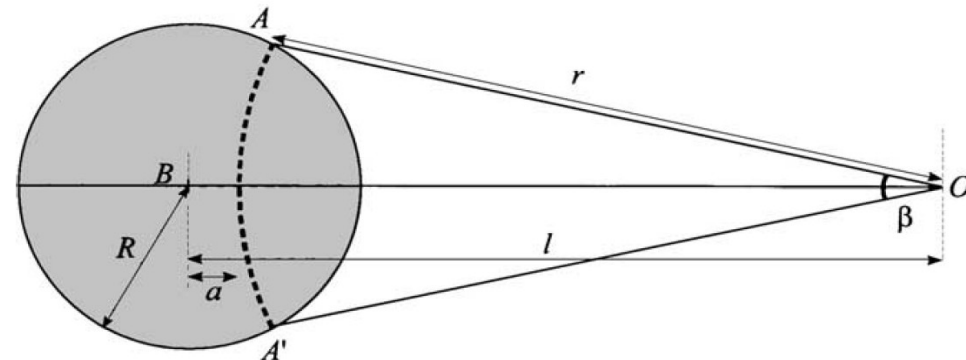
$$\bar{R} = R / \Lambda$$

$$L = l / R$$

$$y = a / R$$

- Cet adimensionnement facilite

- la définition des distributions des paramètres d'entrée
    - le calcul de l'intégrale





# Échantillonnage de l'espace des paramètres d'entrée

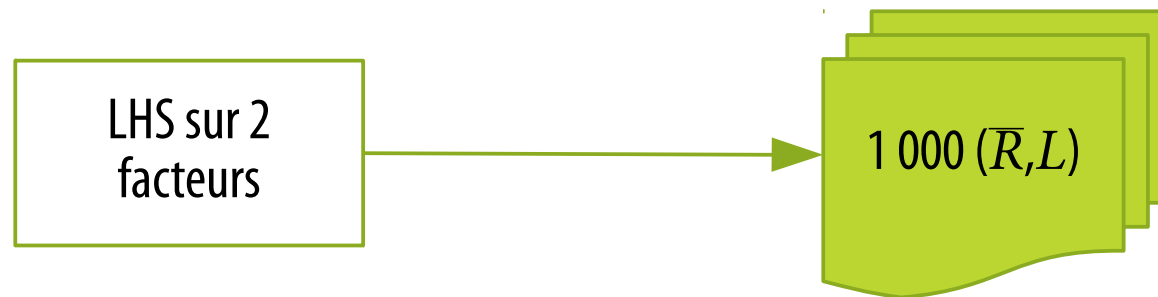
- Identification et distribution des paramètres d'entrée
  - Paramètres de l'intégration
    - $dy$ : le pas  $\rightarrow dy=1/1000$
    - $y$ : le domaine  $\rightarrow y$  varie entre -1 et 1 (de  $-R$  à  $R$ )
  - Paramètres d'entrée s.s.
    - $\mu$ :  $m_{cup}$  est proportionnel à  $\mu$   $\rightarrow$  pas pris en compte dans l'analyse
    - $L$ : distance radiale adimensionnée  $\rightarrow L \sim U[1,20]$ 
      - Par construction  $l > R$  et donc  $L > 1$
      - Possibilité recueillir du matériel splashé à une distance radiale  $l=20R$
    - $\bar{R}$ : rayon de la source adimensionné  $\rightarrow \bar{R} \sim U[0.12,10]$ 
      - $\bar{R} < 0.12$ : source trop petite pour recueillir une masse suffisante ( $R$  trop petit par rapport à  $\Lambda$ )
      - $\bar{R} > 10$ : masse splashée retombe sur la source ( $R$  trop grand par rapport à  $\Lambda$ )

$$m_{cup} = \frac{\mu}{\pi} \int_{-1}^1 \arccos \left\{ \frac{(L-y)^2 + L^2 - 1}{2(L-y)L} \right\} \exp \{ -\bar{R}(L-y) \} dy$$



# Échantillonnage de l'espace des paramètres d'entrée

- Caractéristiques de l'échantillonnage
  - Hypercubes latins
    - Bonne couverture de l'espace des variables d'entrée
  - 1 000 tirages
    - Calcul intégrale rapide





- Calcul numérique de la partie variable de l'intégrale *Betaexp*
  - Intégration par partie

*Betaexp*

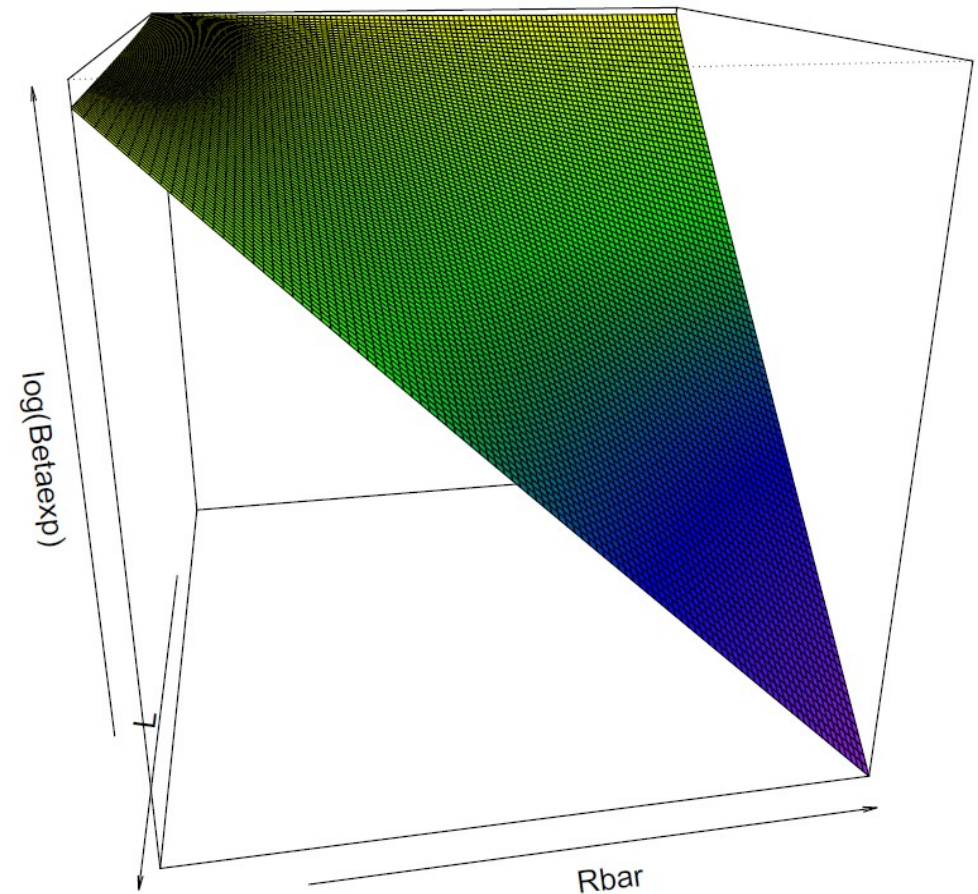
$$m_{\text{cup}} = \frac{\mu}{\pi} \int_{-1}^1 \arccos \left\{ \frac{(L-y)^2 + L^2 - 1}{2(L-y)L} \right\} \exp \{ -\bar{R}(L-y) \} dy$$





# Métamodélisation

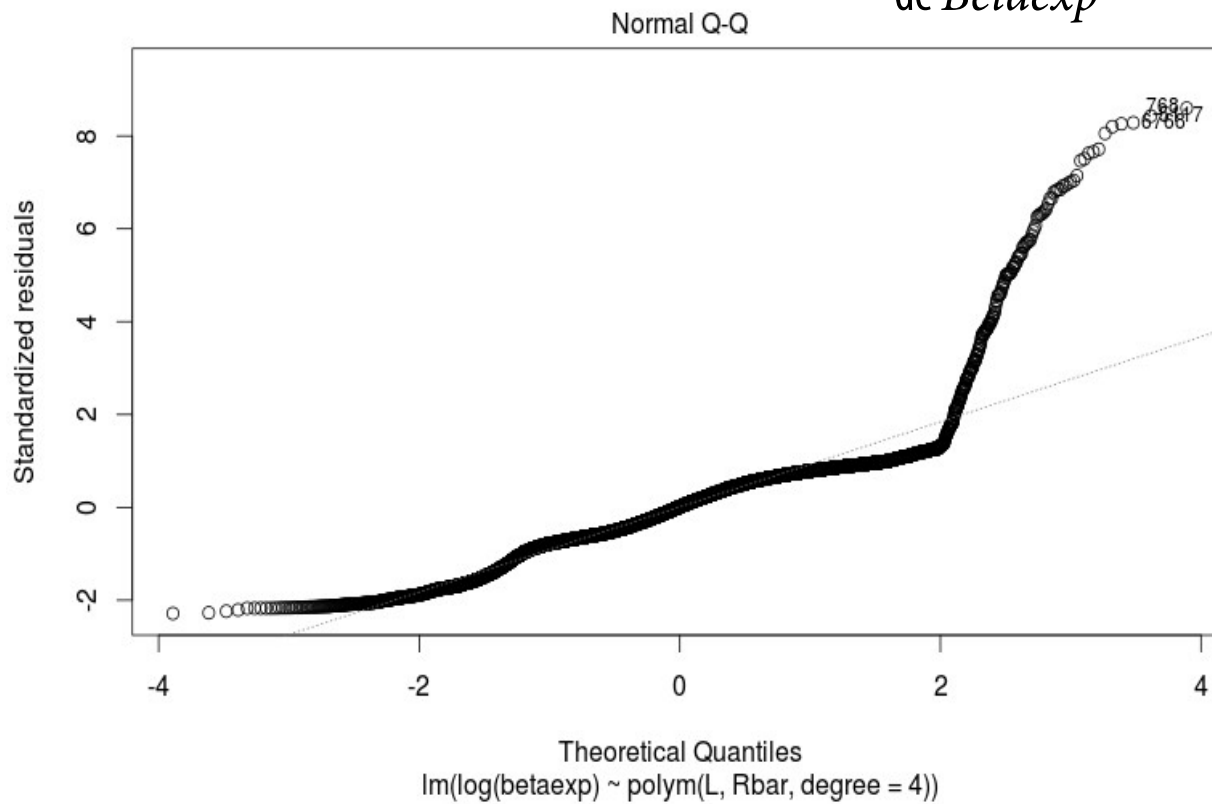
- Forme générale de la surface à modéliser
  - Belle surface qui semble facile à représenter
  - Transformation logarithmique de  $Beta_{exp}$
- Pour un dispositif expérimental générique
  - Pour un dispositif expérimental donné
    - $R$  connu et fixé
    - Plusieurs  $l$  connus et fixés





# Métamodélisation : premiers essais en régression

- Formes testées :
  - Polynômes ( $\text{polym}$ ) de degré 4 :
  - Régressions multiples avec interactions
  - Variables simples ou inversées ( $1/L$  et  $1/\bar{R}$ )
- Résultats pour les deux types de modèles :
  - Forte variance expliquée :  $R^2 > 0.99$
  - Mais structuration des résidus
    - → erreurs importantes pour les fortes valeurs de  $Beta_{exp}$





# Questions sur la métamodélisation

- Lien entre  $L$  et  $\bar{R}$  et effet sur la régression ?

$$L = l/R \qquad \bar{R} = R/\Lambda$$

- Stratégie pour finaliser
  - Se contenter d'un métamodèle bon dans certaines régions ?
    - Définir ces régions
      - Pour des  $L$  et  $\bar{R}$  petits : métamodèle moins bon
      - D'un point vue expérimental, pas d'ajustement
        - pour des distances radiales trop proches de la source de la source
        - pour des distances de transfert par splash trop grandes au regard de la taille de la source
    - Seuil pour définir « bon » métamodèle ? Associer des erreurs ?
  - Chercher le métamodèle idéal ?



# Conclusion

- De l'intérêt de la réécriture du modèle et de l'adimensionnement
  - Simplification de l'expression des distributions des paramètres d'entrée
  - Forme générale de la surface à décrire plus simple
  - Simplification du calcul de l'intégrale
- De la frustration de ne pas être capable de donner une équation pour une surface qui paraît pourtant si simple à modéliser

