

10 juin 2016

*Journée Technique*

*Avancées, apports et perspectives de la télédétection  
pour la caractérisation physique des corridors fluviaux*

## Utilisation d'images drone pour caractériser le mosaïque sédimentaire d'une rivière en tresses (Vénéon, massif des Ecrins)

Daniel Vázquez Tarrío, Laurent Borgniet, Frédéric Liebault,  
Alain Recking, JR Malavoï, Remi Loire



# Introduction (I)

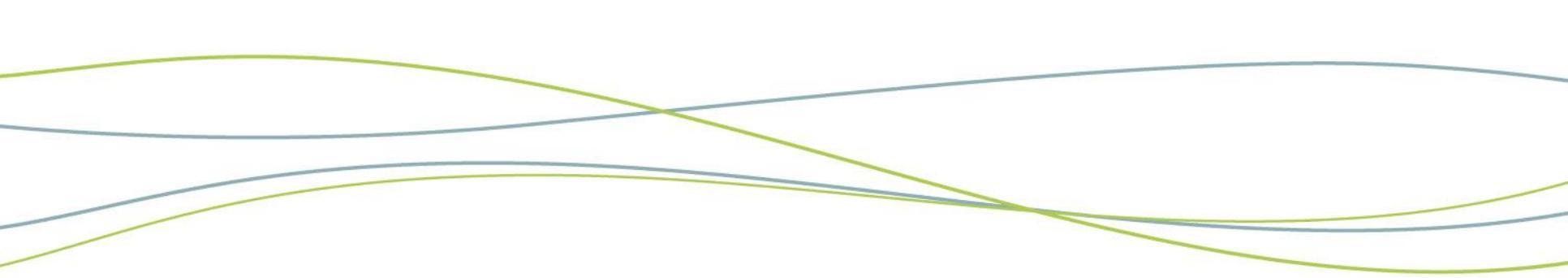
- La texture **granulométrique** est une composante physique majeure des corridors fluviaux → **rugosité** du lit et **résistance** à l'écoulement (contrainte hydraulique et **charriage**)
- Les **méthodes traditionnelles d'échantillonnage** granulométrique de surface : méthode **Wolman**, **photosieving** → échelle du « **patch** » (petites surfaces) ou mesure intégrée à l'échelle du tronçon ou du banc (transects)
- La géomorphologie fluviale attend une méthode rapide, continue et objective

## Introduction (II)

- Le développement récent des **nouvelles technologies** (**LIDAR** aérien et **terrestre**, photogrammétrie digitale et **SfM** *Structure-from-Motion*)  
→ un champ d'application considérable s'est ouvert
- Quelques travaux montrent des **corrélations fortes** entre la **granulométrie du lit** et la **rugosité** des nuages de points **TLS** (Heritage and Milan, 2009; Brasington et al., 2012) → coût, complexité
- **l'analyse digitale de l'imagerie aérienne haute résolution**: rapports entre texture et granulométrie (Carbonneau et al., 2005; Verdu et al., 2007; Lejot, 2007)

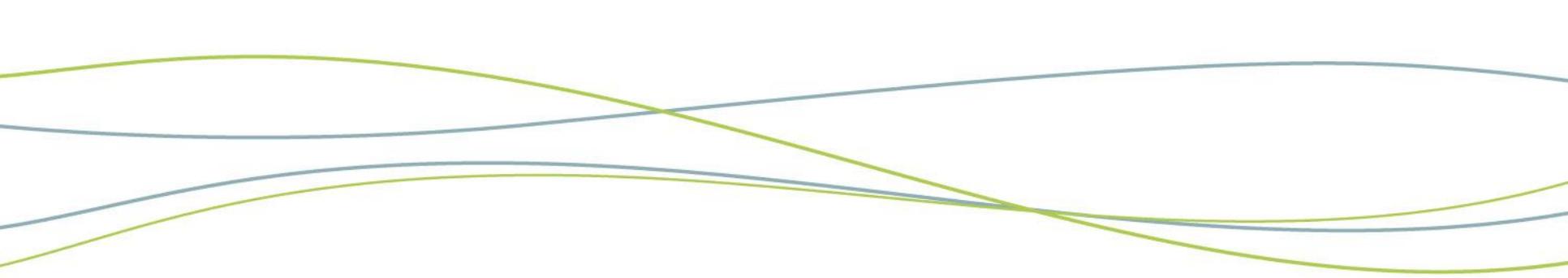
## Introduction (III)

- Dans ce travail: **images drone** et photogrammétrie **SfM** pour reconstituer **la texture granulométrique**
- La généralisation récente des **drones** et le développement de **logiciels SfM** facilement accessibles → énormes possibilités pour la caractérisation des corridors fluviaux (Westoby et al., 2012; Smith et al., 2016)
- Caractérisation fine de la **topographie du corridor fluvial** ( James and Robson, 2012; Fonstad et al. 2013), des changements morphologiques (Javernick et al., 2014) et de la bathymétrie de chenaux en basses eaux (Woodget et al., 2013)



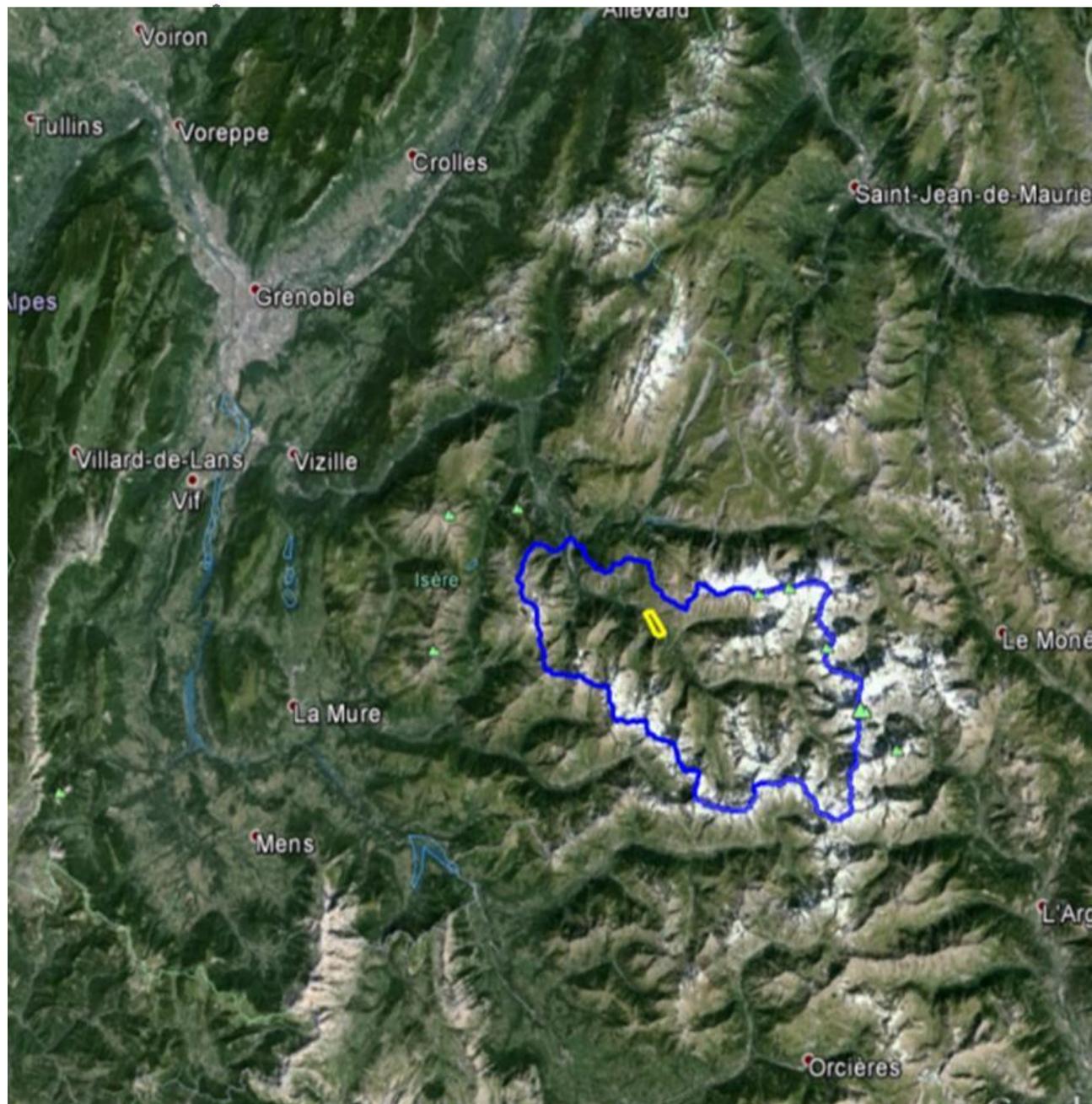
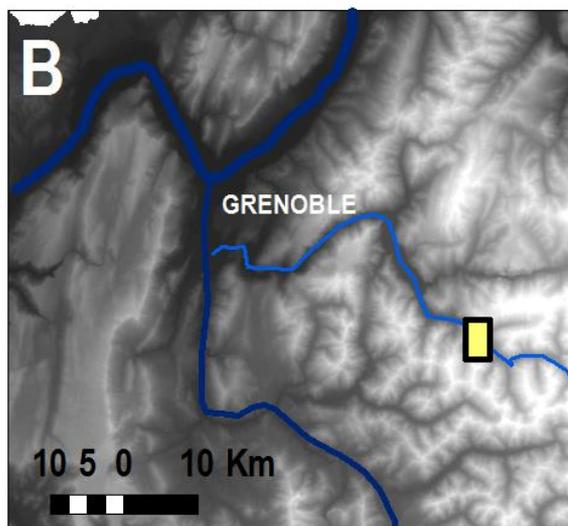
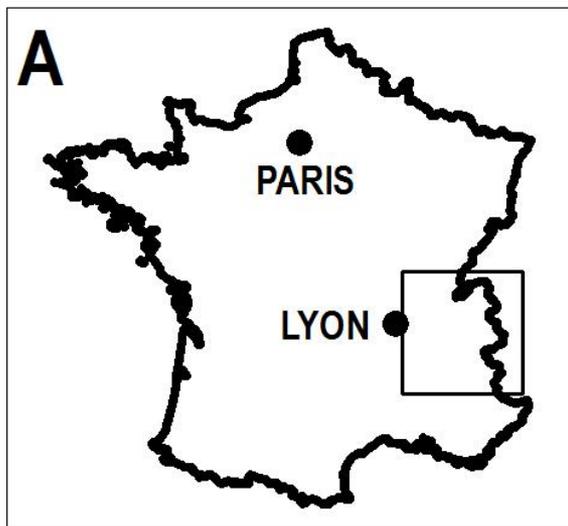
## Objectifs

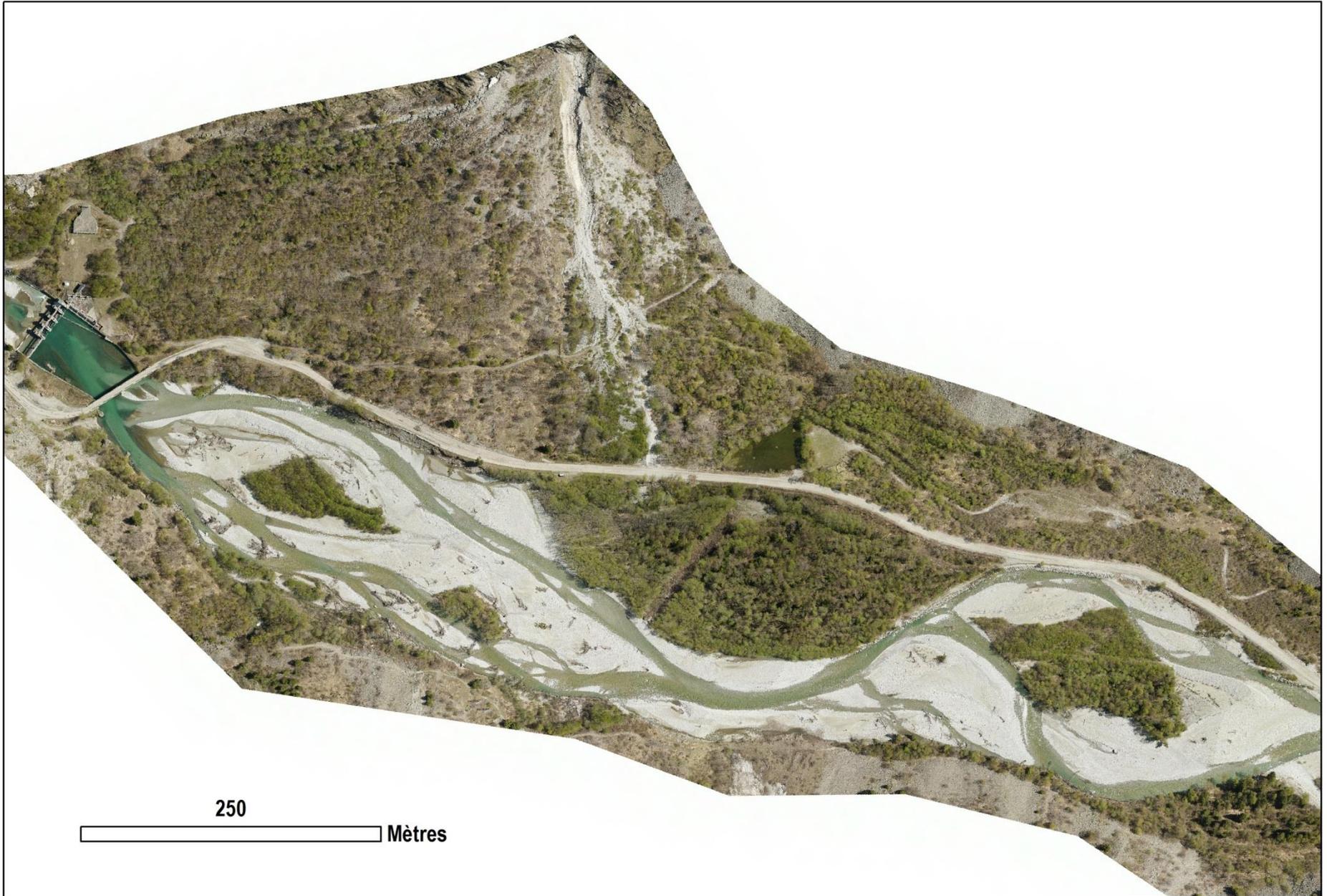
- **Tester** l'utilisation de la **photogrammétrie SfM et imagerie drone** pour caractériser la texture granulométrique de surface → Production automatique et rapide de **cartes granulométriques**
  - Proposer un **protocole simple** pour extraire la granulométrie de surface à partir de l'imagerie haute résolution
- 



## Site d'étude

- Le lit en tresses du Vénéon au Plan du Lac (Vénosc, massif des Ecrins)
- 





250

Mètres

## Site d'étude

- Le lit en tresses du Vénéon au Plan du Lac (Vénosc, massif des Ecrins)
- Granulométrie grossière ( $D_{50} \sim 40\text{-}50$  mm) avec de nombreux patches de sable en surface

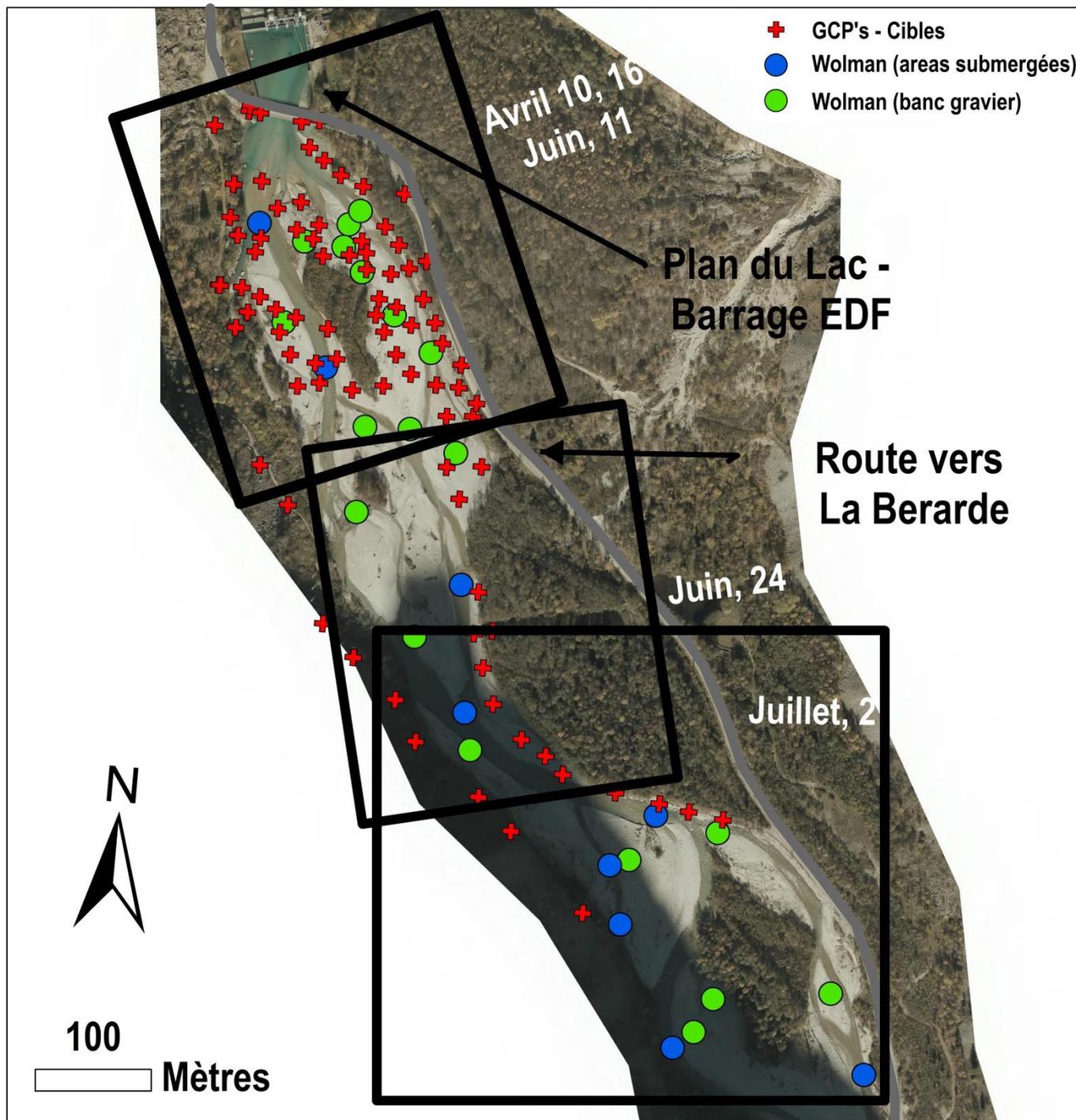


## Site d'étude

- Le lit en tresses du Vénéon au Plan du Lac (Vénosc, massif des Ecrins)
- Granulométrie grossière ( $D_{50} \sim 40\text{-}50$  mm) avec de nombreux patches de sable en surface
- Deux questions: **granulométrie de la fraction grossière?**  
**extension superficielle des « patches » de sable?**

# Méthodes

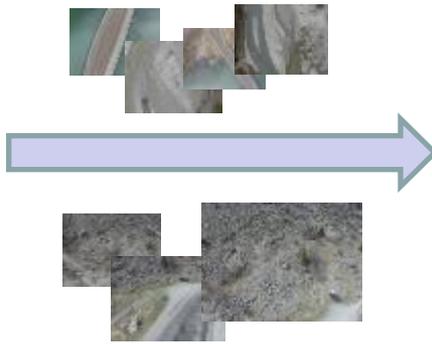
- **5 vols drone** → 10, 16 Avril, 11 Juin, 24 Juin, 2 Juillet 2015
- **appareil photo GoPro** (Hero Silver 3+) embarqué sur un drone quadricoptère
- Hauteur de vol **30 m**
- Utilisation de **cibles** pour les **points du contrôle au sol** (GCPs), géoréférencement au **GPS différentiel en mode RTK**
- **campagnes d'échantillonnage granulométrique**  
→ **30 comptages Wolman (n=100)** sur le tronçon d'étude



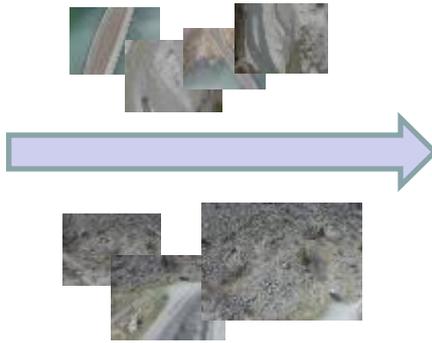
# Méthodes

- **5 vols drone** → 10, 16 Avril, 11 Juin, 24 Juin, 2 Juillet 2015
- **appareil photo GoPro** (Hero Silver 3+) embarqué sur un drone quadricoptère
- Hauteur de vol **30 m**
- Utilisation de **cibles** pour les **points du contrôle au sol** (GCPs), géoréférencement au **GPS différentiel en mode RTK**
- **campagnes d'échantillonnage granulométrique**  
→ **30 comptages Wolman (n=100)** sur le tronçon d'étude

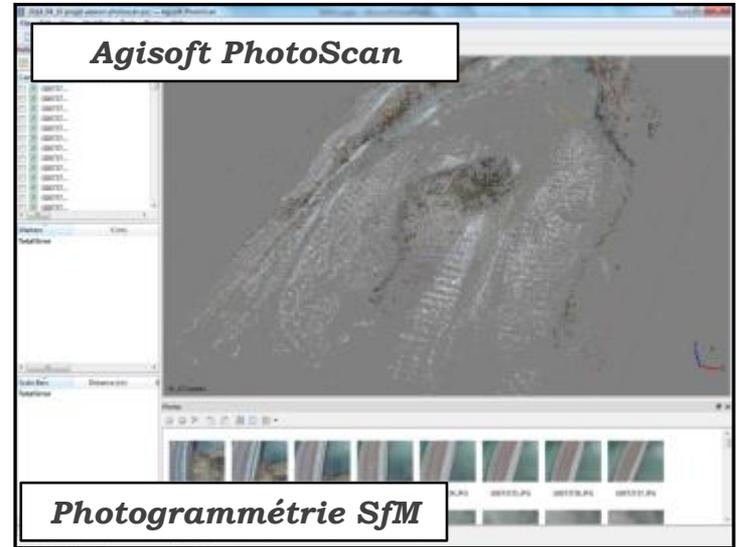




*Images aériennes*

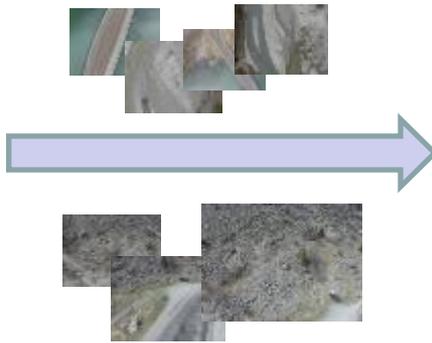


*Images aériennes*

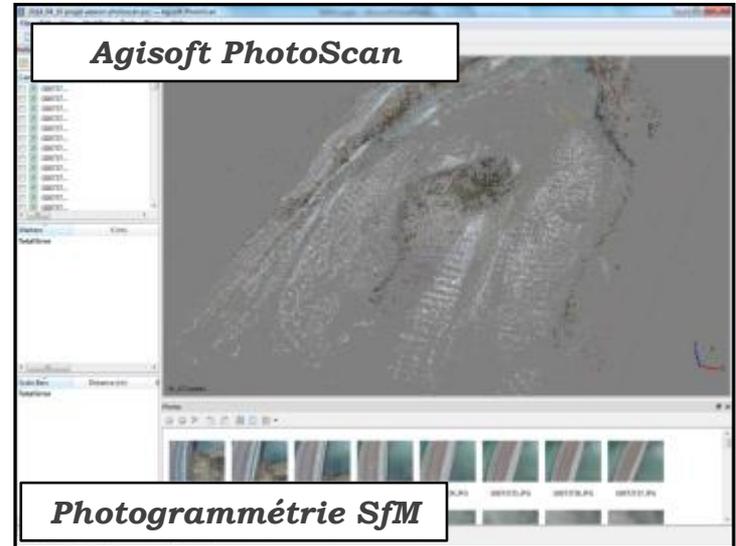


**Agisoft PhotoScan**

**Photogrammétrie SfM**

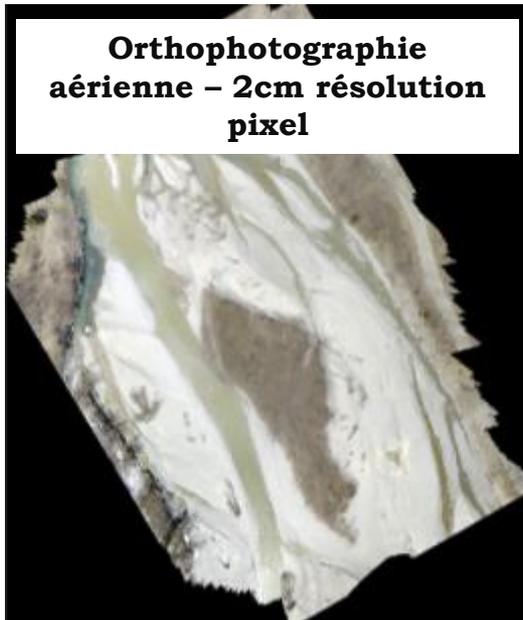


*Images aériennes*

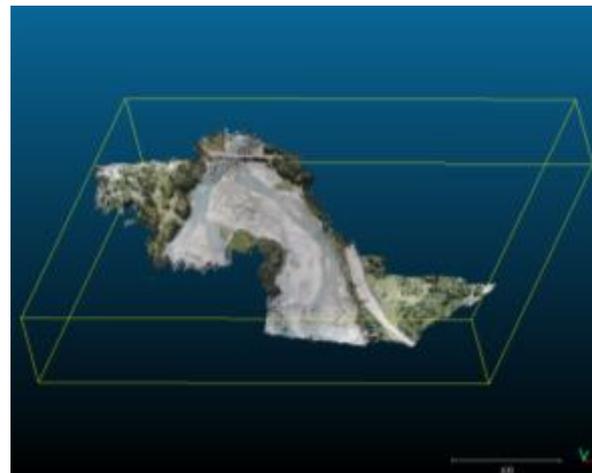


**Agisoft PhotoScan**

**Photogrammétrie SfM**



**Orthophotographie  
aérienne – 2cm résolution  
pixel**

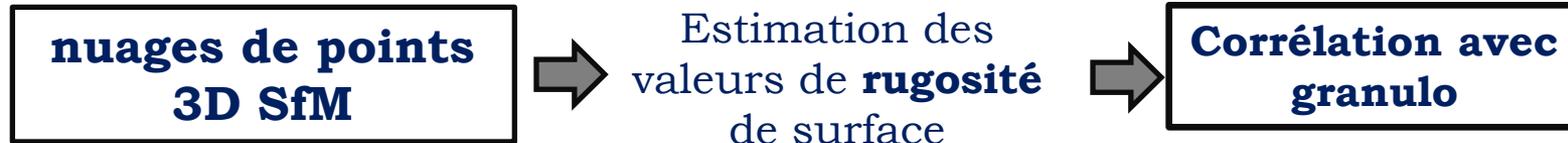


**Nuages de points 3D de haute  
densité : 40-900 pts/m<sup>2</sup>**

**Deux types  
de données  
de sortie**

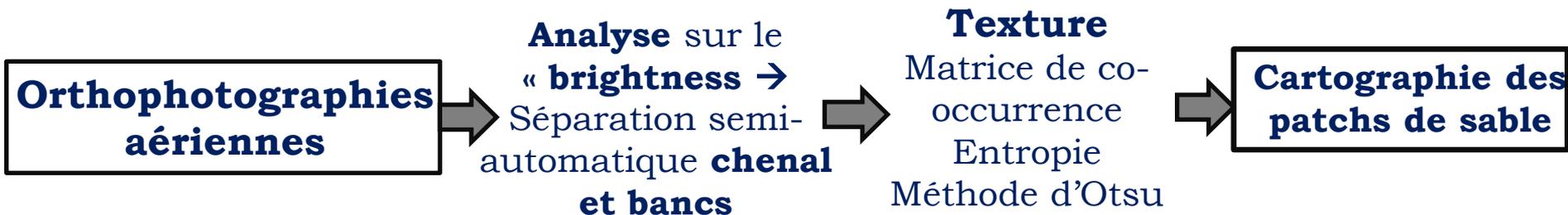
## Granulométrie de la *fraction grossière*

### CloudCompare



## Extension superficielle des « *patches* » de sable

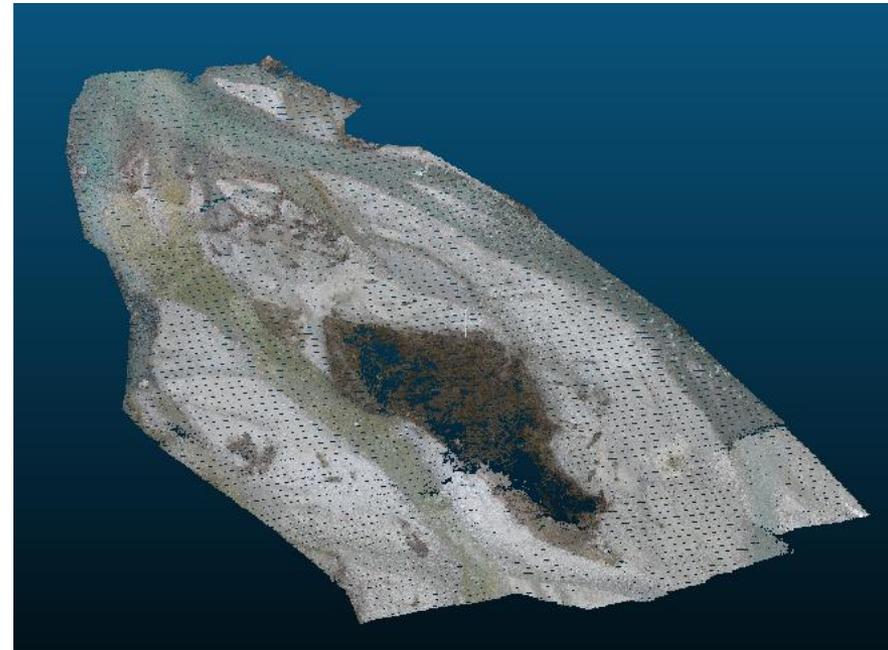
### eCognition



Carbonneau et al. (2005)

## Résultats (I)

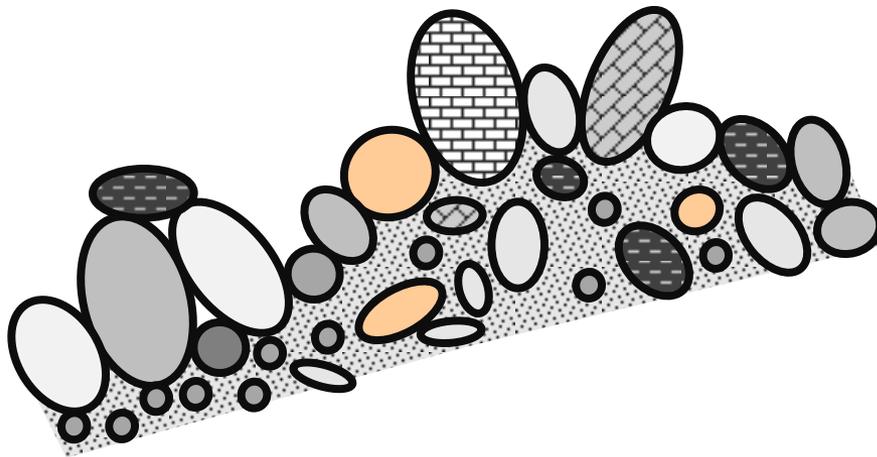
- On a obtenu des nuages de points 3D de **forte densité**: 40-900 pts/m<sup>2</sup>.
- Précision/Erreurs:
  - ✓ **Surfaces plates**: 0,7 cm
  - ✓ Surface des **bancs**: 1,0 -1,5 cm
  - ✓ Altimétrique - dGPS: 5,3 cm
  - ✓ Alignement: 12 cm
  - ✓ Planimétrique: 8 -10 cm



*Par rapport a l'estimation de la rugosité...*

Test de **3 métriques de rugosité**: deux fois l'écart-type, l'écart-type des résidus et altitude résiduelle

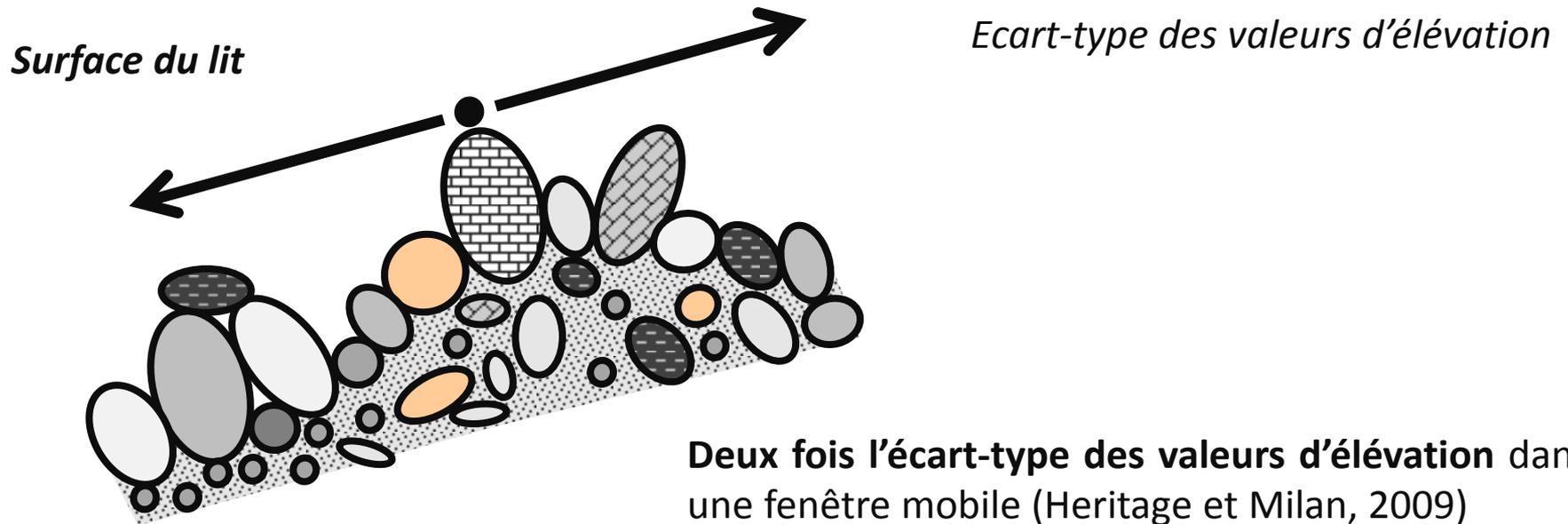
*Surface du lit*



*Ecart-type des valeurs d'élévation*

*Par rapport à l'estimation de la rugosité...*

Test de **3 métriques de rugosité**: deux fois l'écart-type, l'écart-type des résidus et altitude résiduelle



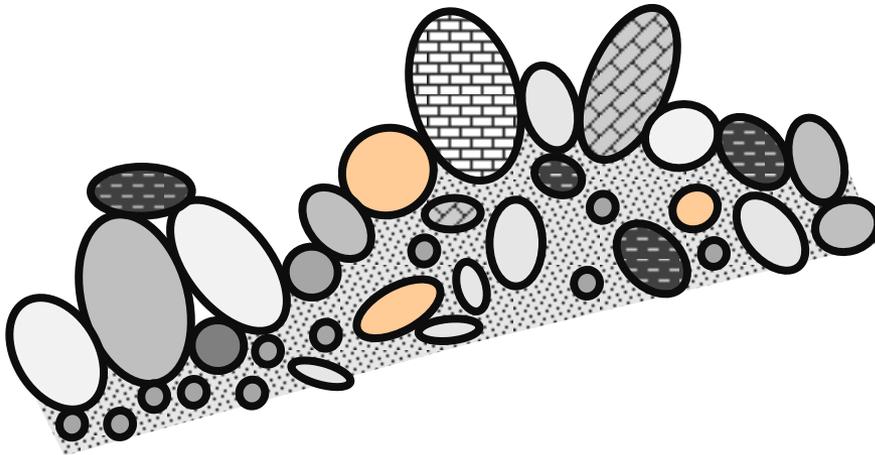
*Première méthode*

*Par rapport a l'estimation de la rugosité...*

Test de **3 métriques de rugosité**: deux fois l'écart-type, l'écart-type des résidus et altitude résiduelle

*Surface du lit*

*Ecart-type des résidus*



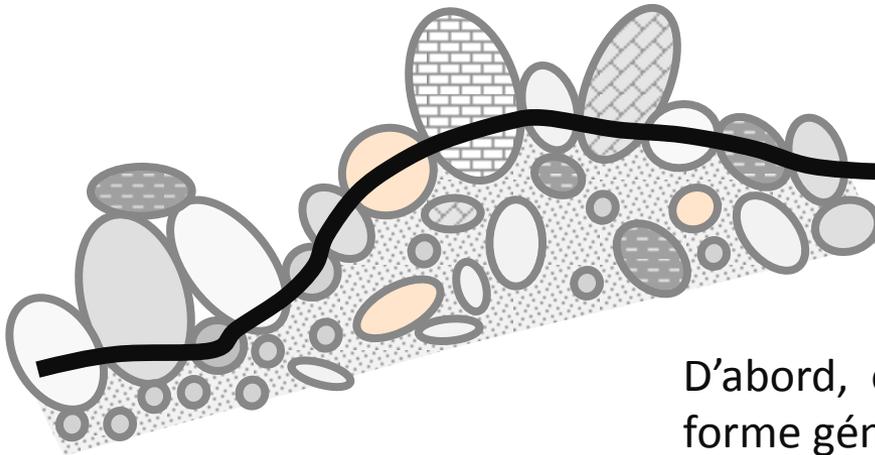
*Deuxième méthode*

*Par rapport a l'estimation de la rugosité...*

Test de **3 métriques de rugosité**: deux fois l'écart-type, l'écart-type des résidus et altitude résiduelle

*Surface du lit*

*Ecart-type des résidus*



D'abord, on ajuste une surface qui représente la forme générale de la surface du lit...

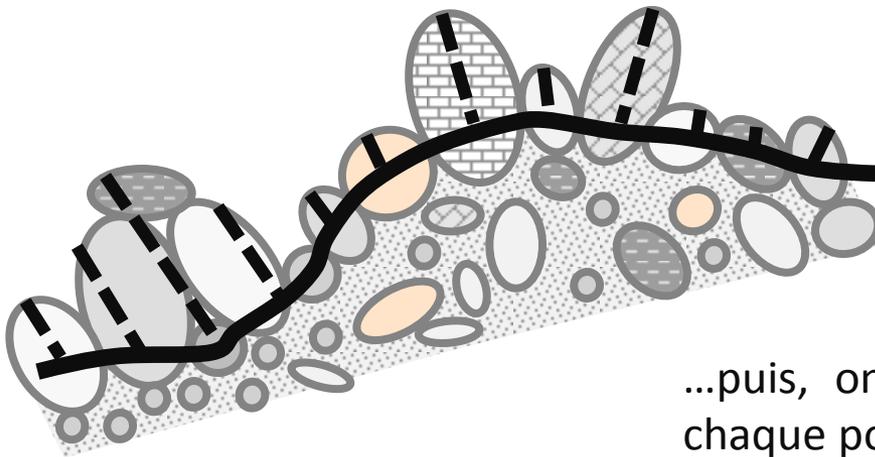
*Deuxième méthode*

*Par rapport a l'estimation de la rugosité...*

Test de **3 métriques de rugosité**: deux fois l'écart-type, l'écart-type des résidus et altitude résiduelle

*Surface du lit*

*Ecart-type des résidus*

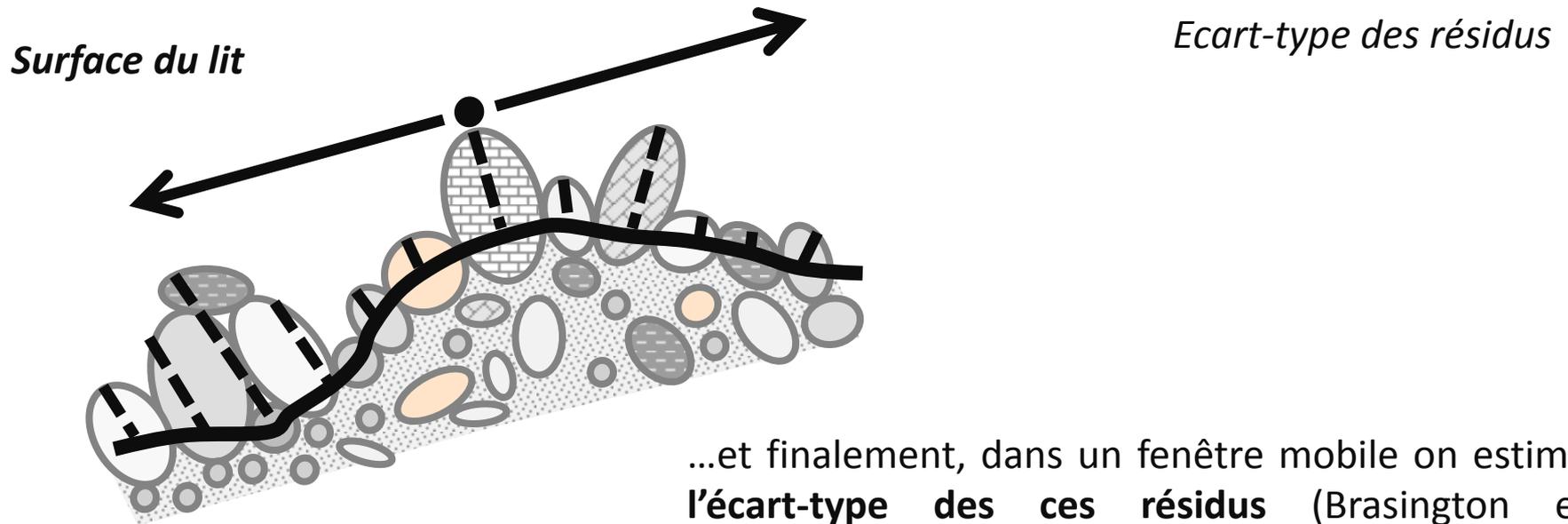


...puis, on estime la différence d'élévation entre chaque point et la surface ajusté...

*Deuxième méthode*

*Par rapport à l'estimation de la rugosité...*

Test de **3 métriques de rugosité**: deux fois l'écart-type, l'écart-type des résidus et altitude résiduelle



...et finalement, dans un fenêtre mobile on estime **l'écart-type des ces résidus** (Brasington et Montgomery, 2012).

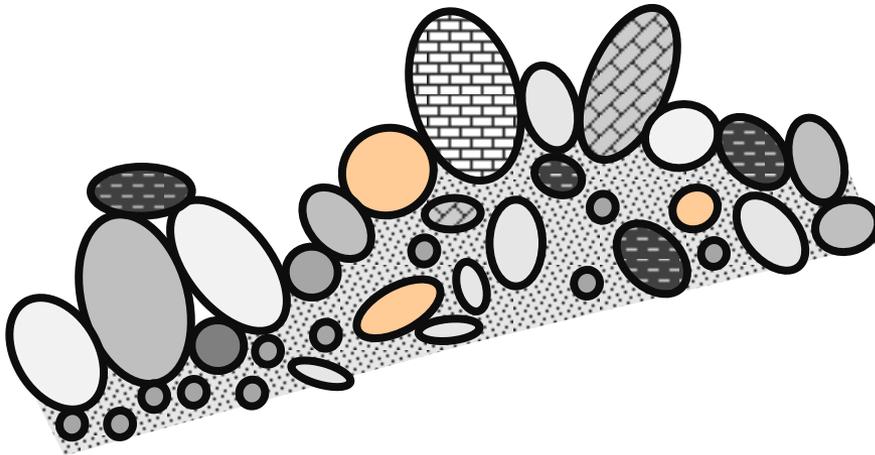
*Deuxième méthode*

*Par rapport a l'estimation de la rugosité...*

Test de **3 métriques de rugosité**: deux fois l'écart-type, l'écart-type des résidus et altitude résiduelle

*Surface du lit*

*Altitude résiduelle*

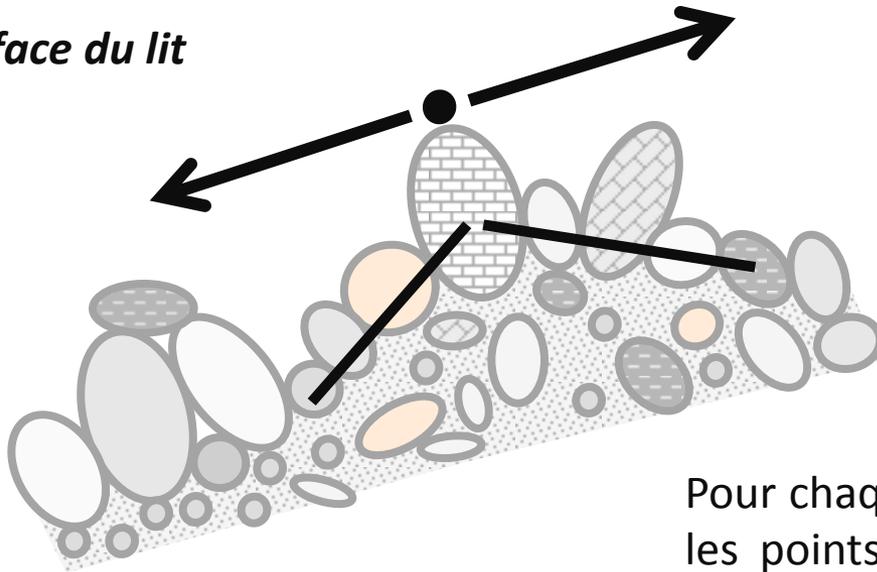


*Troisième méthode*

*Par rapport à l'estimation de la rugosité...*

Test de **3 métriques de rugosité**: deux fois l'écart-type, l'écart-type des résidus et altitude résiduelle

*Surface du lit*



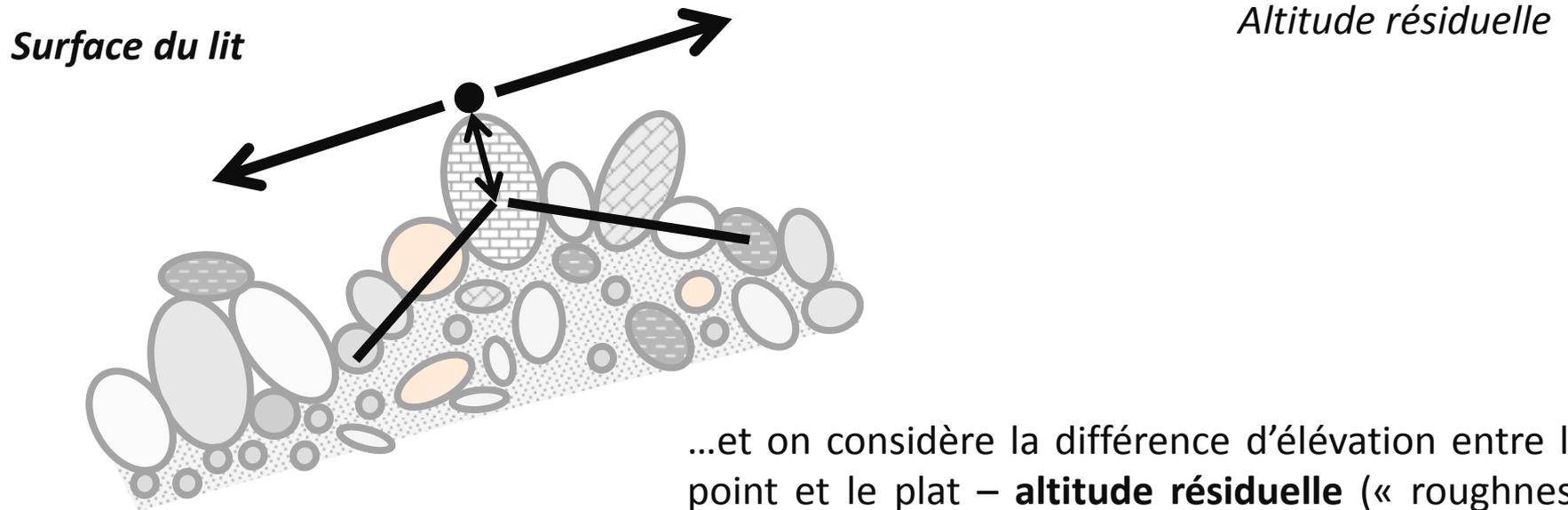
*Altitude résiduelle*

Pour chaque point de la nuage de points, on utilise les points voisines dans une fenêtre mobile pour ajuster un plat...

*Troisième méthode*

*Par rapport à l'estimation de la rugosité...*

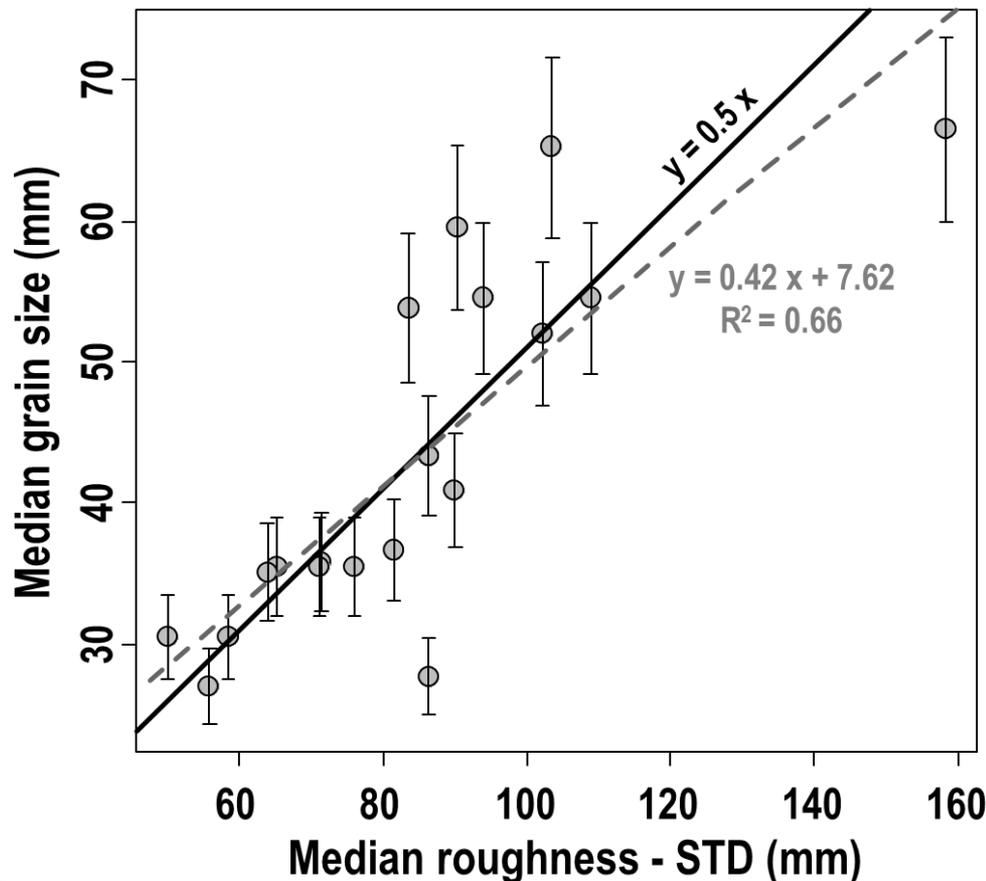
Test de **3 métriques de rugosité**: deux fois l'écart-type, l'écart-type des résidus et altitude résiduelle



...et on considère la différence d'élévation entre le point et le plat – **altitude résiduelle** (« roughness heights » - Gomez, 1993; Woodget, 2015).

*Troisième méthode*

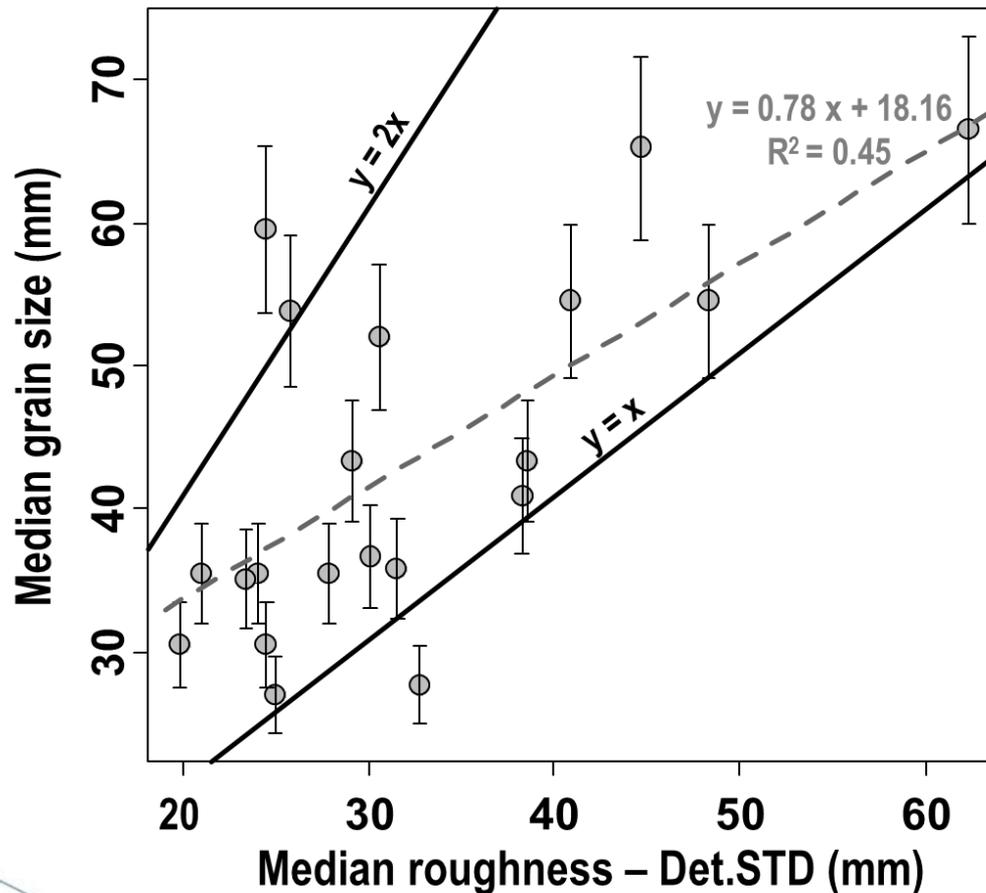
## Résultats (II)



*Ecart-type des valeurs d'élévation*

- **Corrélation significative** ( $R^2 = 0,66$ ;  $p < 0,05$ ) entre les valeurs de rugosité estimées et le  $D_{50}$
- **Validation** jackknife du modèle:  
E. Moyenne = 0,5mm  
Ecart-type = +/- 8,3 mm

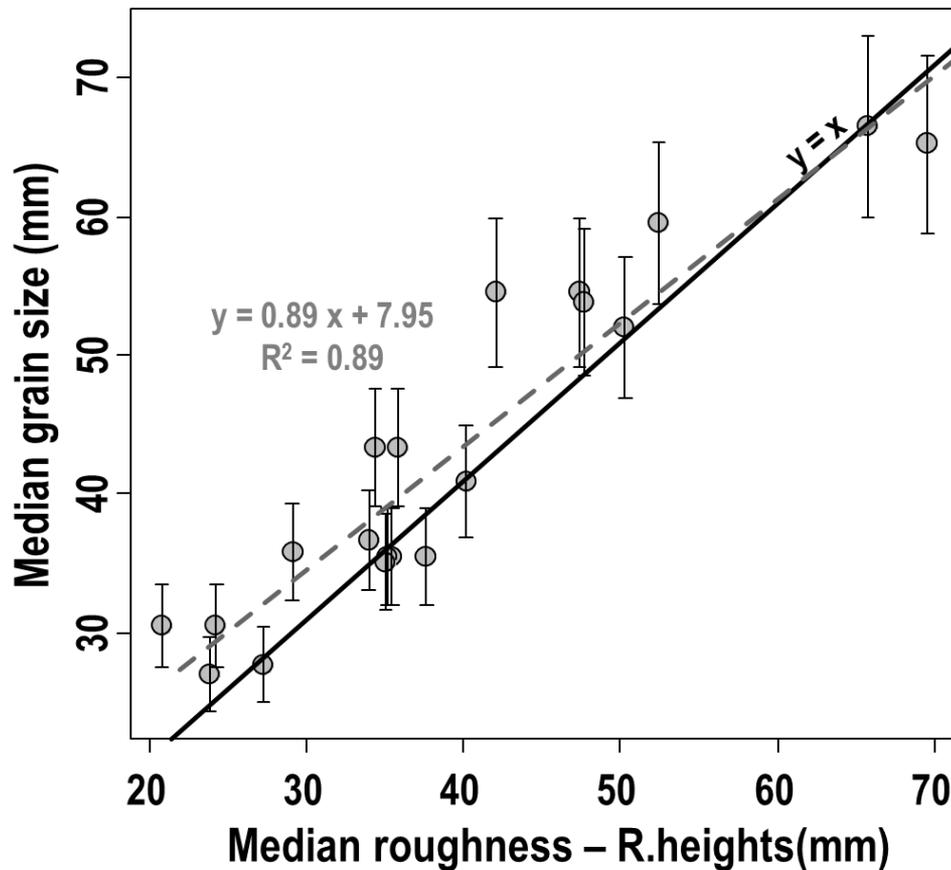
## Résultats (II)



*Ecart-type des résidus*

- **Corrélation** ( $R^2 = 0,45$ ;  $p$ -value  $< 0,05$ ) entre les valeurs de rugosité estimées et le  $D_{50}$ .
- **Validation** jackknife du modèle:  
E. Moyenne  $< -0,1$ mm  
Ecart-type =  $\pm 10,0$  mm

## Résultats (II)



*Altitude résiduelle*

- **Forte corrélation** ( $R^2 = 0,89$ ; p-value < 0,05) entre les valeurs de rugosité estimées et le  $D_{50}$ .
- **Validation** jackknife du modèle:  
E. Moyenne < 0,1mm  
Ecart-type = +/- 4,5 mm

Par rapport aux *patches* de sédiment fin...

## eCognition

**Orthophotographies  
aériennes**



**Analyse** sur le  
« **brightness** » →  
Séparation semi-  
automatique **chenal**  
**et bancs**

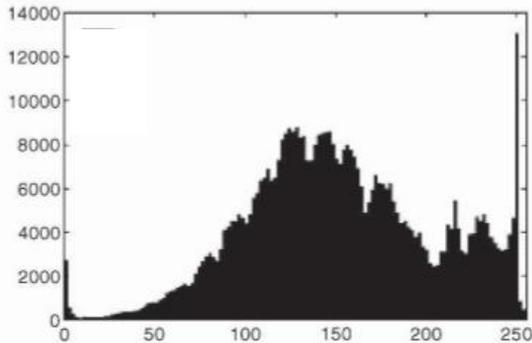


**Texture**  
Matrice de co-  
occurrence  
Entropie  
Méthode d'Otsu



**Cartographie des  
patches de sable**

*Carbonneau et al. (2005)*



« Raw » image

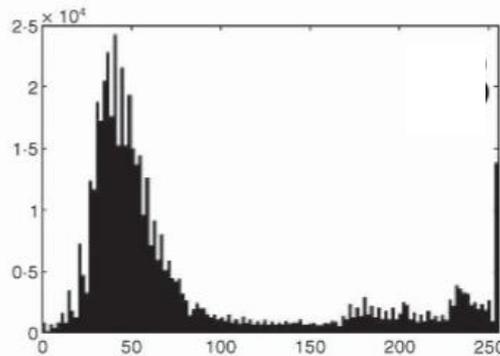
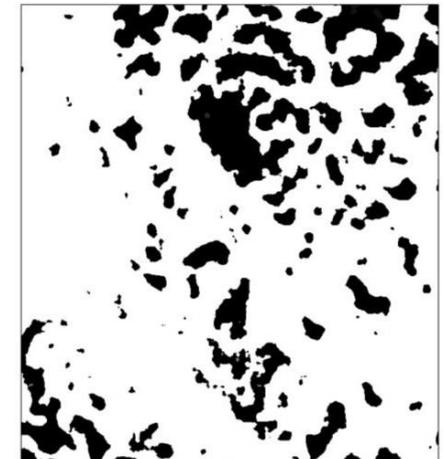
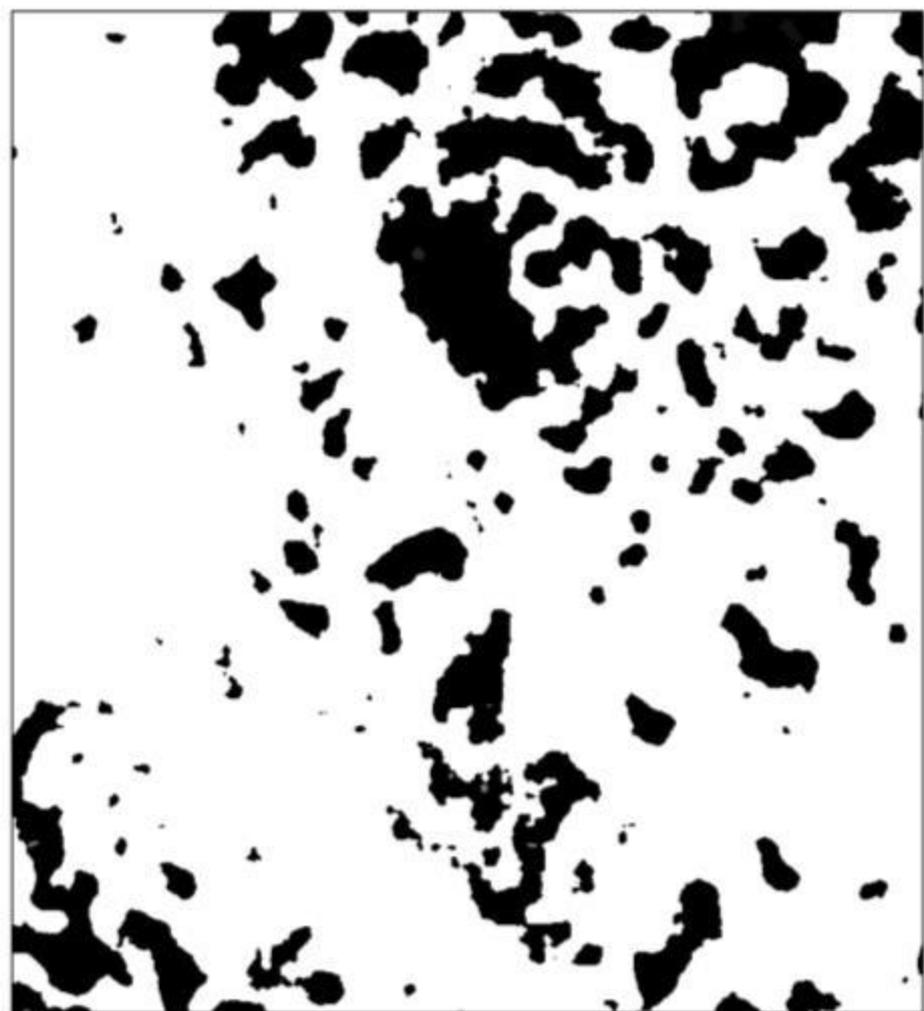
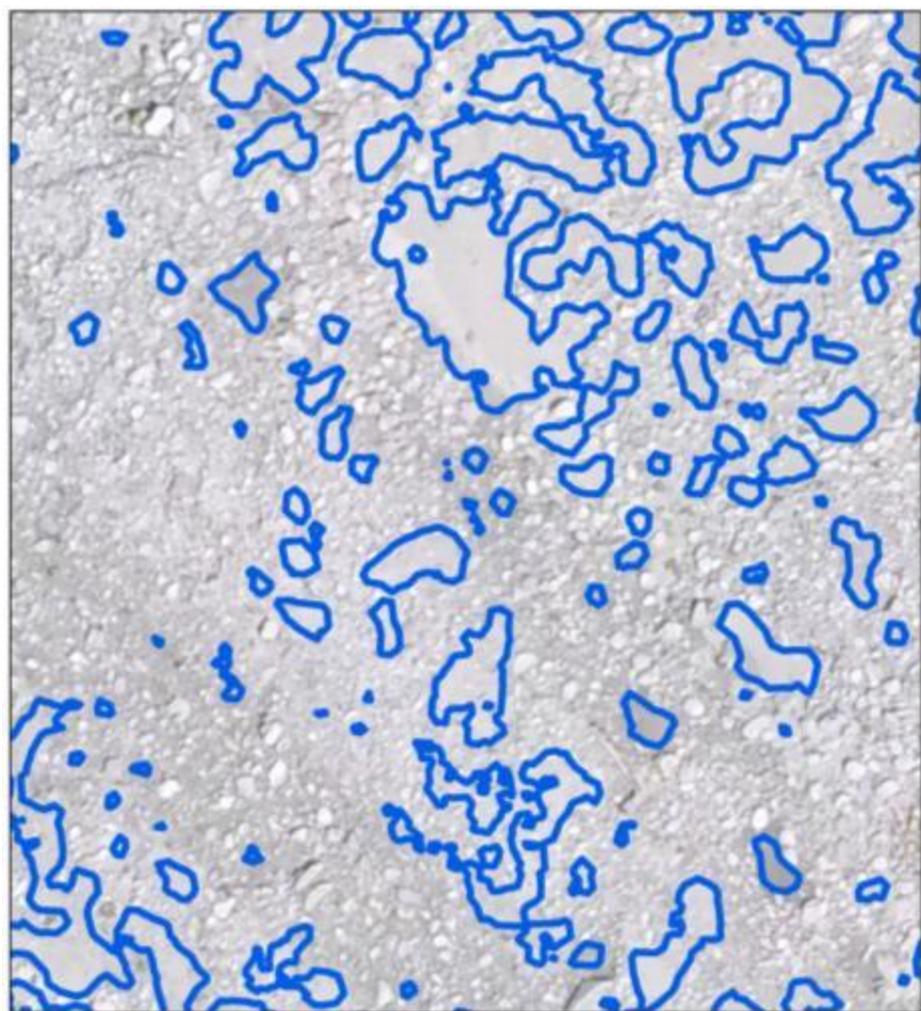


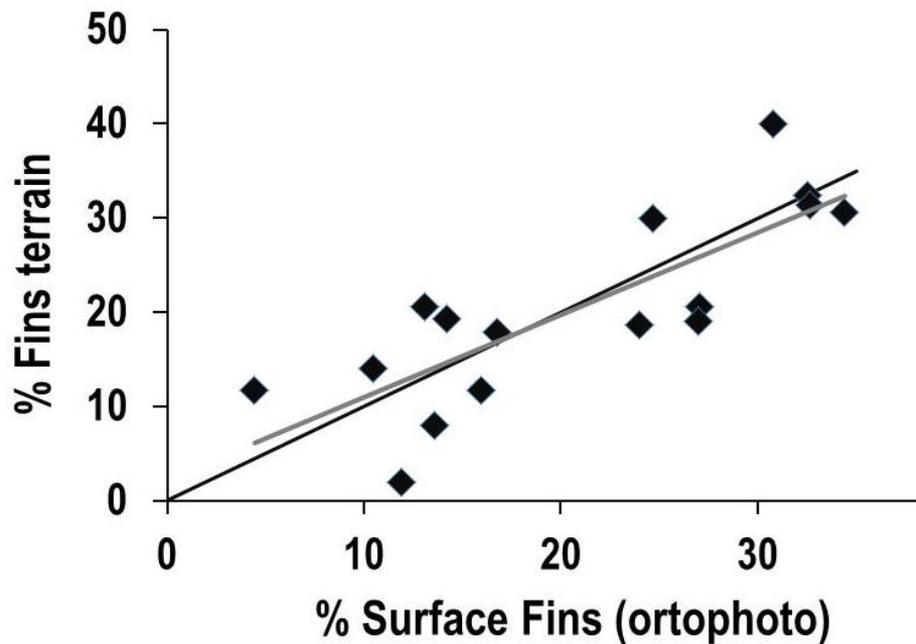
Image texturale



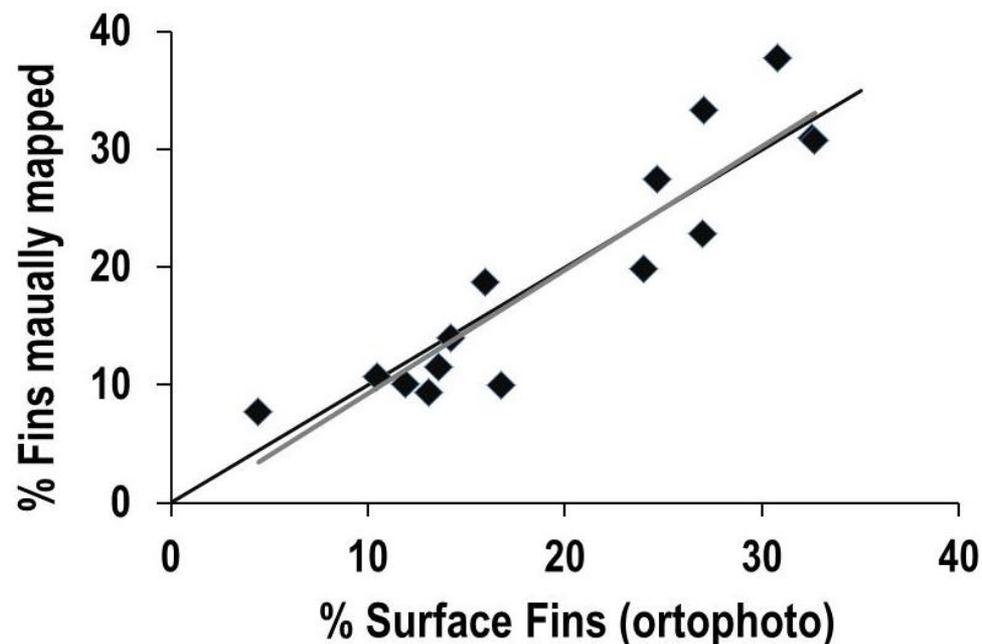
Segmentation



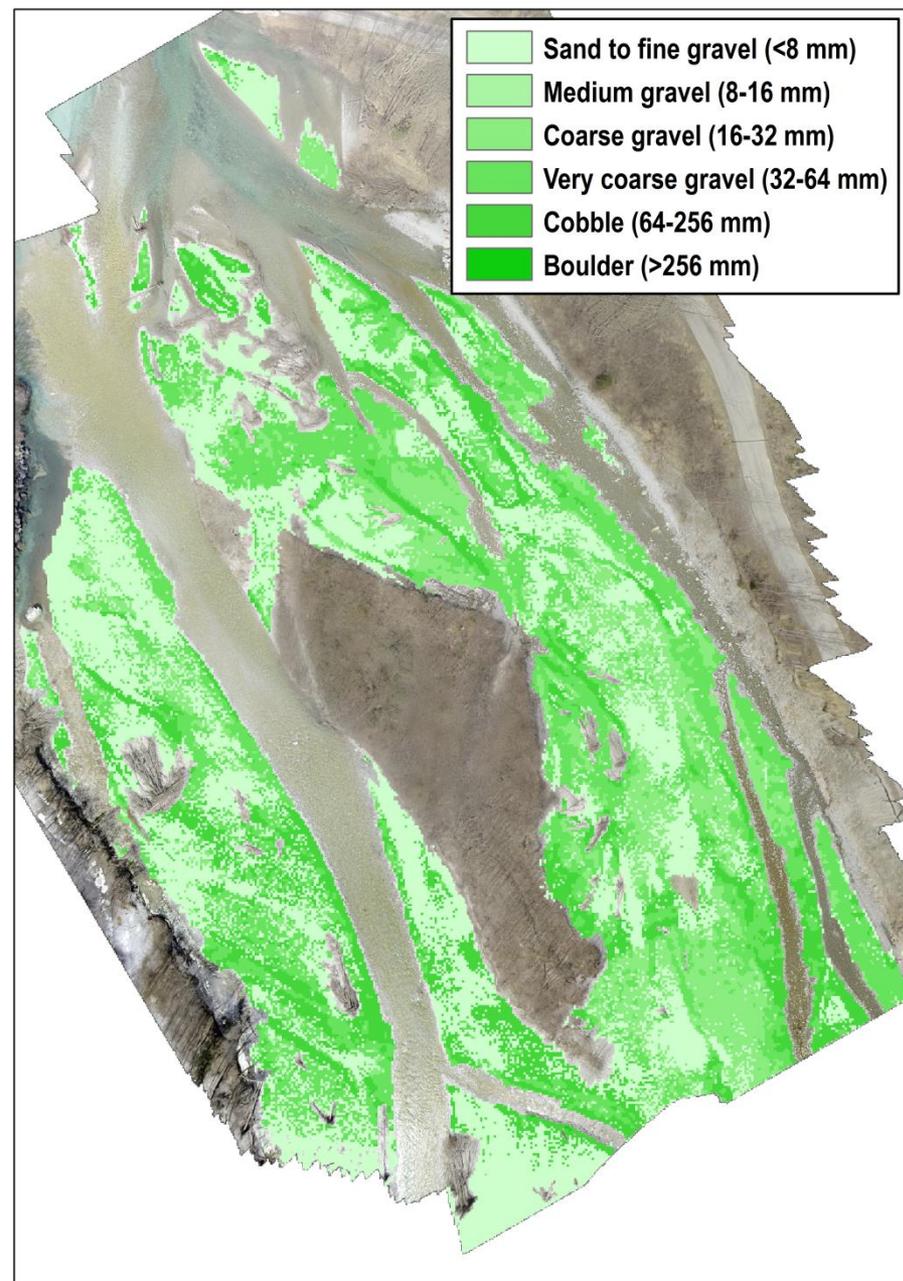
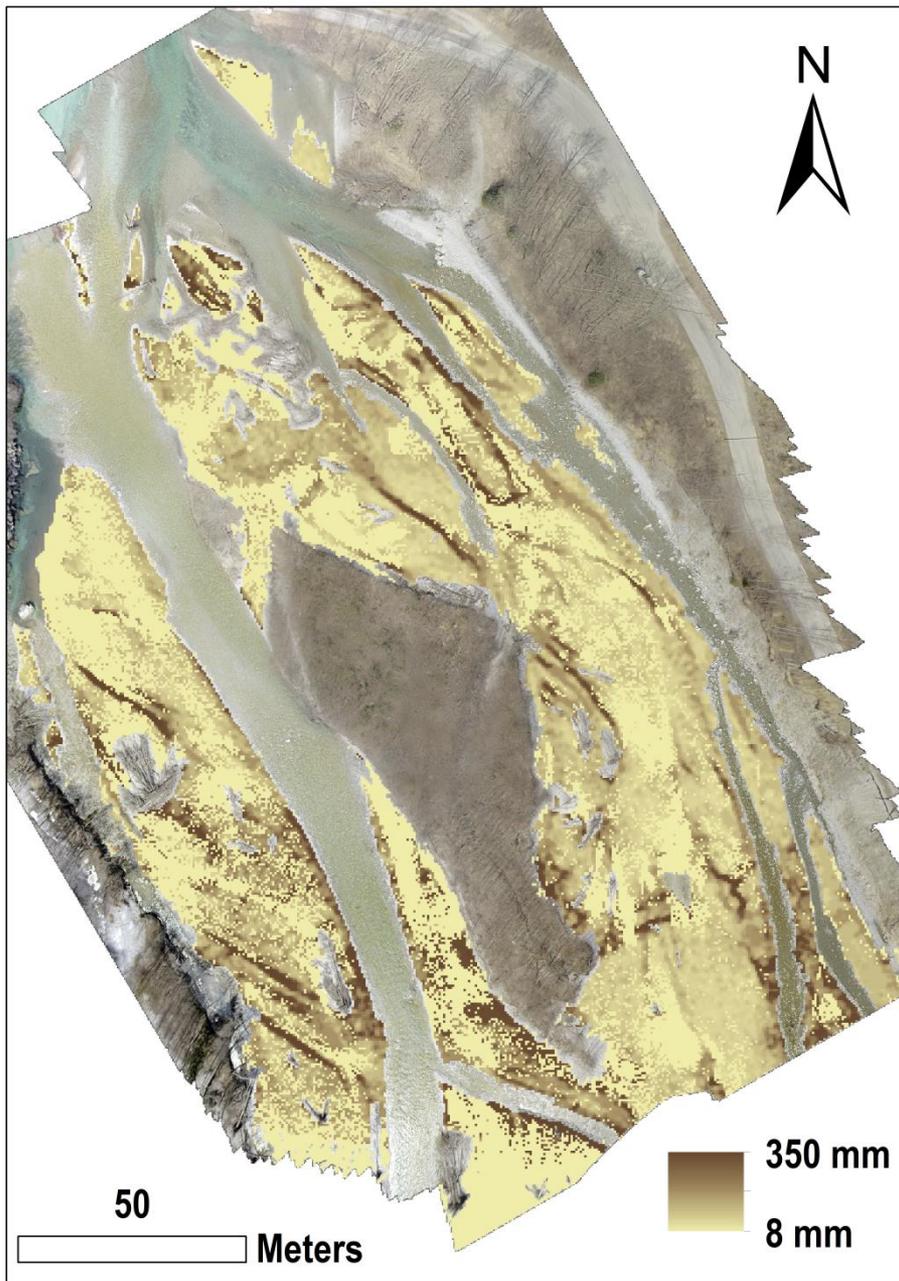
## Résultats (III)



Erreur moyenne: 0,4%  
Ecart type: +/- 5,9%

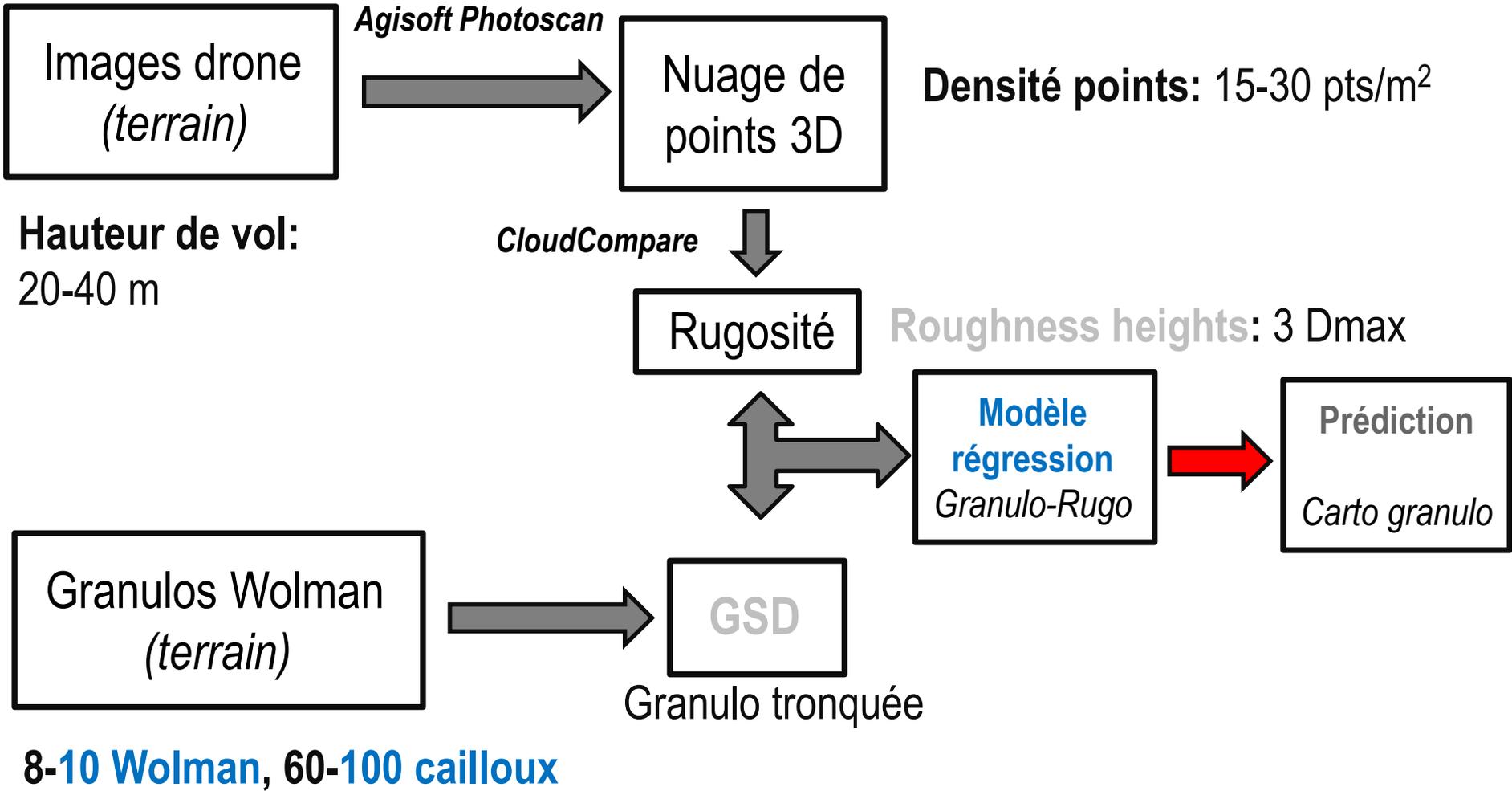


Erreur moyenne: -0,3%  
Ecart type: +/- 3,8%



## Discussion (I)

- Ce travail montre les **possibilités** offertes par la **photogrammétrie SfM** d'images **drone** pour la caractérisation **objective** et **continue** de la **mosaïque sédimentaire** d'un lit en tresses.
- Les résultats obtenus confirment l'intérêt de la **rugosité** estimée sur des nuages **SfM** comme **proxy** de la **granulométrie de surface**.
- Une analyse de la texture des images drone montre par ailleurs qu'il est possible de **cartographier automatiquement les patches de sable** de la bande active.



## Discussion (II): les coûts

- **Equipement:**

- ✓ **Quadcopter (drone):** ~ 1000 -3000 €
- ✓ **Appareil GoPro:** ~200 – 400 €
- ✓ **License Agisoft PhotoScan:** 500€ (académique)

- **Fonctionnement:**

- ✓ **Echantillonnage Wolman:** 1-2 personnes – 2 jours
- ✓ **Vol drone:** 2-4 pilotes – 2-3 jours
- ✓ **Traitement des données:** 1-2 personnes – 1-2 semaines

A scenic view of a mountain valley. In the foreground, a river with milky, greenish water flows through a wide, rocky riverbed. The river is flanked by steep, dark mountainsides covered in dense evergreen forests. In the background, snow-capped mountain peaks rise against a clear blue sky. The overall atmosphere is serene and majestic.

***Merci pour votre attention***