



# Granulométrie automatique à large échelle par imagerie aérienne et Intelligence Artificielle avec GALET v2

Premiers retours d'expériences et perspectives

Johan Berthet, Alexandre Baratier,  
**Pierre Lemaire**, Benoit Urruty



Congrès EAU et IA  
05/03/2026



# Pourquoi mesurer la taille des galets ?



## Risques naturels

Dégâts amplifiés  
Incision (désordres et ressources)

## Ressources

Qualité et quantité d'eau (indirect)  
Usages des cours d'eau (récréatifs, hydroélectricité, etc.)

## Biodiversité

Habitats sensibles  
Restauration des habitats





# Comment la mesure-t-on ?

Par prélèvement ou mesure in situ





# Comment la mesure-t-on ?

## En télédétection (téléphone, drone...)

0 100 200



- 1,6 km x 100m de large en 2 heures
- Vol automatique (M350 + P1- Capteur plein format)
  - 25m (3,3mm / px) ou 12m (1,7mm / px)
- soit 3 à 5 km/jour en conditions « normales »

### Avantages :

- Non intrusif
- Beaucoup plus d'information accessible en peu de temps

### Inconvénients :

- Effets de la projection (photo vs réalité)
- Des volumes de données très importants à traiter

} D'où l'intérêt de l'automatisation

# Automatiser la mesure des galets

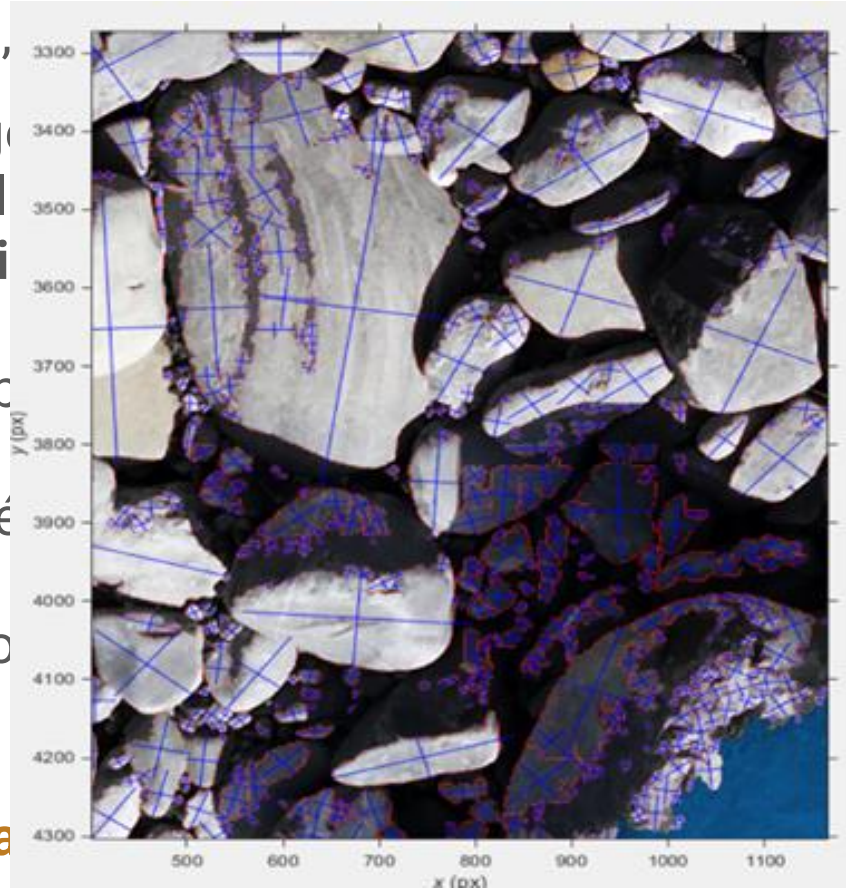
## Avec des détecteurs

C'est quelque chose qu'

- Même avant l'émergence de l'IA
- **BaseGrain** (2011) a été développé
- De la **Vision par Ordinateur**
- Ses défauts :
  - Gestion des ombres
  - ... des particules
  - ... des granulométries

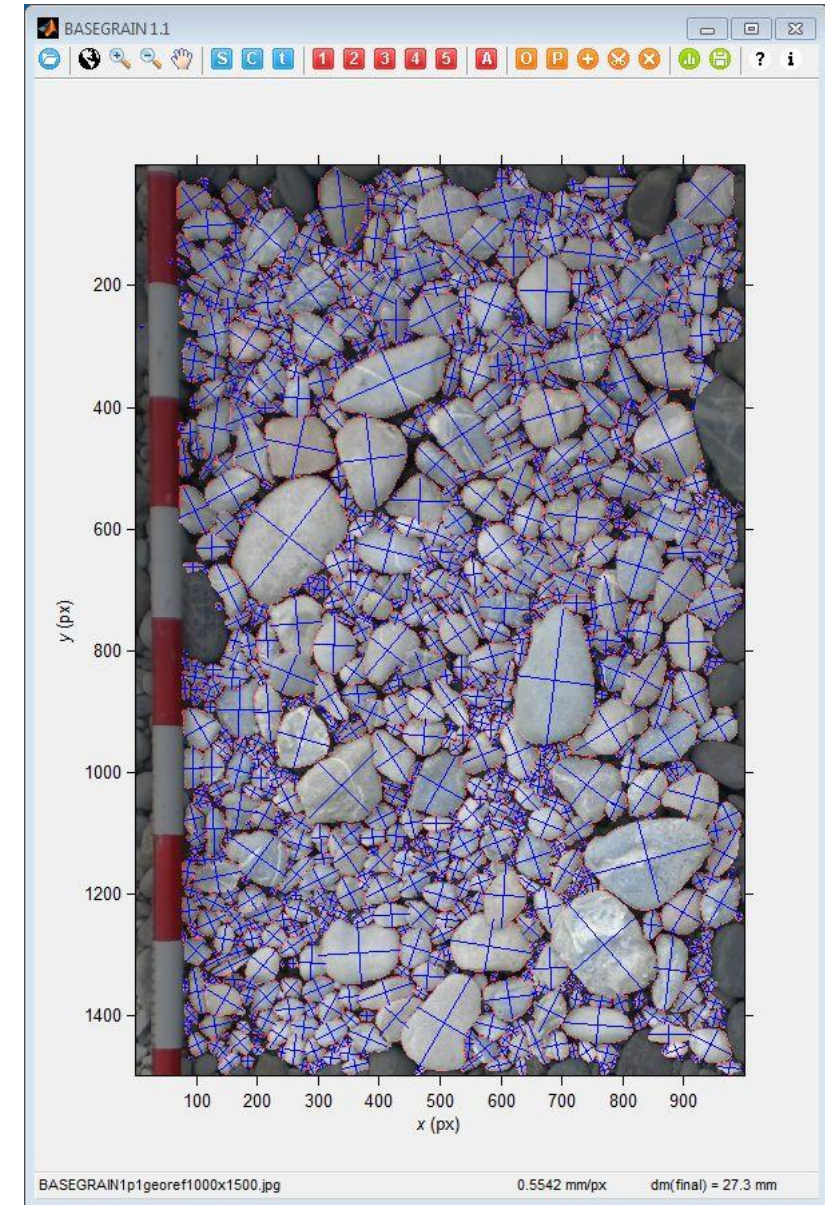
- Beaucoup d'efforts ont été faits pour automatiser ces résultats

Aujourd'hui, on pensera à utiliser l'Intelligence Artificielle



l'IA

abiliser

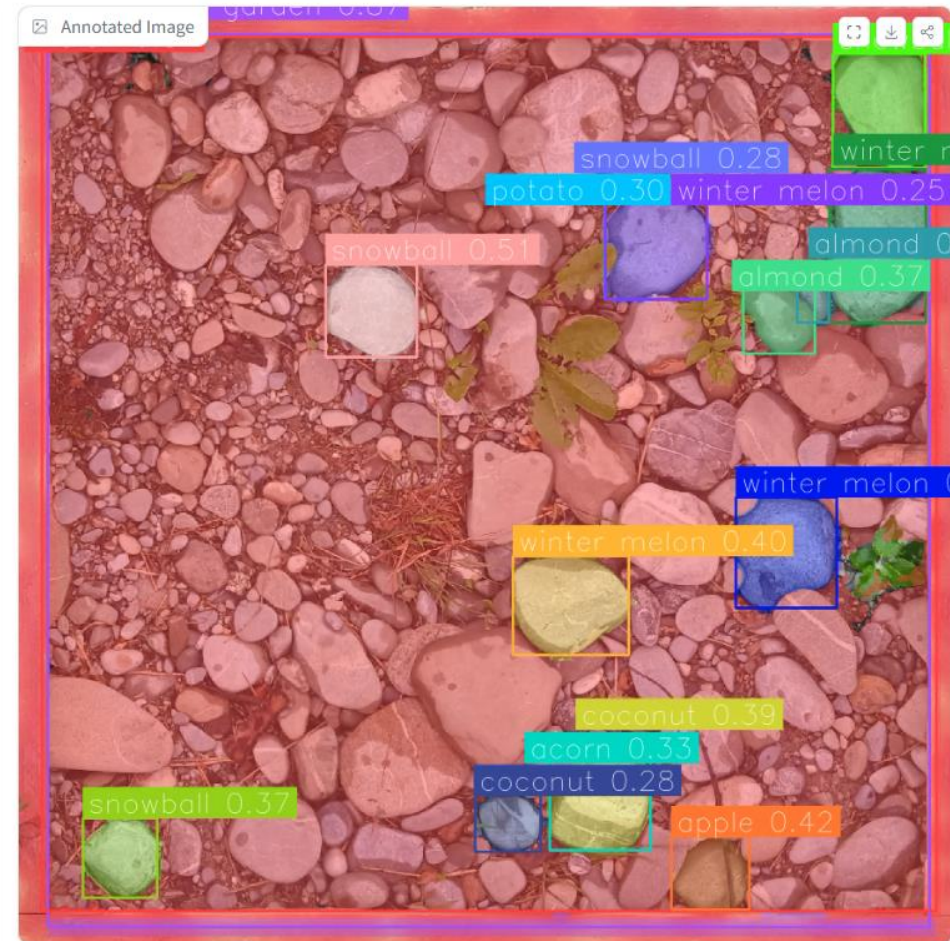




# Et par réseau de neurones ?

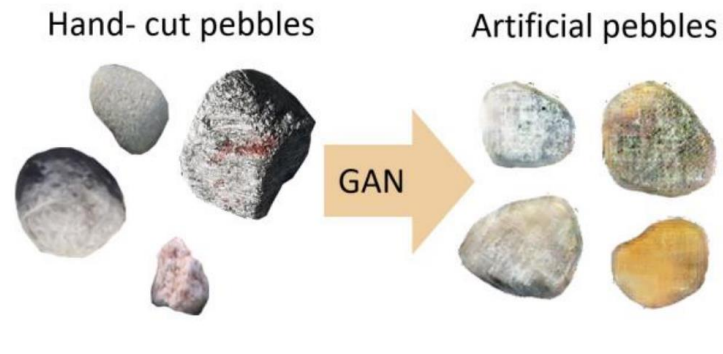
Fonctionne bien en général, mais pas spécialement sur nos images (ici : YOLO v8)

**D'où la nécessité de réentraîner spécifiquement pour cette tâche**





# GALET v1 : traiter des orthophotos



## RESEARCH ARTICLE

ESPL WILEY

Automated grain sizing from uncrewed aerial vehicles imagery of a gravel-bed river: Benchmarking of three object-based methods

Raphaël Miazza<sup>1</sup> | Ivan Pascal<sup>1,2</sup> | Christophe Ancey<sup>1</sup>



GALET: A deep learning image segmentation model for drone-based grain size analysis of gravel bars

Christian Mörtl<sup>(1)</sup>, Alexandre Baratier<sup>(2)</sup>, Johan Berthet<sup>(3)</sup>, Pierre-Allain Duvillard<sup>(4)</sup> and Giovanni De Cesare<sup>(6)</sup>

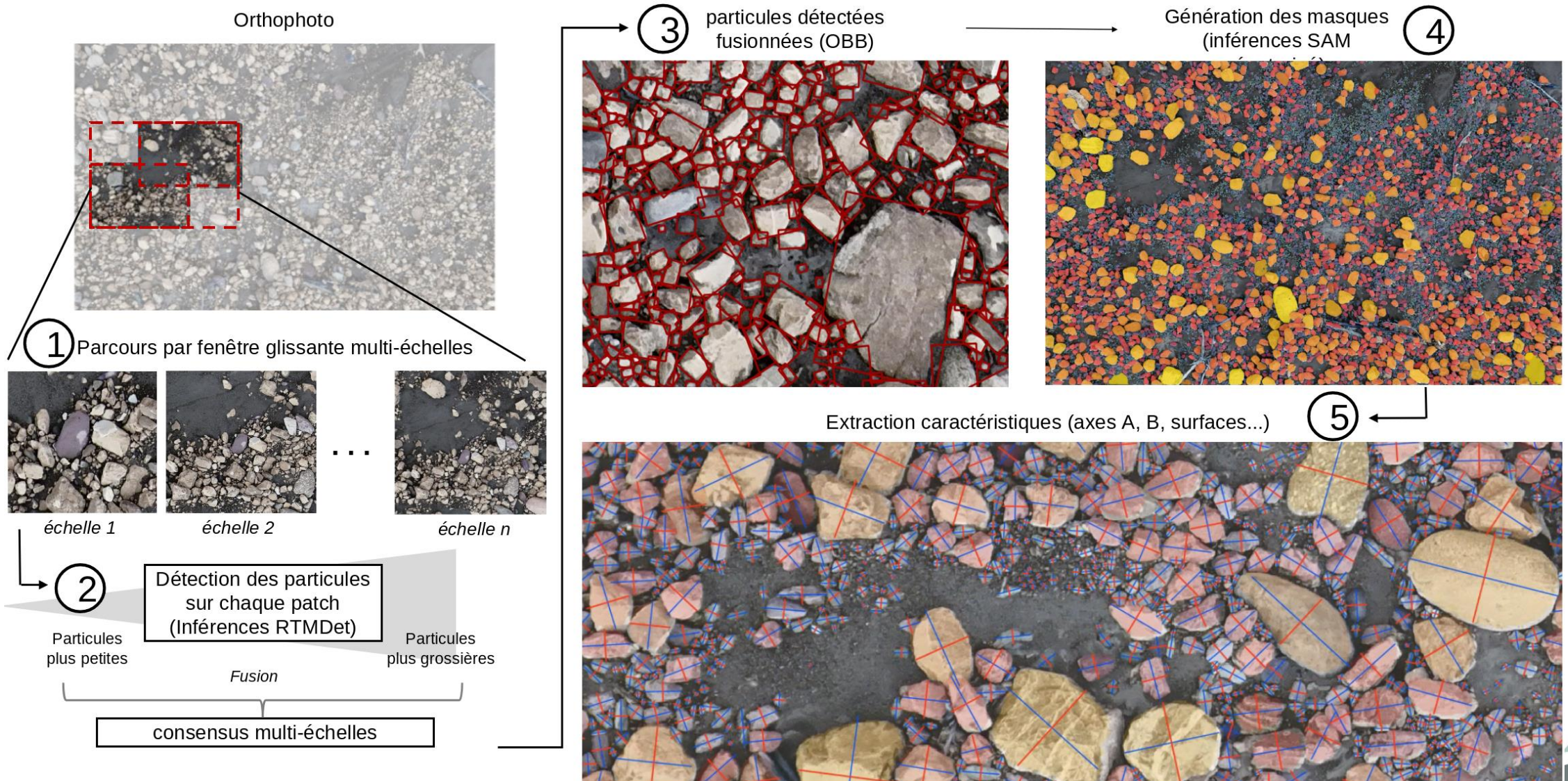
Proceedings of the 39th IAHR World Congress  
19–24 June 2022, Granada, Spain  
doi://10.3850/IAHR-39WC2521716X2022895

On l'appelle directement depuis QGis & disponible en open-source =>  
<https://github.com/Styx4D/Galet>





# GALET v2 : plus robuste et pensé multi-échelle





# Dataset, Stratégie 1 : « Teacher-Student »

**Pour la segmentation d'objets : SegmentAnything => 1.5k images – 1.5M particules**

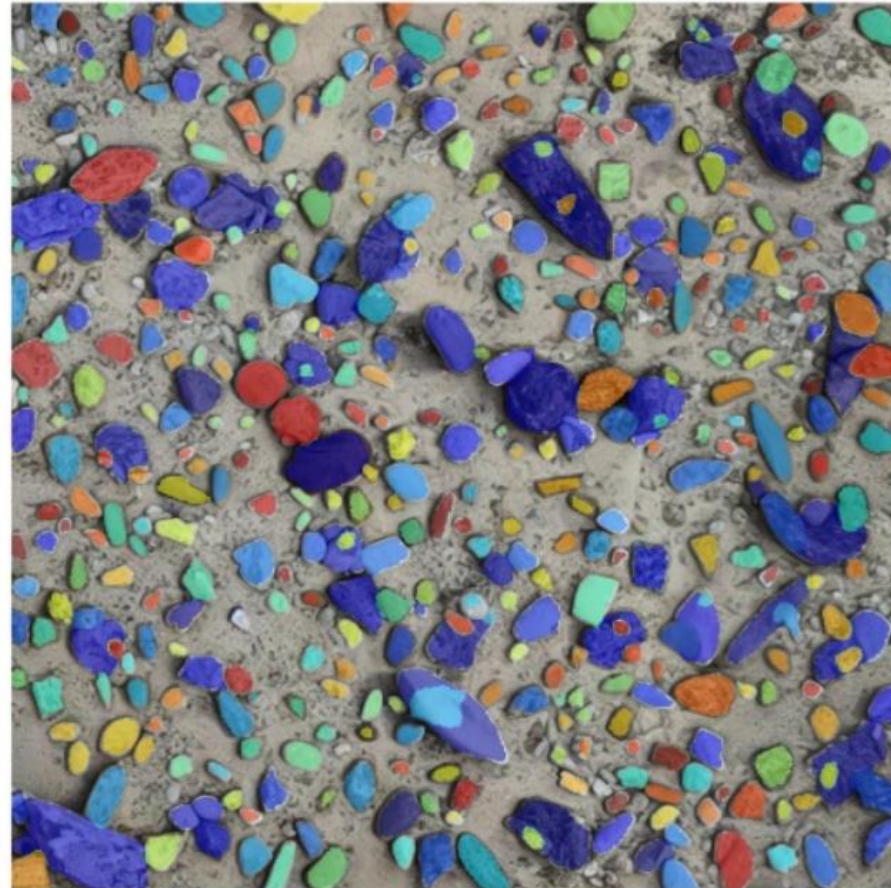
Segmentation d'objets généraliste, déjà très bien sur images réelles  
mais trop lourd + segmente tous les objets indifféremment.





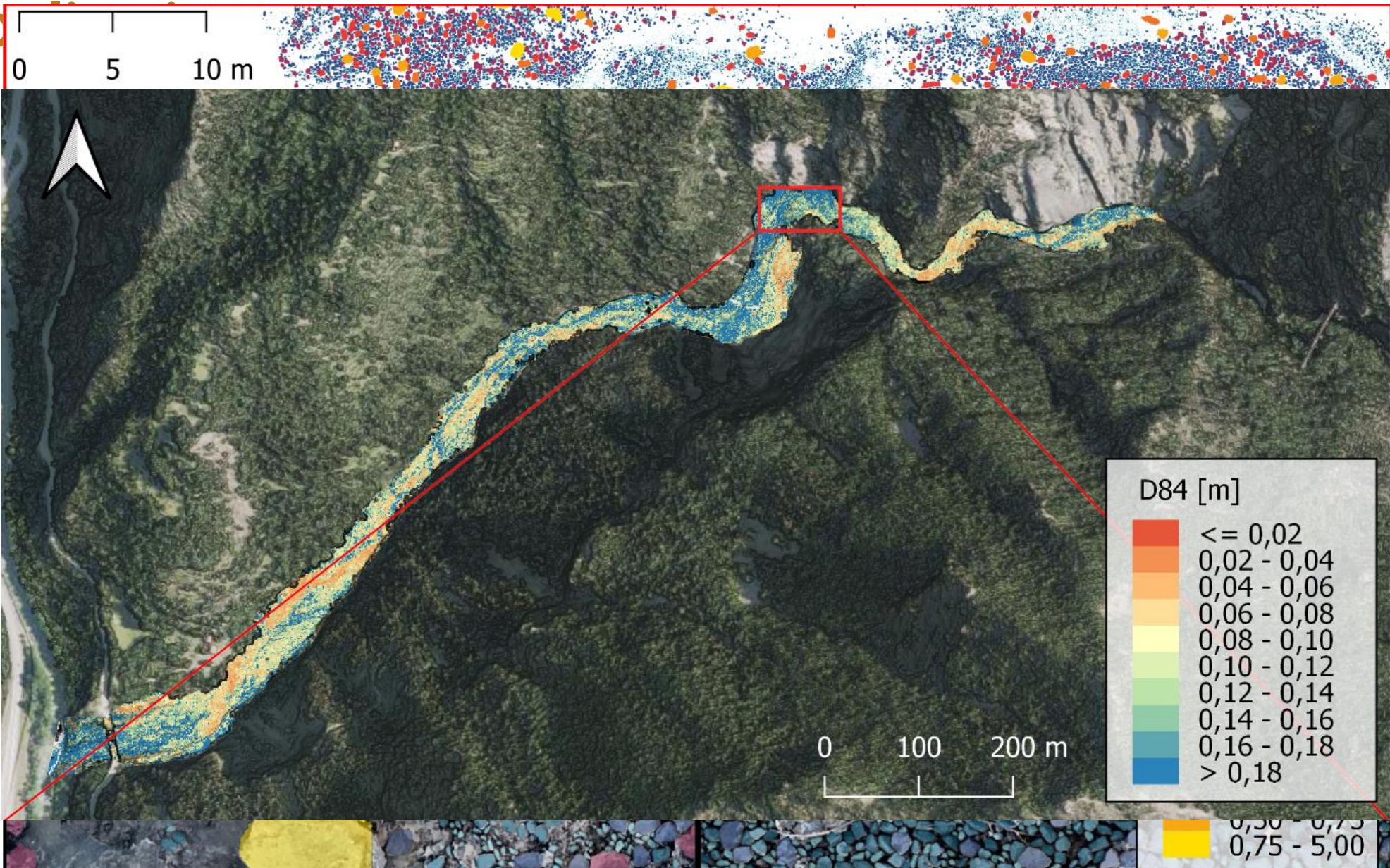
## Dataset, Stratégie 2 : Synthèse d'images

- On a prompté avec **Stable Diffusion** => **13.8k images – 2.8M particules**
- Contrainte de contours fournis avec **ControlNet** **Total : 15.3k images et 3.3M particules**
- Reproduction du style de nos photos réelles grâce à **DreamBooth**





App



En context  
Sur le tor



# Evaluation (en cours)

- Pour le moment, nos résultats suggèrent une **très bonne justesse à partir de 10 pixels**.
- Globalement : plus de particules en moins de temps que les

Original

GALET v2

Image ID (resolution)

Search

INDEX

GALET v1

Segment-EveryGrain

GrainID

GALET v2

VOL. 32 - N° 1 | 2026

torrents et torrentialités n°2

↶

↵

→

8

(2711x1902)

2,729

1m04s

1,103

18m03s

1,455

1m08s

2 208

33s

Géomorphologie

RELIEF, PROCESSUS, ENVIRONNEMENT

La mesure granulométrique par imagerie en contexte torrentiel : apports et perspectives des nouvelles méthodes par intelligence artificielle

Image-based grain-size measurement in mountain rivers: contributions and perspectives of new artificial intelligence methods

Johan Berthet, Pierre Lemaire, Alexandre Baratier, Véronique Benacchio, Guillaume Piton and Raphaël Kerverdo

Authors

Keywords

OPEN ISSUES

vol. 32 - n° 2 | 2026

Zoomorphologie

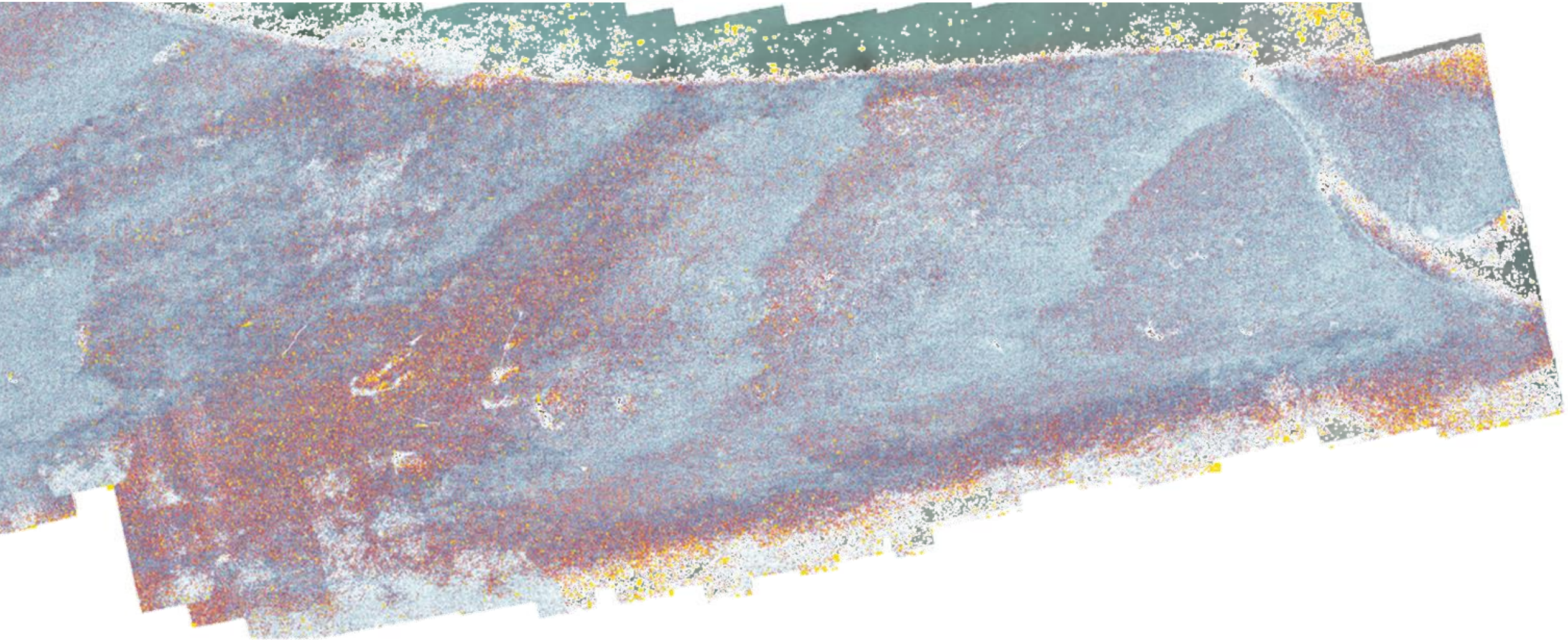
FULL TEXT ISSUES

vol. 32 - n° 1 | 2026



# Applications

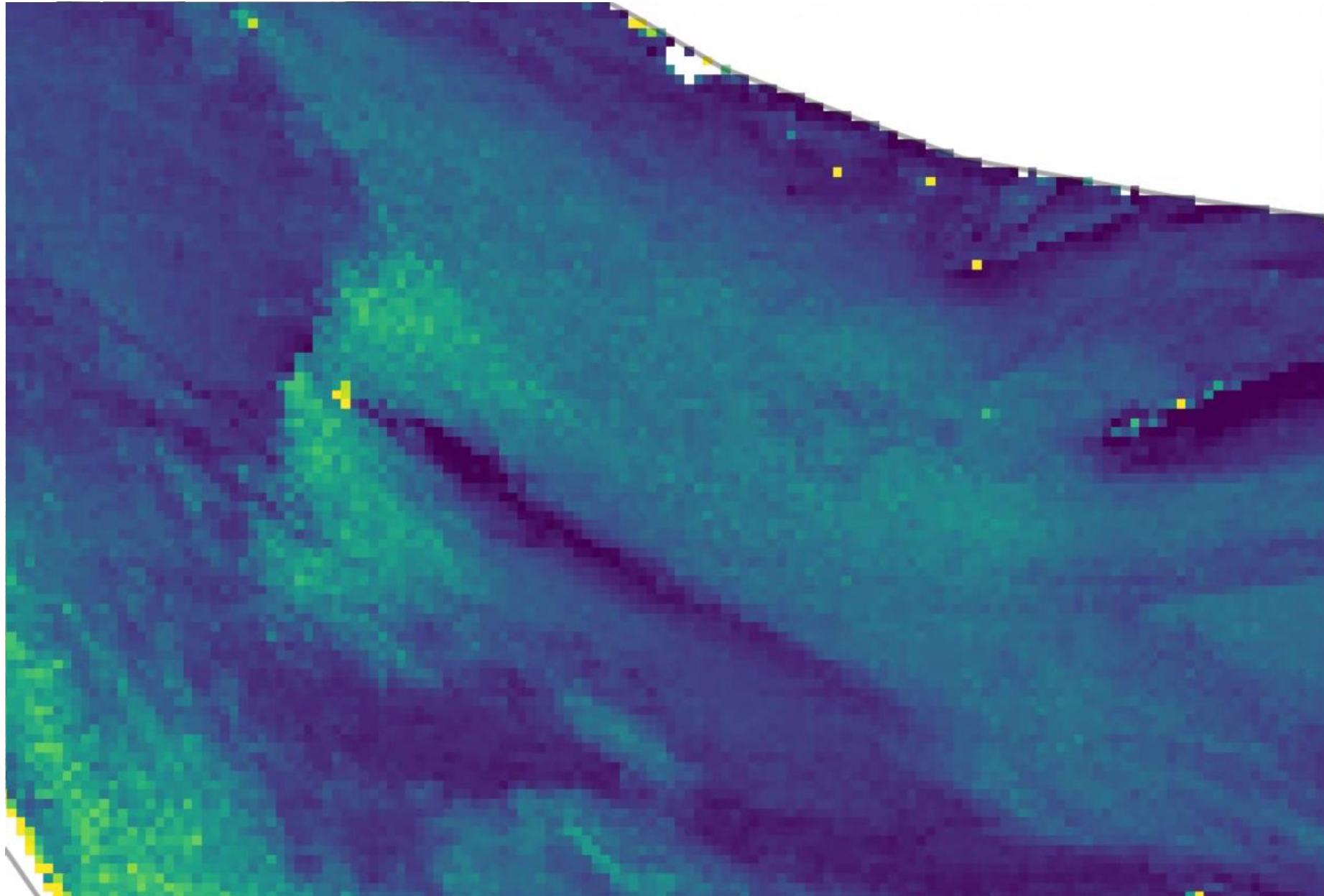
Exemple sur le Buëch : témoins de la migration des formes => 100k particules





# Applications

Assec sur le  
Vieux Rhône  
(Chautagne)  
=> 23.5M particules



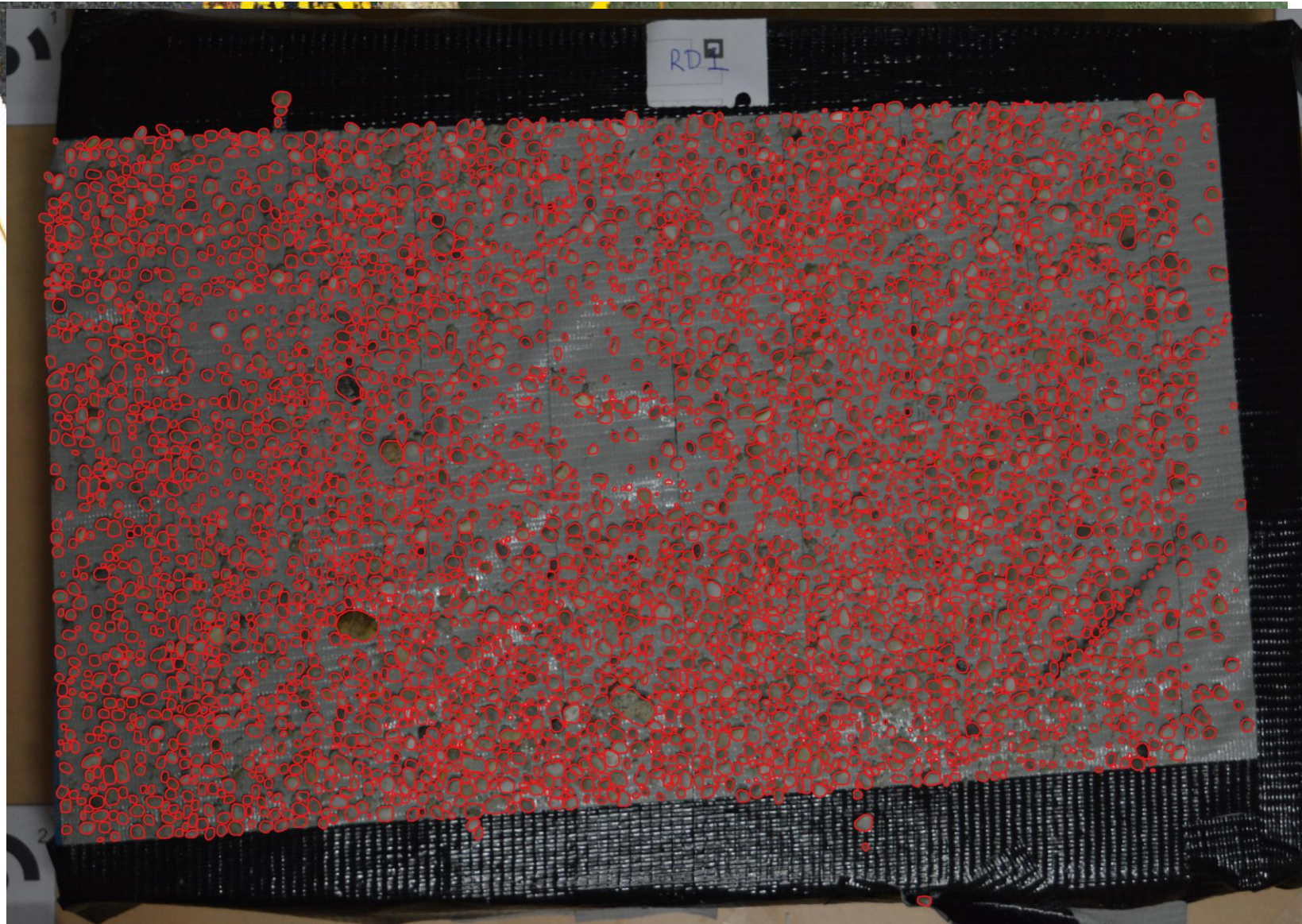


# Applications

Des sollicitations sur d'autres contextes pas forcément prévus au départ.

macroblocs sur le littoral en  
pied de falaise  
30k particules=>

Sables capturés sur une  
bande adhésive =>





# Conclusion

**On peut contourner la difficulté de constituer des jeux de données complètement annotés**

**On doit mieux mesurer les performances de GALET v2... WIP**

On commence à réaliser à quel point les protocoles de mesures terrain peuvent être interprétés différemment et *in fine* incomparables

**Une donnée complètement nouvelle :**

- Quels nouveaux usages y voyez-vous ?
- Est-ce qu'on va vers un nouveau standard ?



**Rappel : vous pouvez tester GALET v1**  
<https://github.com/Styx4D/Galet>

**PS : On a aussi commencé à regarder sous l'eau =>**

