

# Analyse multi-échelle des processus d'érosion et de transfert de sédiments sur le bassin versant de la Canche

E.Patault<sup>1,2,\*</sup>, C.Alary<sup>1</sup>, C.Franke<sup>2</sup>, A.Gauthier<sup>1</sup>, N-E.Abriak<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IMT Lille Douai, Univ. Lille, EA 4515 - LGCgE – Département Génie Civil & Environnemental, Lille, France

<sup>2</sup> MINES ParisTech, PSL Research University, Centre de Géosciences, Fontainebleau, France

\* Contact: [edouard.patault@imt-lille-douai.fr](mailto:edouard.patault@imt-lille-douai.fr)

**ECGP14**

**IMT Lille Douai - 06/12/2017**



- La région Hauts-de-France est en proie à de nombreuses catastrophes naturelles dues à l'érosion des sols qui ont de multiples conséquences : perte de sols cultivables, engorgement des cours d'eau et des obstacles à l'écoulement, dégâts sur les infrastructures.



*Mochy-Lagache, Mai 2016*



*Pas en Artois, Novembre 2015*



*Luceux, Juin 2016*

- La région Hauts-de-France est en proie à de nombreuses catastrophes naturelles dues à l'érosion des sols qui ont de multiples conséquences : perte de sols cultivables, engorgement des cours d'eau et des obstacles à l'écoulement, dégâts sur les infrastructures.



Mochy-Lagache, Mai 2016



- ❖ Région Hauts-de-France la plus affectée par les phénomènes érosifs
- ❖ 40% du territoire affecté par des pertes en terre supérieures à 1t/ha/an
- ❖ De 1983 à 2009, 1100 communes touchées par des coulées boueuses : la tendance diminue, mais le territoire reste largement enclin à ces phénomènes.

Evrard et al., 2010

Dommages infrastructures  
+  
coût nettoyage

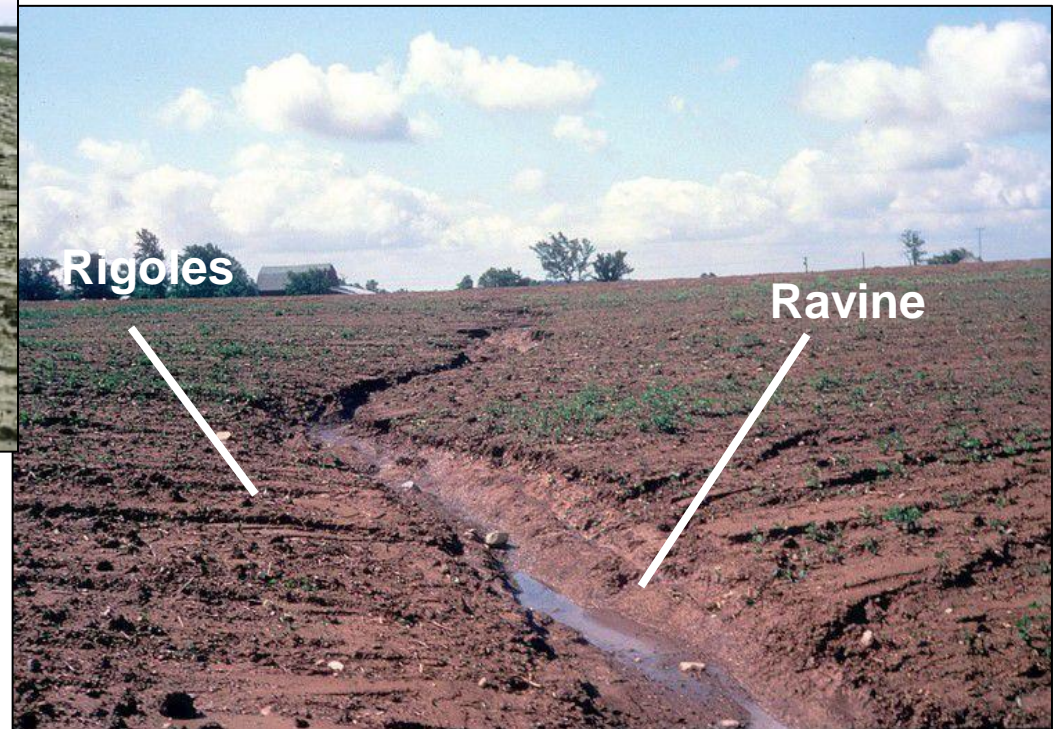
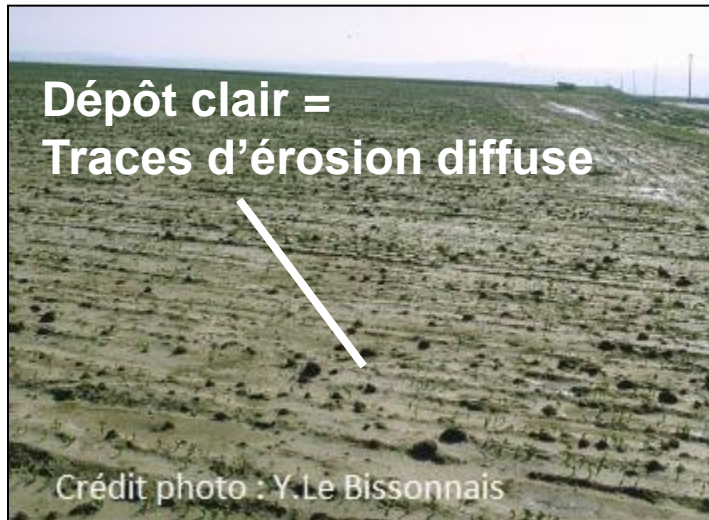


**12.5-122 million €/an**





- Processus d'érosion observés : (i) érosion diffuse et (ii) érosion concentrée



- **Ravines** = Contributeur majoritaire aux flux de sédiments dans les petits bassins versants agricoles sur la ceinture loessique Européenne (Poesen, 1996)



## **Mais il reste des leviers....**

- Processus variables (spatialement et temporellement).
- Multiples paramètres forçants (liens entre tous les facteurs ?).
- Peu de documentation sur l'efficacité des pratiques agricoles/des solutions d'hydraulique douce pour la réduction de l'érosion.



## **Et des besoins...**

- Développer des méthodes de suivi haute-fréquence pour mieux appréhender le phénomène.
- Quantifier la variabilité temporelle des événements érosifs (épisode/saison/année).
- Mieux caractériser les paramètres forçants et leurs interactions.



## **Avec pour Buts :**

- Caractériser, modéliser, mais aussi prédire les épisodes érosifs.
- Réduire la turbidité, facteur déclassant dans le cadre de l'application de la DCE.
- Accompagner les agriculteurs, principaux acteurs touchés par ces phénomènes, dans une démarche visant à réduire l'érosion des sols sans nuire à leur travail.

## Projet QuASPER (QUantification, Analyse et Suivi des Processus Erosifs)

- Projet de recherche (IMT Lille Douai – MINES ParisTech)
- Co-financement: Agence de l'Eau Artois-Picardie
- 4 axes de recherche -> Analyse multi-échelle des processus d'érosion sur le BV de la Canche

### Axe 1: Compréhension du phénomène à travers l'étude d'un BV élémentaire

1. Installation d'une station de mesures
2. Analyse des flux de matière exportées

#### Champ d'actions dans le cadre de la thèse

Acquérir 2 ans de données  
(phénomène complexe et  
non linéaire)

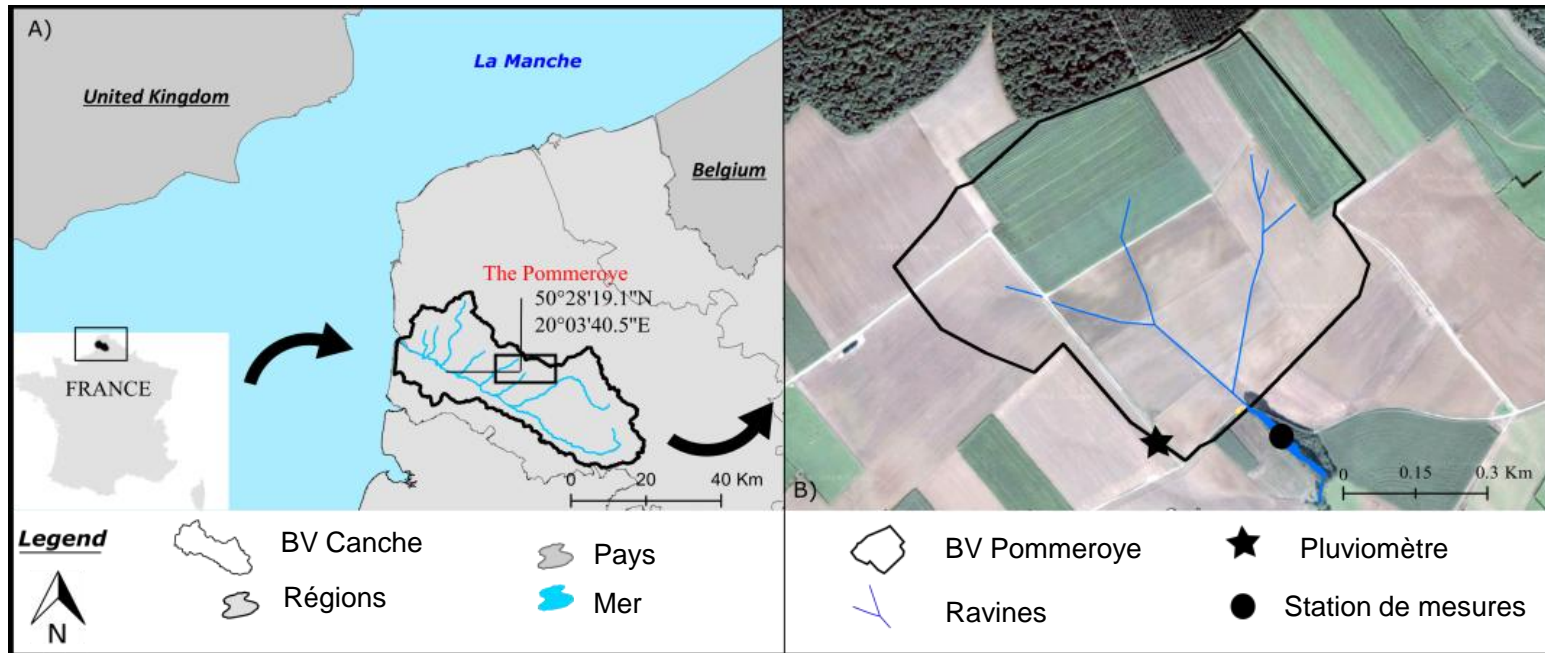
Analyser statistiquement  
l'ensemble des données et  
comprendre le processus

Installation de systèmes  
anti-érosion sur le BV

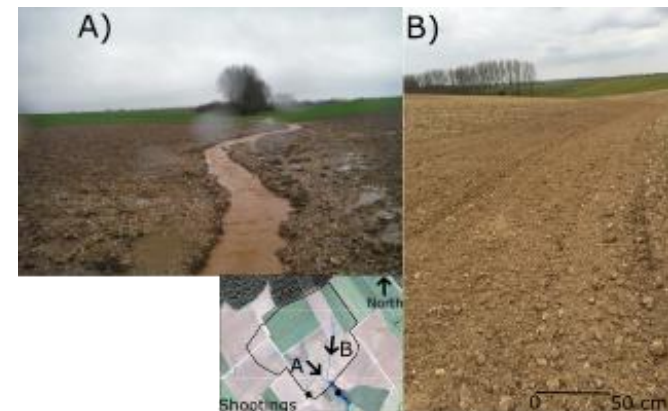
Comparaison entre les 2  
périodes : **diagnostic sur  
l'efficacité réelle des  
ouvrages anti-érosion**

Soutien technique:

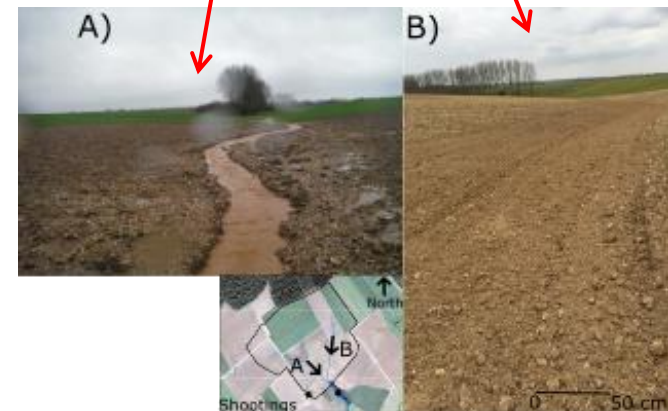
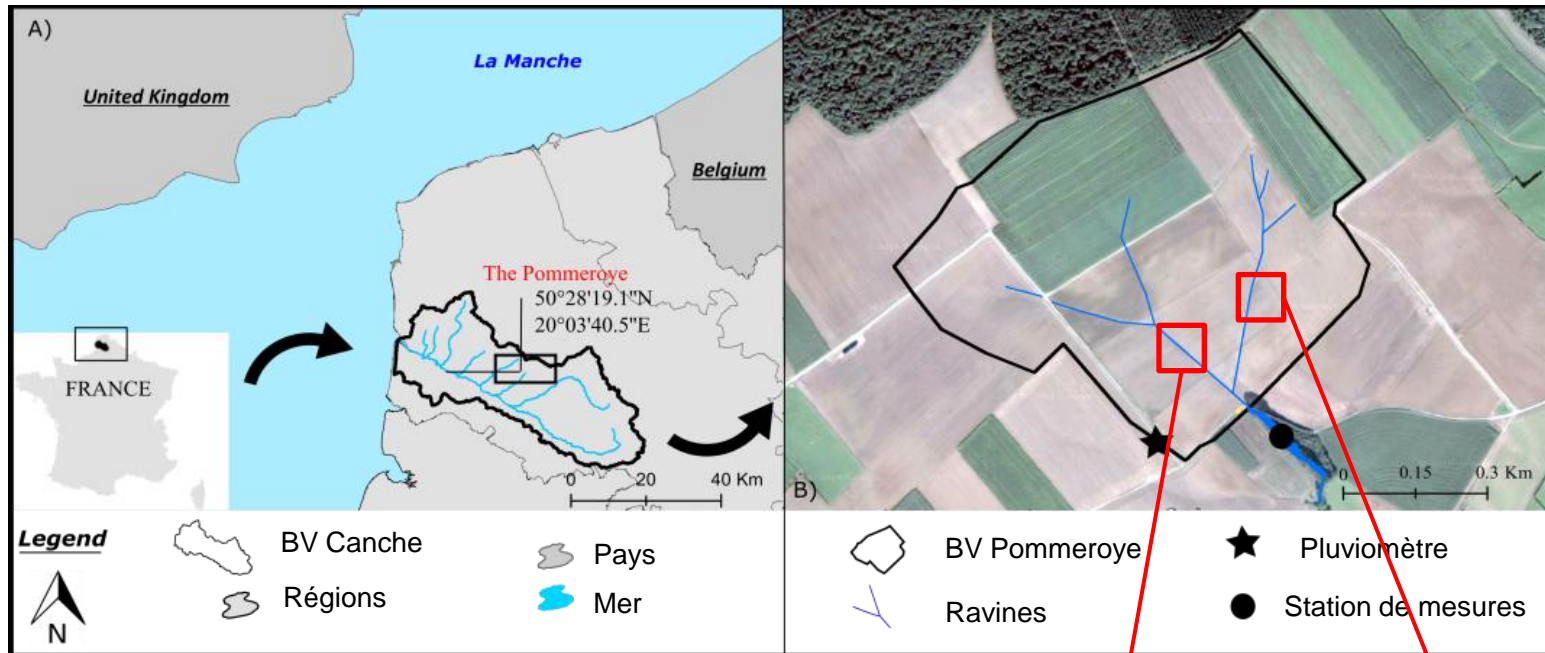




- Sains-lès-Fressin (62310), France
- 14 parcelles et des **ravines récurrentes**
- Géologie : Loess quaternaire (Pléistocène : -2 Ma) sur craie (Séno-Turonien : -92 Ma)

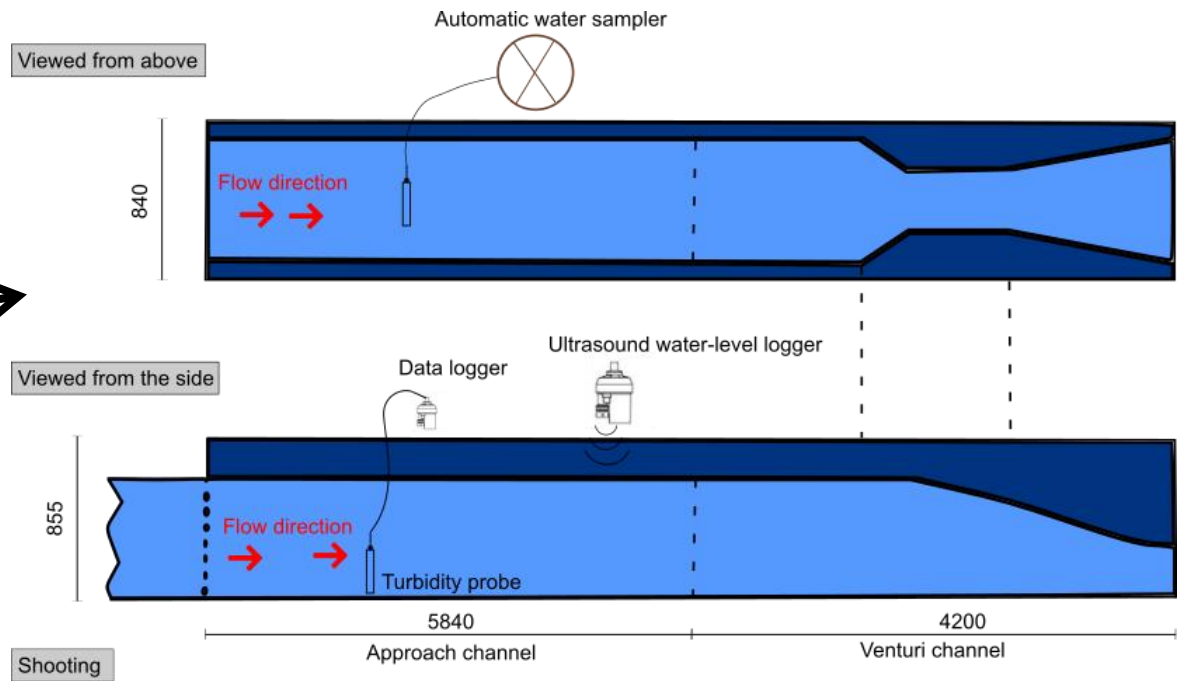
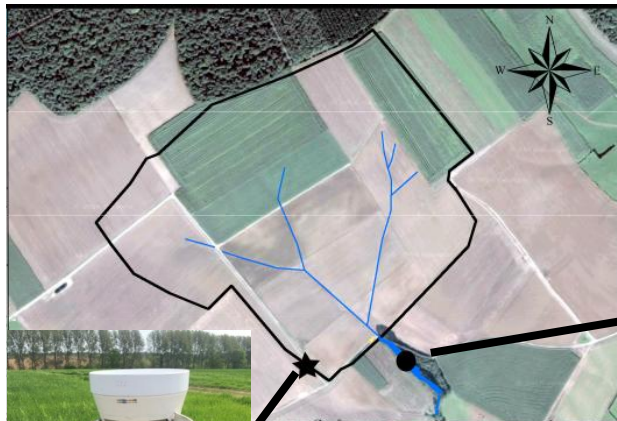






- Sains-lès-Fressin (62310), France
- 14 parcelles et des **ravines récurrentes**
- Géologie : Loess quaternaire (Pléistocène : -2 Ma) sur craie (Séno-Turonien : -92 Ma)





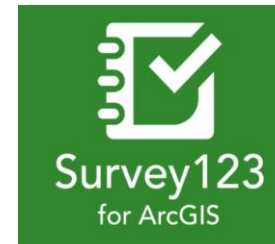
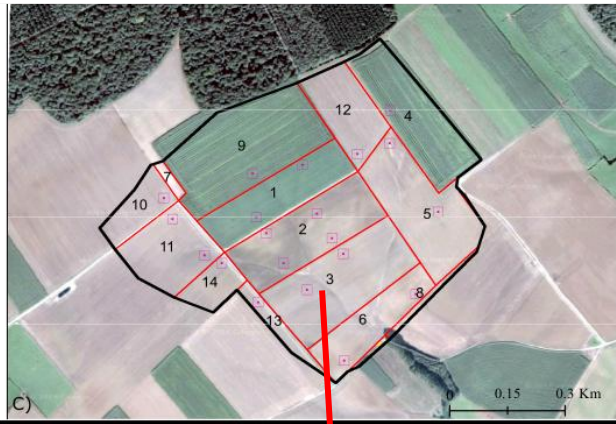
- 24 placettes (1 m<sup>2</sup>)
- Caractérisation de l'état de surface
- Application pour faciliter les relevés terrain

### 3 paramètres principaux :

Etat de dégradation: F0 (état fragmentaire) → F2 (croûte de battance)

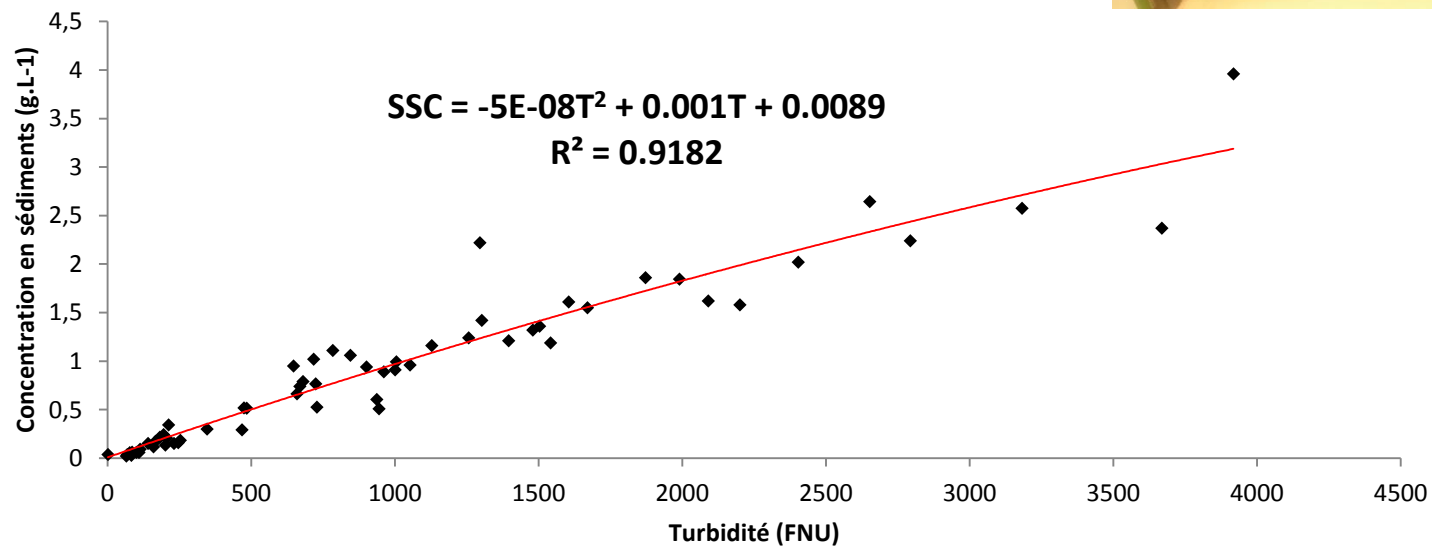
Couverture végétale: 3 classes (0 à 100%)

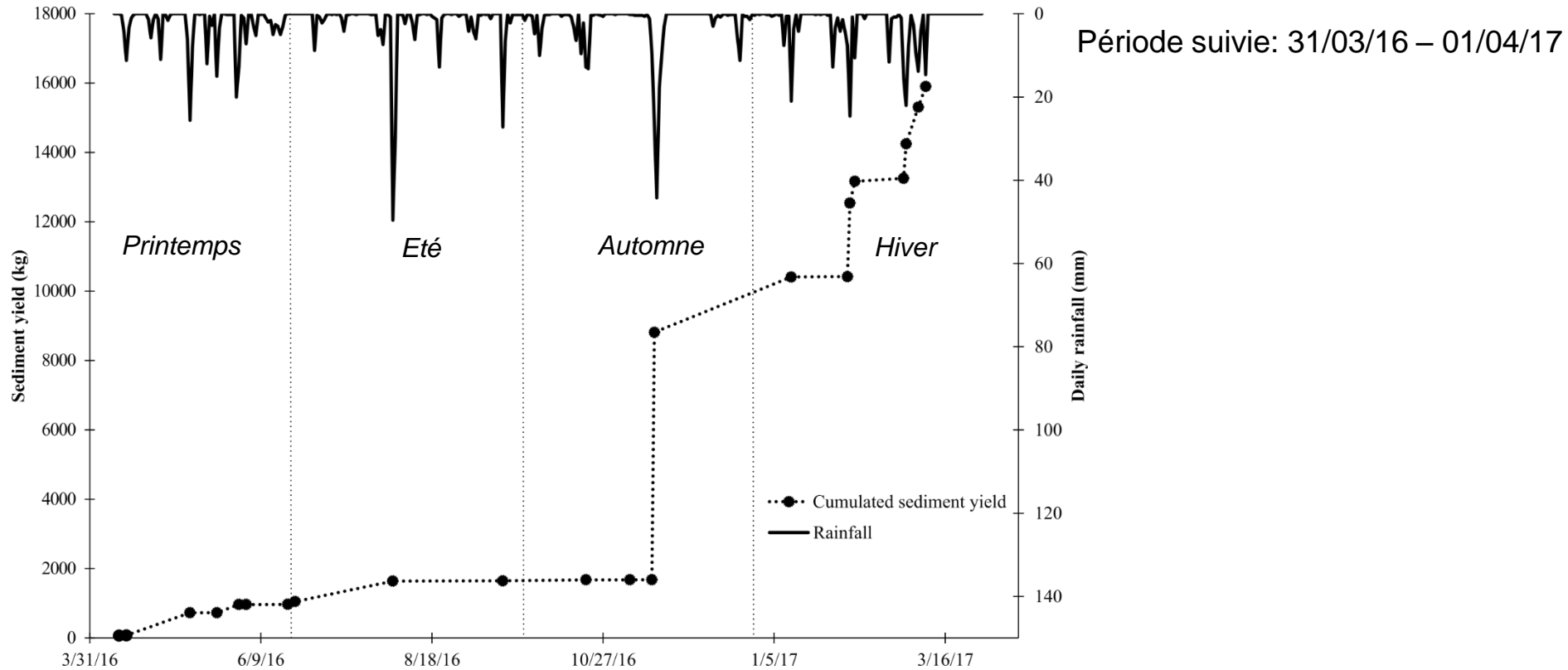
Rugosité: 5 classes (0 à 10cm)



➔ Pour estimer la concentration en particules, les échantillons d'eau sont filtrés en laboratoire (0.63 µm)

➔ Une relation est définie entre les données de turbidité et celles des concentrations mesurées l'exutoire: Résultats d'une campagne de 72 échantillons.

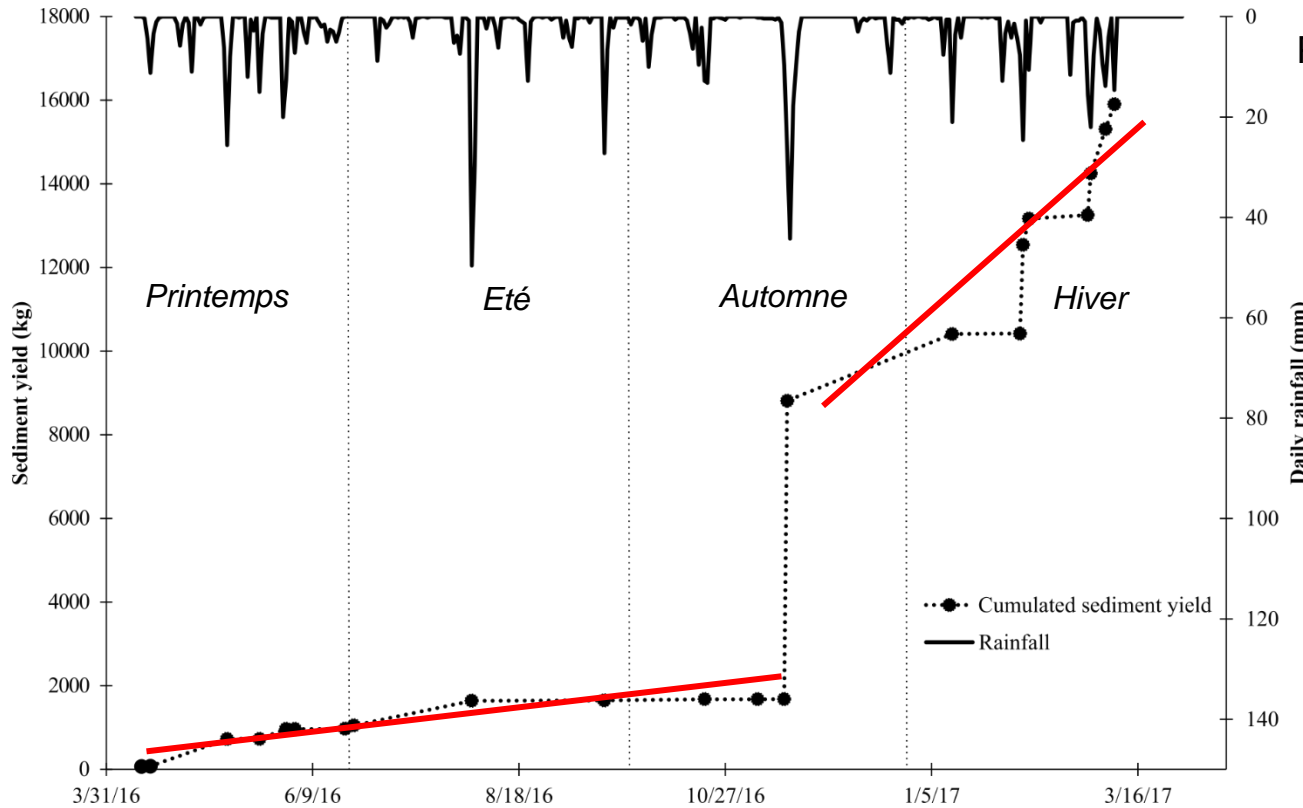




(Patault et al., 2017, in prep.)

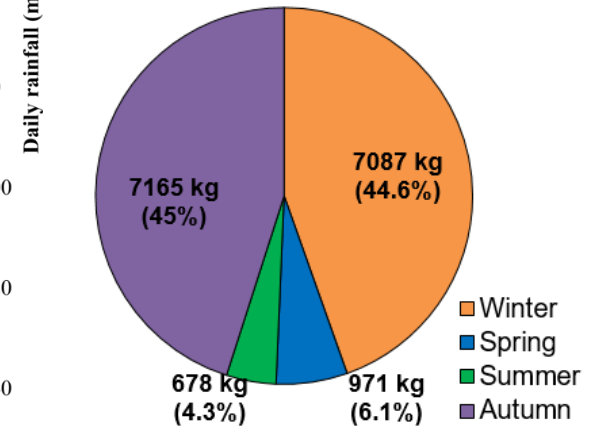
- 22 épisodes érosifs
- Flux sédimentaire total:  $16 \cdot 10^3$  kg
- Pluviométrie annuelle: 827 mm





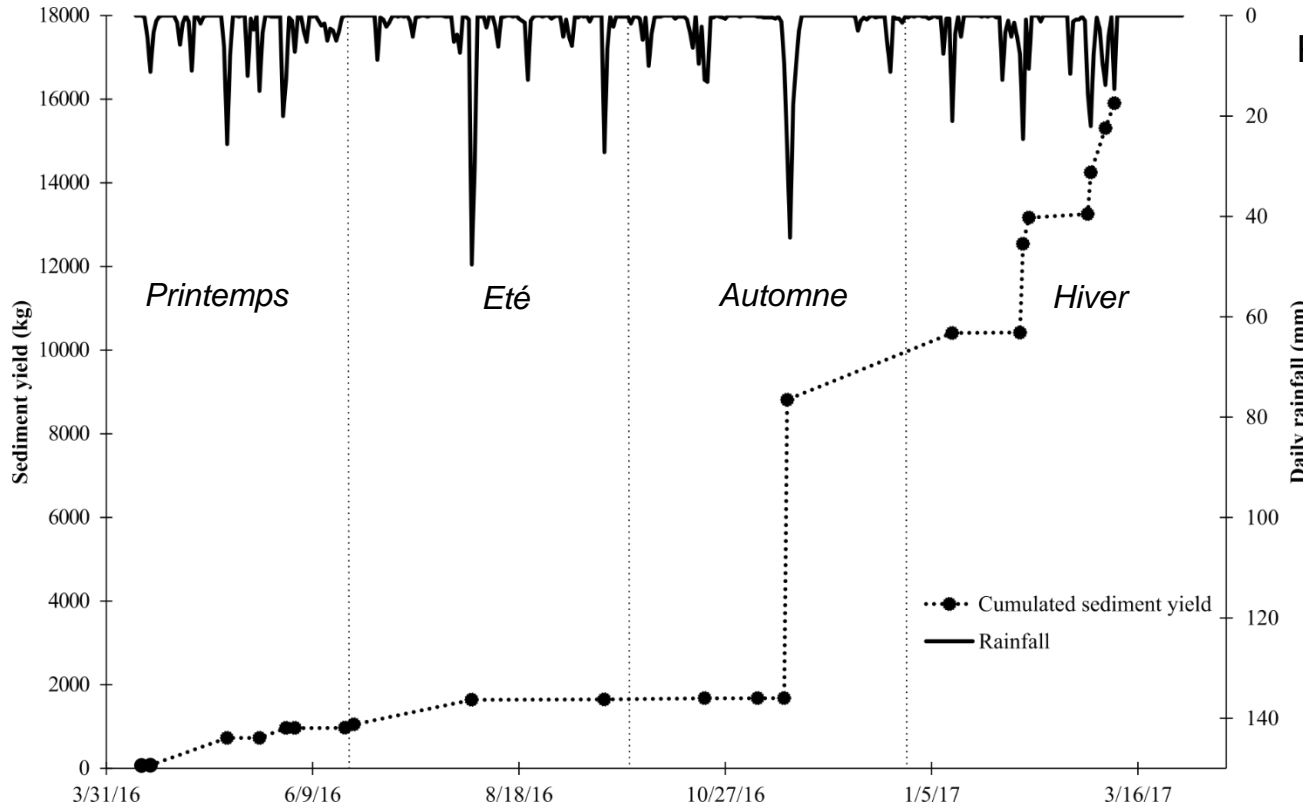
Période suivie: 31/03/16 – 01/04/17

Seasonal distribution



(Patault et al., 2017, in prep.)

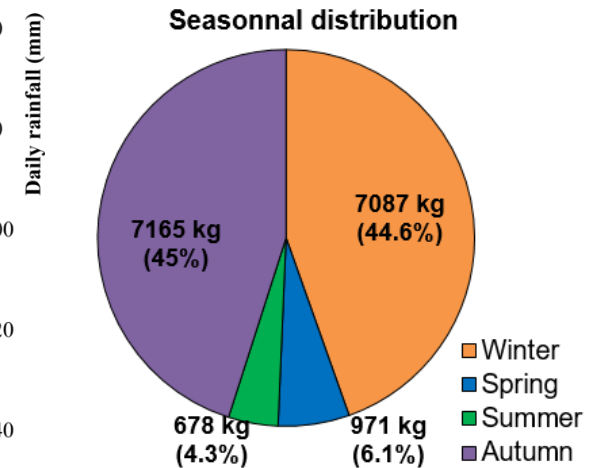
- 22 épisodes érosifs
- Flux sédimentaire total:  $16.10^3$  kg
- Pluviométrie annuelle: 827 mm



(Patault et al., 2017, in prep.)

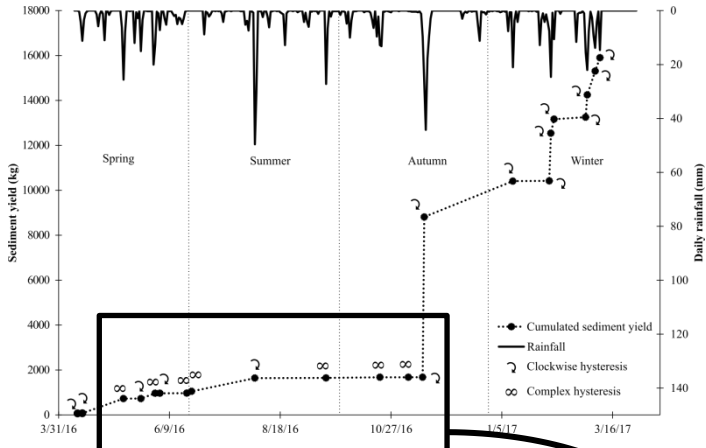
- 22 épisodes érosifs
- Flux sédimentaire total:  $16.10^3$  kg
- Pluviométrie annuelle: 827 mm

Période suivie: 31/03/16 – 01/04/17



**Forte variabilité temporelle:**

- Analyse des hystérésis (sources actives sur le BV ?)
- Tendances saisonnières ?

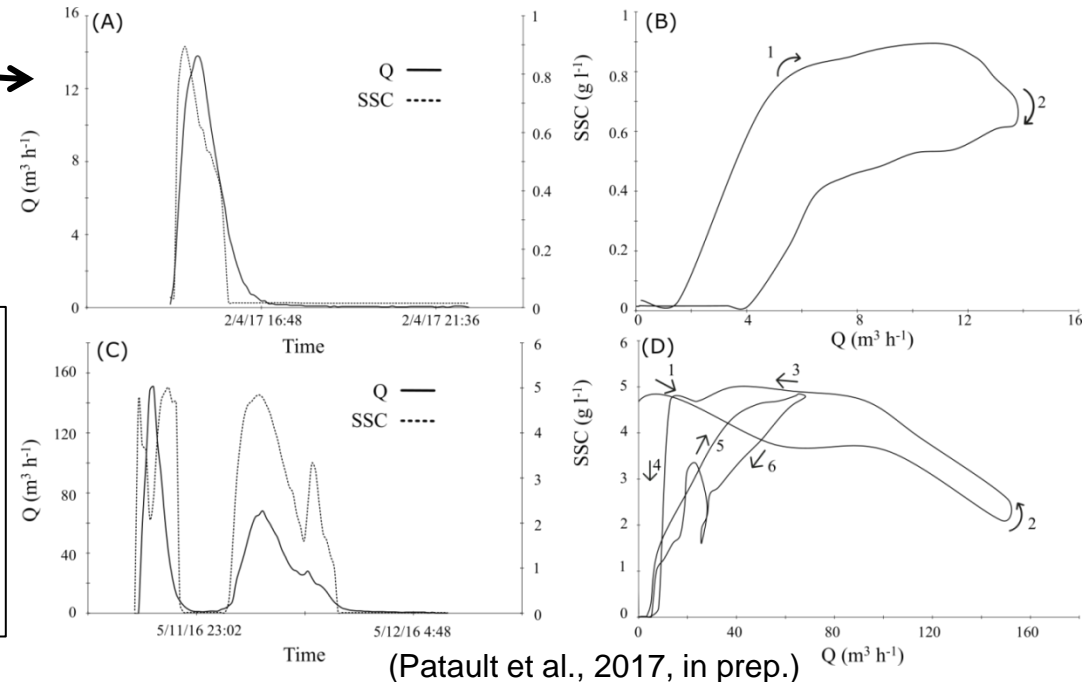


- Relations Débits-Turbidité: 7 classes décrites dans la littérature (Williams, 1989).
- L'identification des formes d'hystérésis permet d'évaluer les sources de sédiments actives sur un BV (Viel, 2012).

Les relations Q-SSC correspondent à :

- Hystérésis horaires (68%)
- Hystérésis complexes (32%).

- **Horaires**: re-suspension rapide et transport sédiments déposés dans les ravines.
- **Complexes**: pics additionnels → mouvement d'autre sources, plus distantes et provenant des parcelles.



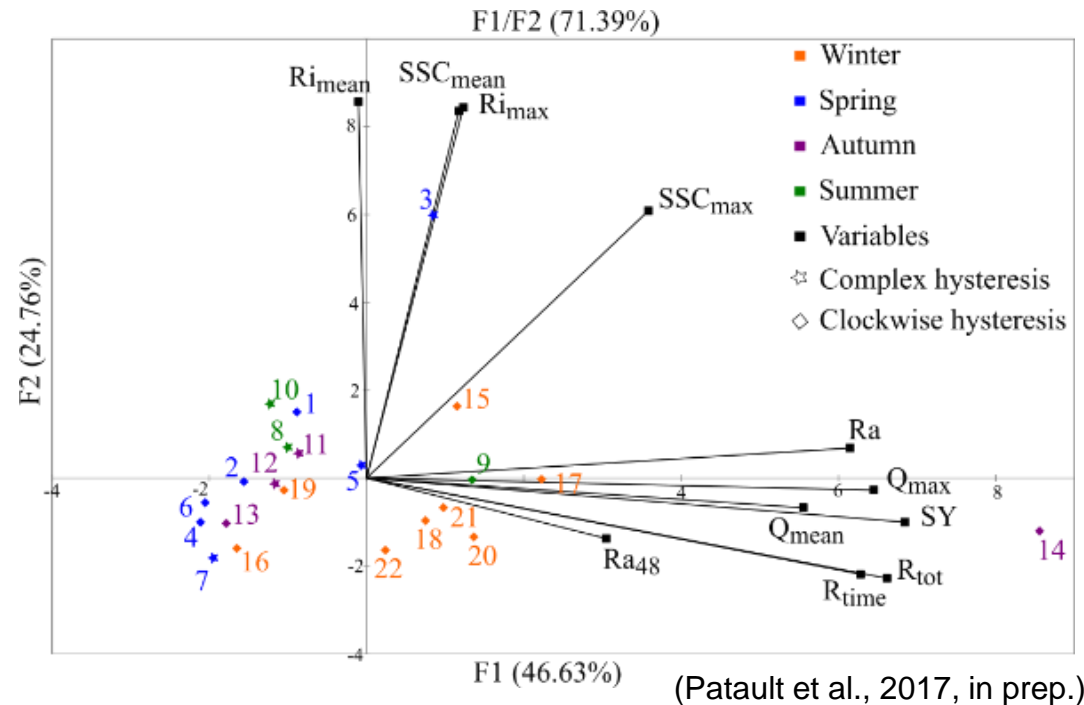
(Patault et al., 2017, in prep.)

## Tendances saisonnières

ACP: traitement statistique des caractéristiques des épisodes érosifs.

n = 22 épisodes érosifs  
p = 11 variables

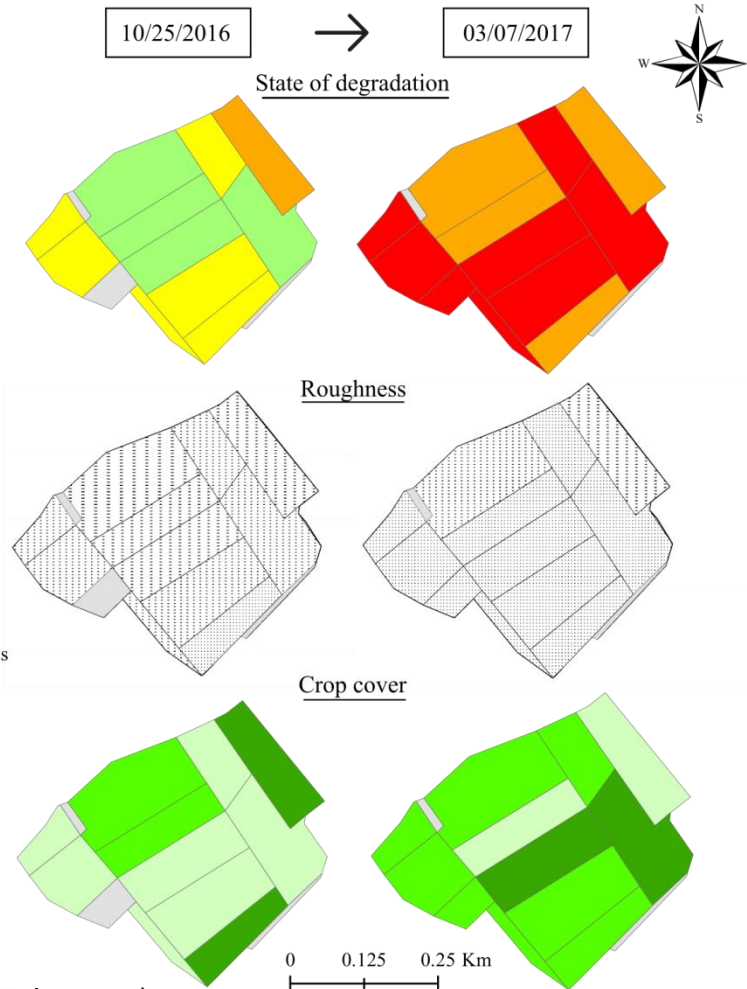
- Analyse de la matrice
- Réduction des données
- Relations n-p



- ✓ Hiver: fort cumuls de pluie + sol imbibés + très sensibles à l'érosion.
- ✓ Printemps + Automne : Evènements extrêmes → Episodes les plus érosifs.
- ✓ Été: forte intensité des pluies mais peu contributeurs.



Events	11/7/2016	3/8/2017
<i>Rainfall characteristics</i>		
Ra (mm)	17.5	14.6
Ri <sub>max</sub> (mm h <sup>-1</sup> )	8	4
Ra <sub>48</sub> (mm)	0.9	0.6
<i>Hydro-sedimentary response</i>		
R <sub>tot</sub> (m <sup>3</sup> )	0.57	2031.8
SY (kg)	0.6	595.1



**State of degradation**

- F0 - initial fragmentary state
- F11 - altered fragmentary state with initial crusts
- F2 - continuous state with depositional crusts
- F12 - local appearance of depositional crusts

**Roughness**    **Crop cover**

- 0-1cm    ■ 0-20%
- 1-2cm    ■ 21-60%
- 2-5cm    ■ 61-100%
- 5-10cm
- 10-15cm

- Pommeroye catchment
- No data

(Patault et al., 2017, in prep.)

- Episodes successifs → dégradation complète de la structure du sol.
- 2 épisodes similaires → hétérogénéité de la réponse hydro-sédimentaire
- Forte rugosité et état fragmentaire initial → meilleure infiltration
- Même avec augmentation de la couverture végétale → dégradation de la structure du sol semble être le paramètre dominant.

## *RETOUR SUR LA 1<sup>ère</sup> année de suivi*

- ✓ Budget sédimentaire précis et quantification de la variabilité temporelle.
- ✓ 1 évènement extrême → 50% du flux annuel.
- ✓ 2 comportements hydro-sédimentaires identifiés (ravines + soutien ponctuel des parcelles).
- ✓ Etat de dégradation + rugosité = paramètres forçants sur les flux.
- ✓ Impact de la couverture végétale modéré.

Approche expérimentale → meilleure compréhension du phénomène dans son ensemble mais ne permet pas de quantifier la variabilité spatiale.

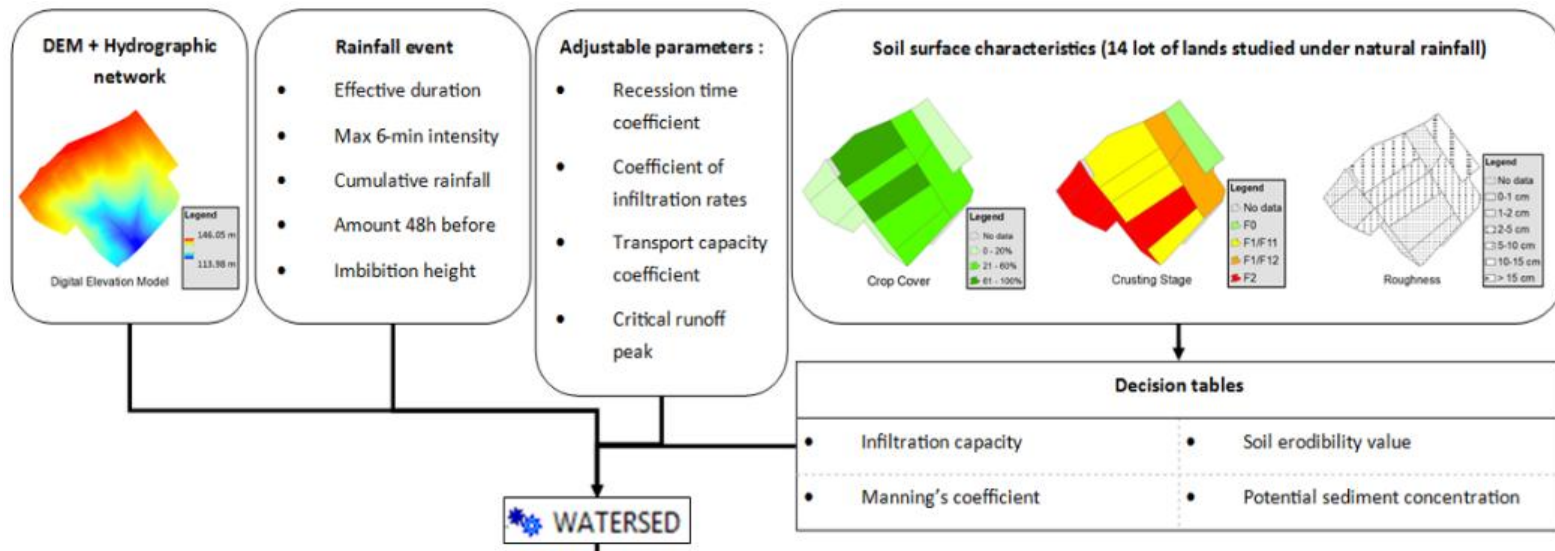
➤ Autre approche: modélisation SIG

- WATERSED: modèle non-dynamique, à base expert, utilisant des rasters et une approche distribuée pour modéliser la distribution spatiale des ruissellements et de l'érosion sur un bassin versant pour un évènement pluvieux donné (Landemaine, 2016)
- Le modèle est l'évolution de STREAM (Cerdan et al., 2001) qui simule les processus hydrologiques. Chaque maille est identifié comme un réservoir dont les propriétés sont calculées à l'échelle de l'évènement.

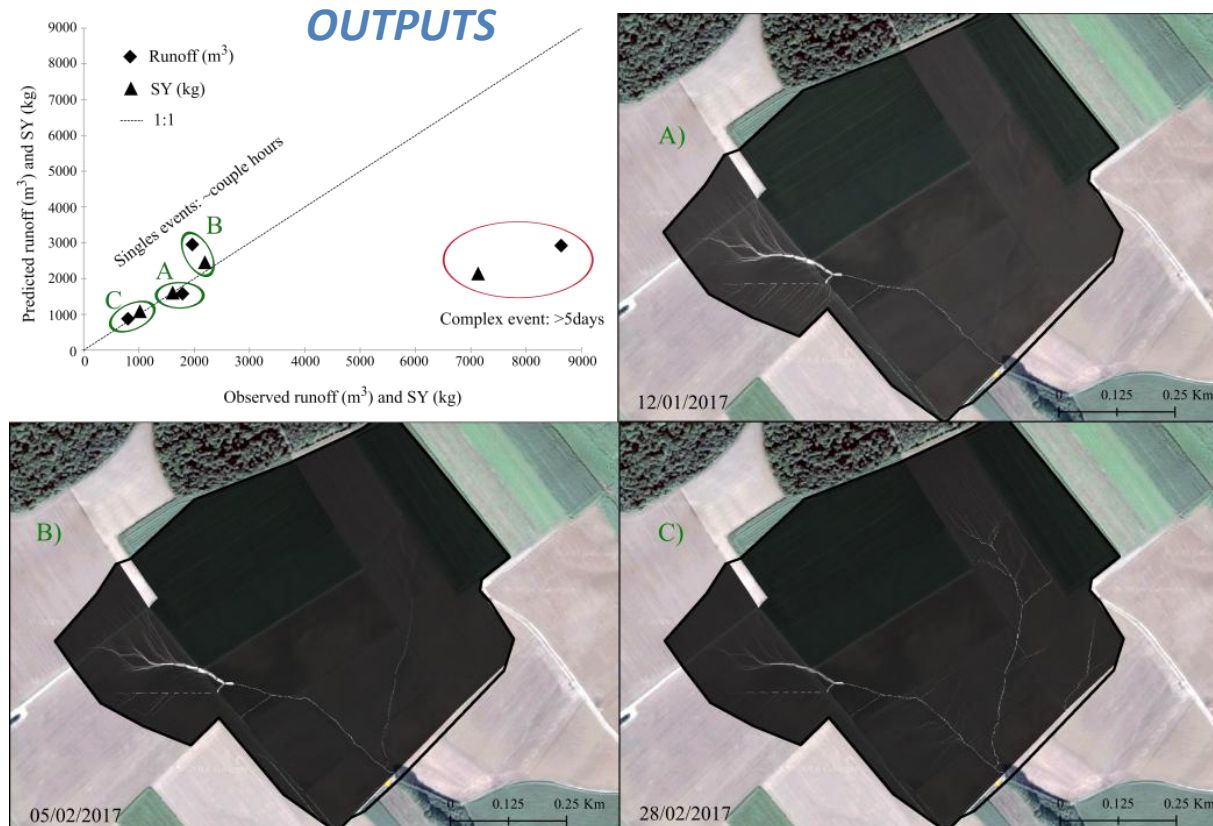


V. Landemaine, O. Cerdan, R. Vandromme (c) 2015

### INPUTS



- Les sorties du modèle permettent de visualiser et de quantifier la variabilité spatiale de la remobilisation des sédiments au cours d'évènements successifs.

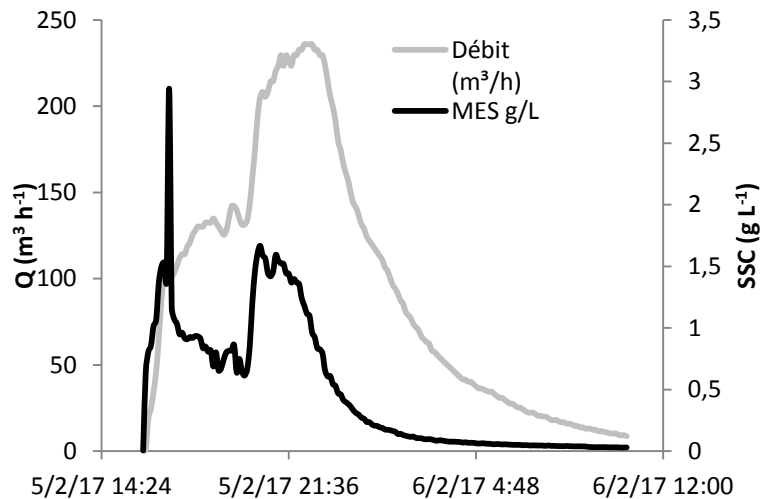


- Les 1<sup>ères</sup> simulations sont cohérentes avec les données observées et montrent de fortes variations spatiales suivant la nature de l'épisode érosif.

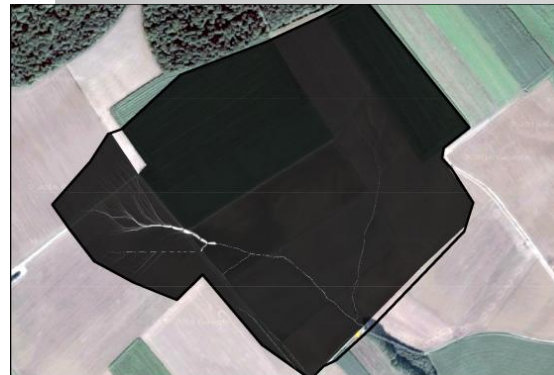
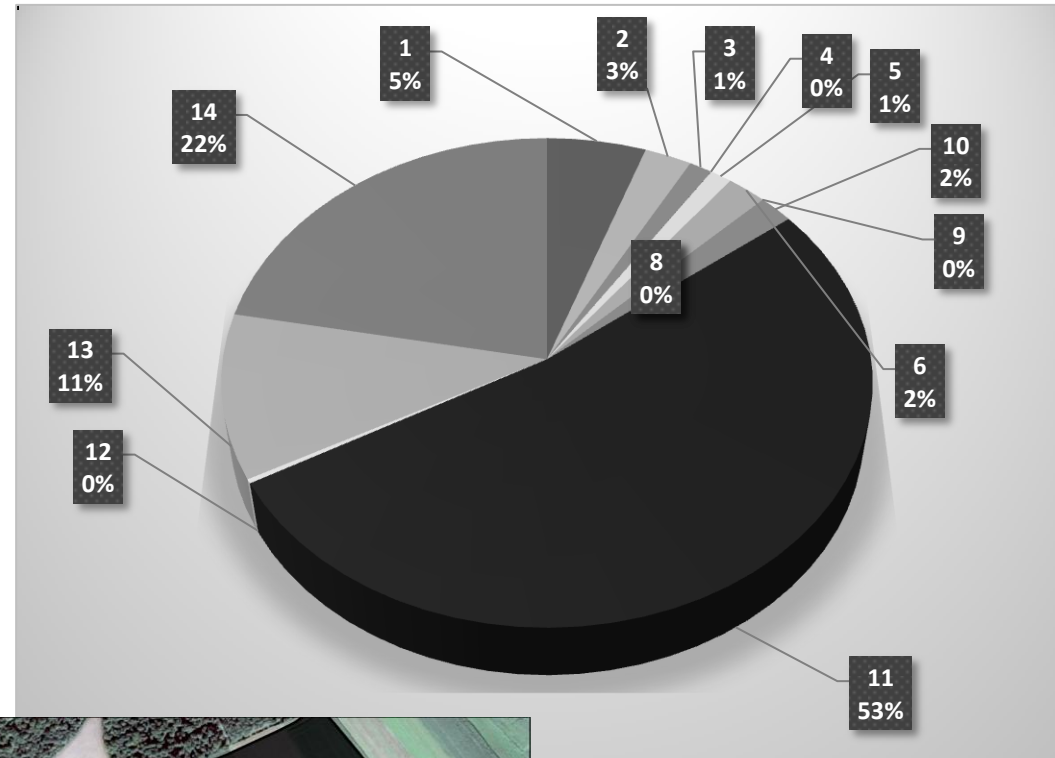


Episode : 05/02/2017

$SY_{\text{observé}}$  : 1500 kg  
 $SY_{\text{prédit}}$  : 2000 kg  
 $Runoff_{\text{observé}}$  : 1767 m<sup>3</sup>  
 $Runoff_{\text{prédit}}$  : 1600 m<sup>3</sup>



### Contributions parcelaires



## **BILAN**

- ✓ Budget sédimentaire précis à plusieurs échelles (BV + parcelles)
  - ✓ Quantification de la variabilité temporelle et des tendances saisonnières
  - ✓ Evènements extrêmes → Contributeur majoritaire au flux.
  - ✓ Solution d'hydraulique douce actuelles → En mesure de gérer ces évts extrêmes ?
  - ✓ Flux prédits = OK mais pas pour les évènements longs... → version dynamique ?
- 
- ✓ 1 article soumis à Catena (phase de reviewing)
  - ✓ 1 communication internationale à l'AGU2017 (Nouvelle Orléans, USA)

## **PERSPECTIVES**

- ✓ Diagnostic sur l'efficacité des solutions d'hydraulique douce via un module supplémentaire dans le modèle.
- ✓ Evaluer la variabilité temporelle de la réponse hydro-sédimentaire sur plusieurs années hydrologiques.

# Merci de votre attention

Analyse multi-échelle des processus d'érosion et de transfert de sédiments sur  
le bassin versant de la Canche

E.Patault<sup>1,2,\*</sup>, C.Alary<sup>1</sup>, C.Franke<sup>2</sup>, A.Gauthier<sup>1</sup>, N-E.Abriak<sup>1</sup>



\* Contact: [edouard.patault@imt-lille-douai.fr](mailto:edouard.patault@imt-lille-douai.fr)