

Travail de fin d'études

École Supérieure des Géomètres et Topographes



Utilisation et traitement des données MNT LiDAR pour la modélisation hydraulique et l'étude hydrogéomorphologique dans le cadre de la Directive Européenne 2007/60/CE relative aux risques d'inondation

Présenté par :
M. Arnaud ALVAREZ
le 10 juillet 2012

Membres du jury :
Président : M. José CALI
Maître de stage : M. Frédéric PONS
Professeur référent : M. Mathieu BONNEFOND

Contexte d'étude

Directive Européenne 2007/60/CE adoptée en 2007 pour réduire les conséquences négatives des inondations sur les territoires à risques

4 étapes de travail :

- Evaluation préliminaire des risques d'inondation (décembre 2011)
- Choix des territoires à risque important d'inondation (septembre 2012)
- **Elaboration des cartes de surfaces inondables et des cartes des risques d'inondation (décembre 2013)**
- Elaboration des plans de gestion du risque d'inondation et mise en oeuvre des stratégies locales (décembre 2015)

Objectif : Utilisation de ces nouvelles données LiDAR sur le territoire pour cartographier les zones inondables

Sommaire

- **Introduction**
- **Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR**
- **Analyse des résultats**
- **Conclusion**

Introduction

Nécessité de la connaissance des lignes de rupture de pente pour l'hydrogéomorphologie et la modélisation hydraulique

=> Objectif : détecter les lignes de rupture

Travail décomposé en 3 étapes :

- Réflexion sur les méthodes de détection des lignes de rupture de pente à partir d'un MNT créé sous tableur
- Prise en main des logiciels à disposition et transcription des méthodes QGIS et GRASS
- Application des méthodes sur dalles LiDAR

Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR

➤ Introduction

➤ **Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR**

- A partir d'un profil théorique
- A partir d'un profil théorique bruité
- Conclusion

➤ Analyse des résultats

➤ Conclusion

Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR

A partir d'un profil théorique

Création d'un profil en travers de plaine alluviale type



Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR

A partir d'un profil théorique

Calcul de la courbure

Rupture de pente = variation de pente importante => valeur de la dérivée de la pente importante

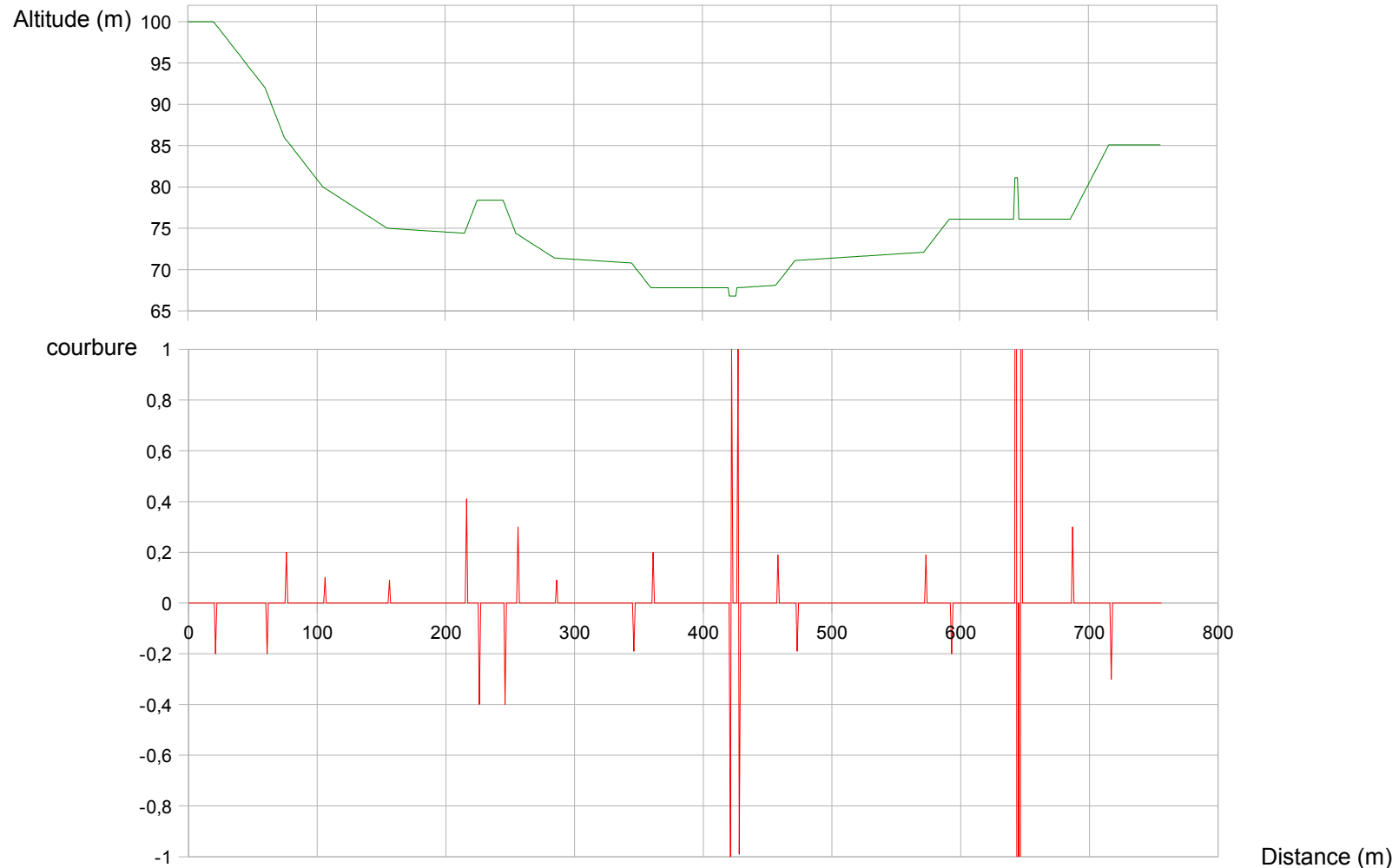
pente : $p = \Delta Z / \Delta x$

courbure : $c = \Delta p / \Delta x$

Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR

A partir d'un profil théorique

Calcul de la courbure



Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR

A partir d'un profil théorique

Calcul de la variation de pente

Différence de pente entre un point et un point de son voisinage.

[-1,-1]	[-1,0]	[-1,1]
[0,-1]	[0,0]	[0,1]
[1,-1]	[1,0]	[1,1]

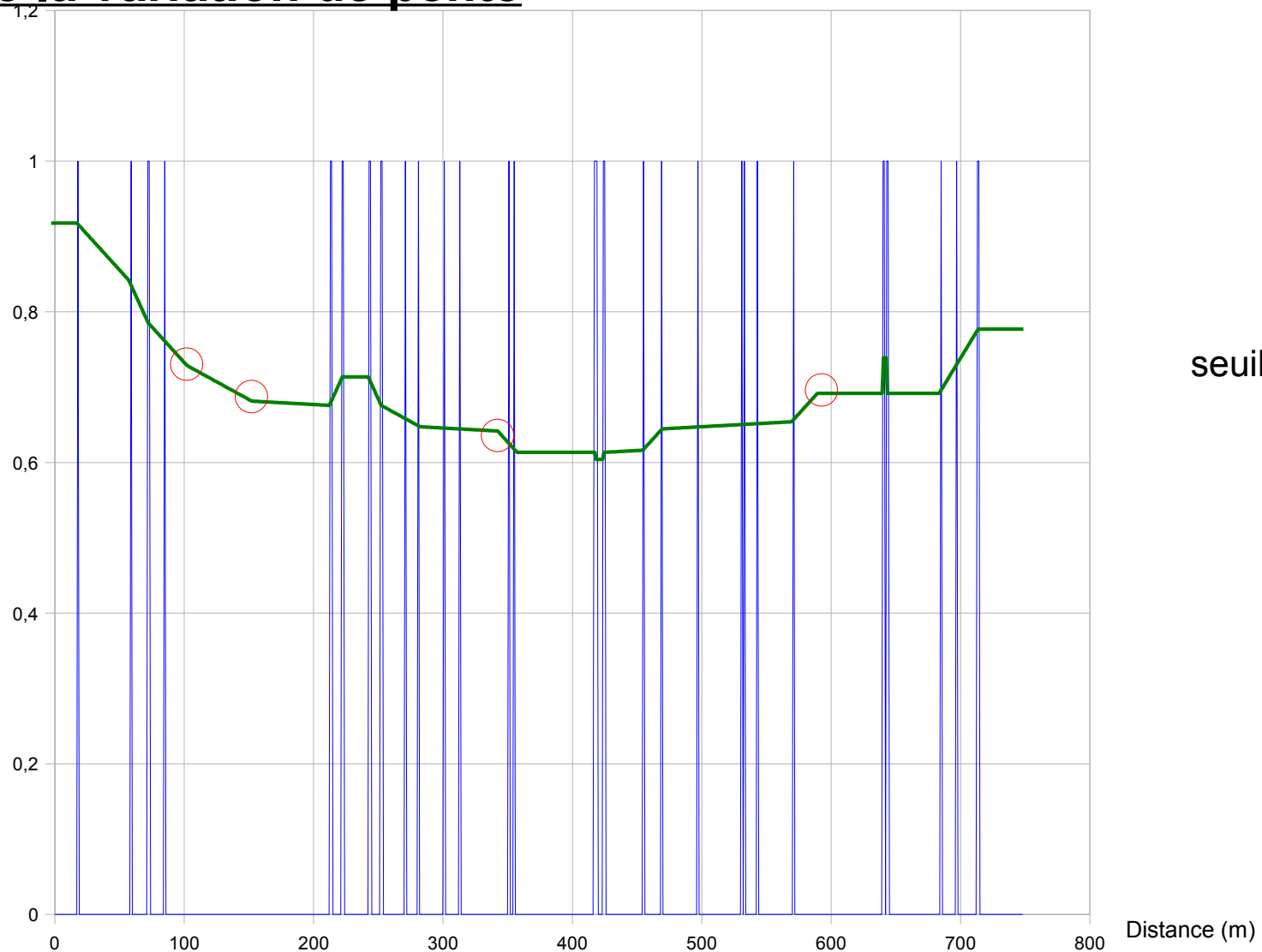
Expression sous GRASS pour un seuil de 5°:

```
r.mapcalc "rupture5_ps=if(abs(ps-ps[-1,-1]>5)||abs(ps-ps[-1,0]>5)||abs(ps-ps[-1,1]>5)||abs(ps-ps[0,1]>5)||abs(ps-ps[1,1]>5)||abs(ps-ps[1,0]>5)||abs(ps-ps[1,-1]>5)||abs(ps-ps[0,-1]>5),1,0)
```

Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR

A partir d'un profil théorique

Calcul de la variation de pente

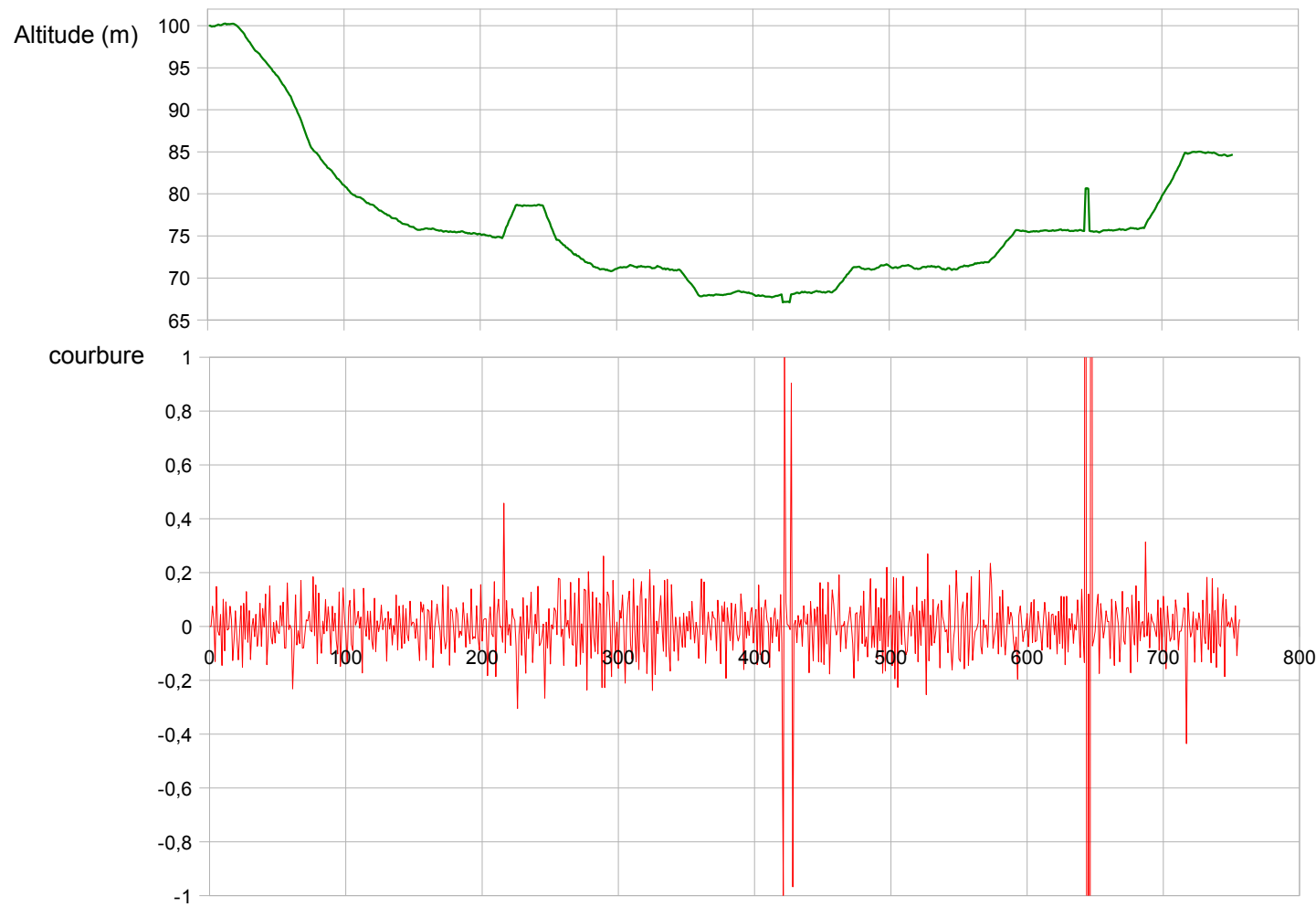


Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR

A partir d'un profil théorique bruité

Rajout de bruit sur les altitudes

Calcul de la courbure

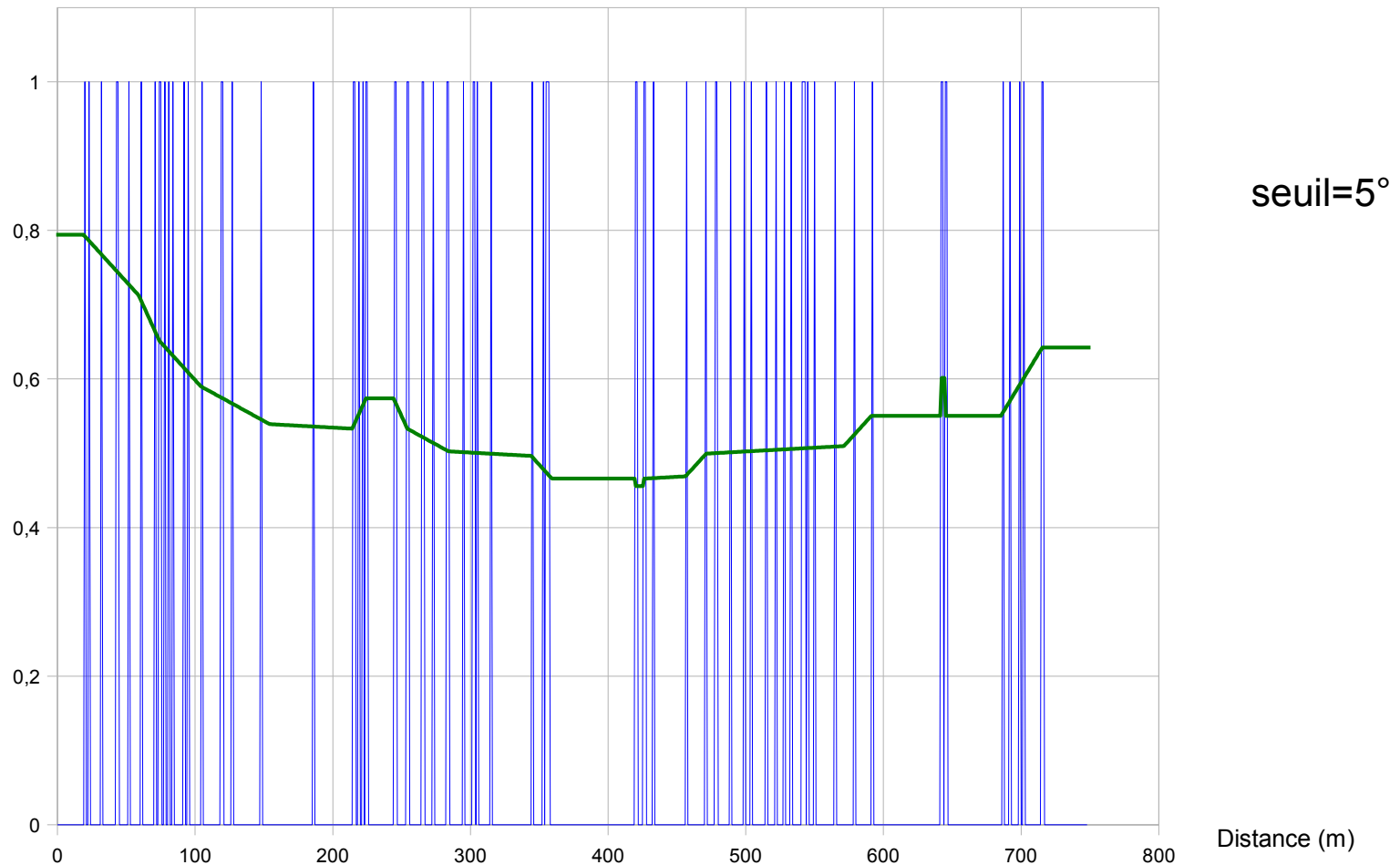


Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR

A partir d'un profil théorique bruité

Rajout de bruit sur les altitudes

Calcul de la variation de pente

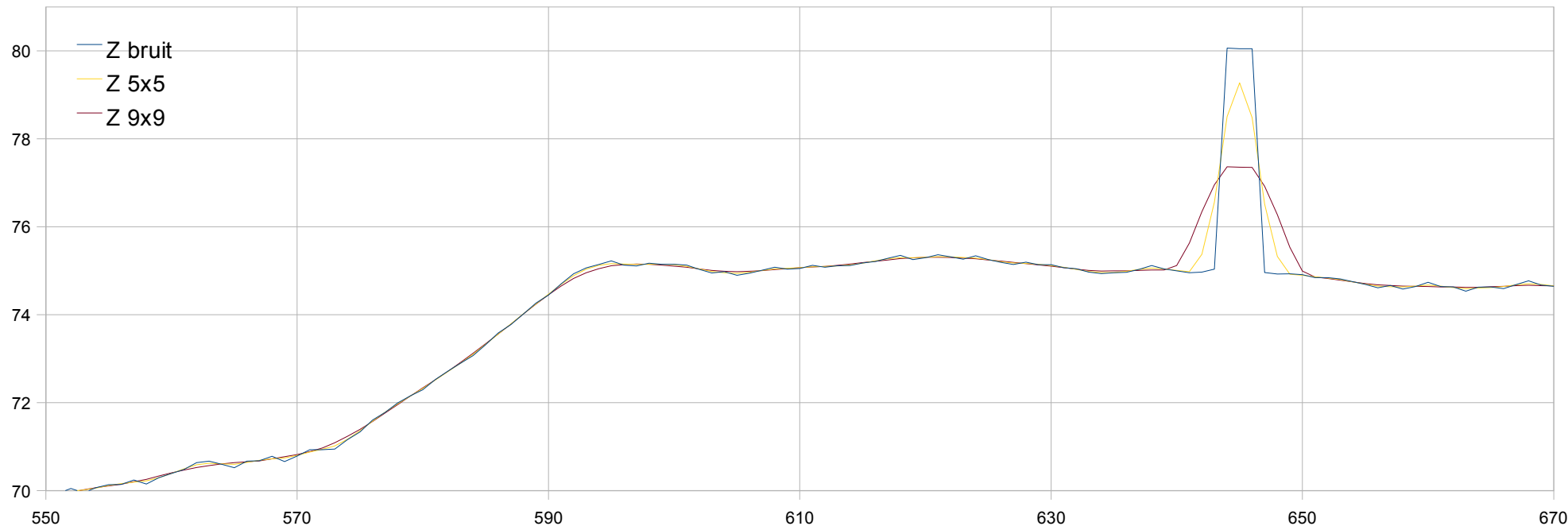


Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR

A partir d'un profil théorique bruité

Réduction du bruit

Application d'un filtre « moyenne » => lissage du terrain naturel



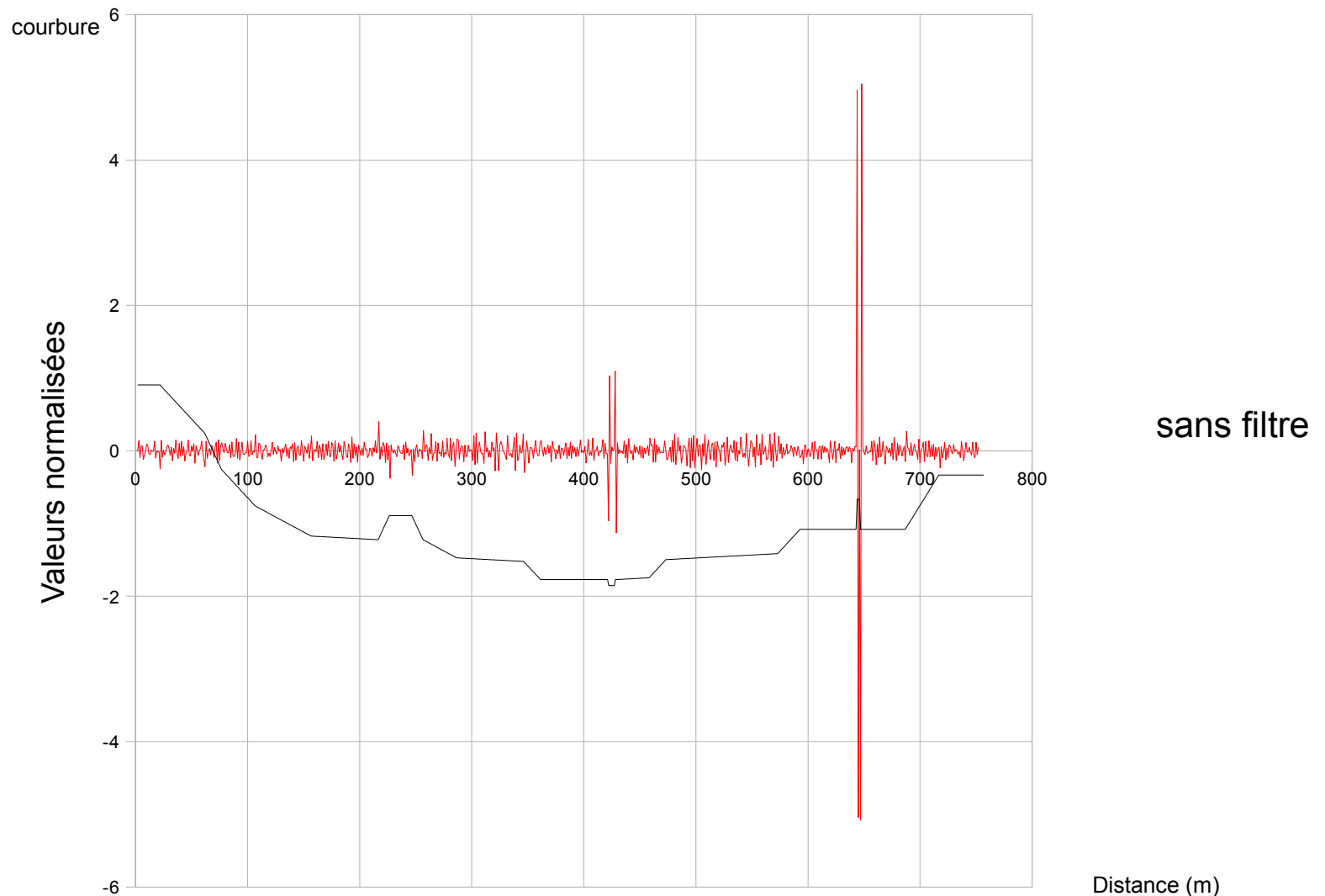
Exemple filtre 5x5 :

0	0	1	0	0
0	1	3	1	0
1	3	5	3	1
0	1	3	1	0
0	0	1	0	0

Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR

A partir d'un profil théorique bruité

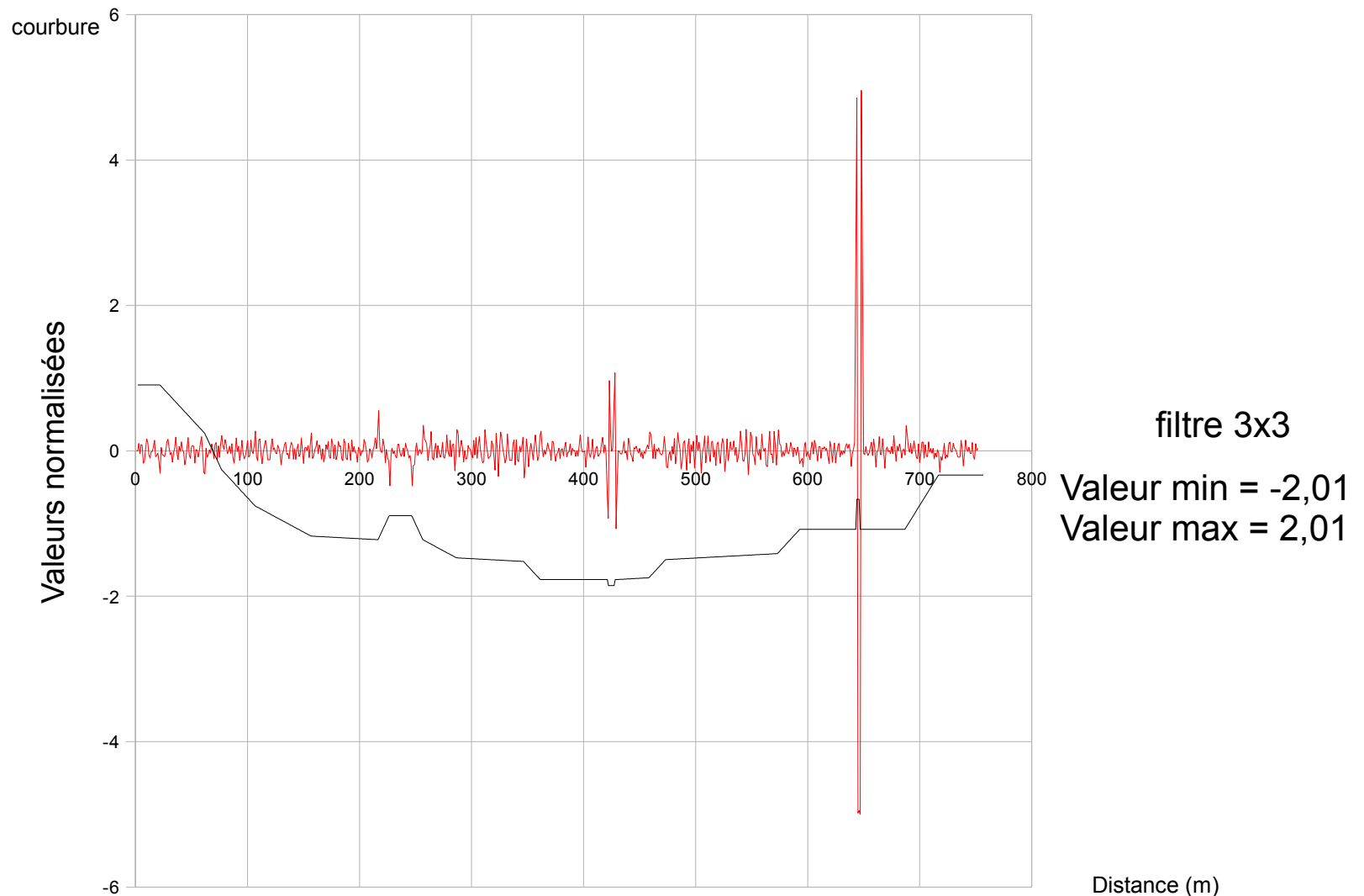
Calcul de la courbure



Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR

A partir d'un profil théorique bruité

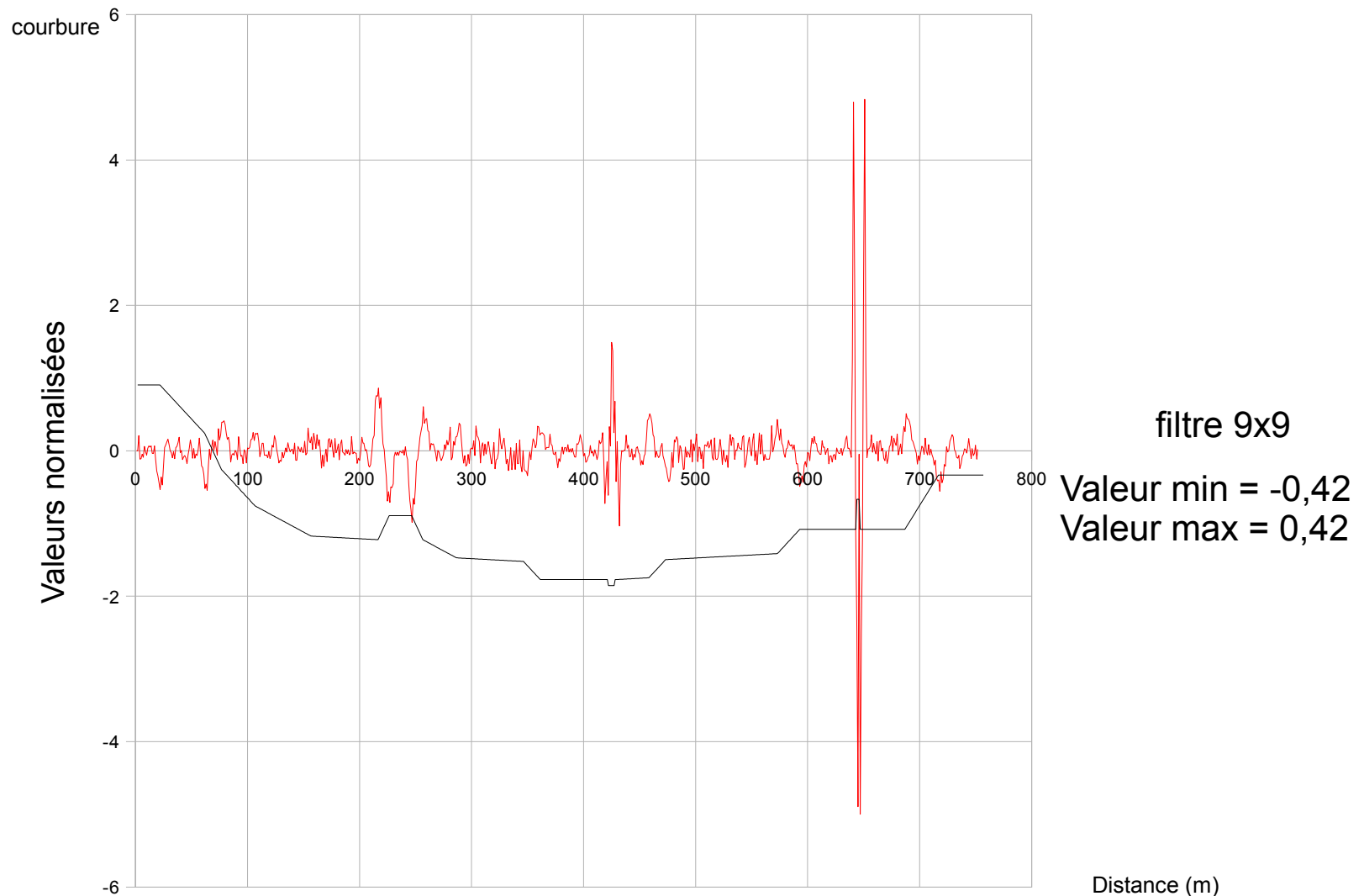
Calcul de la courbure



Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR

A partir d'un profil théorique bruité

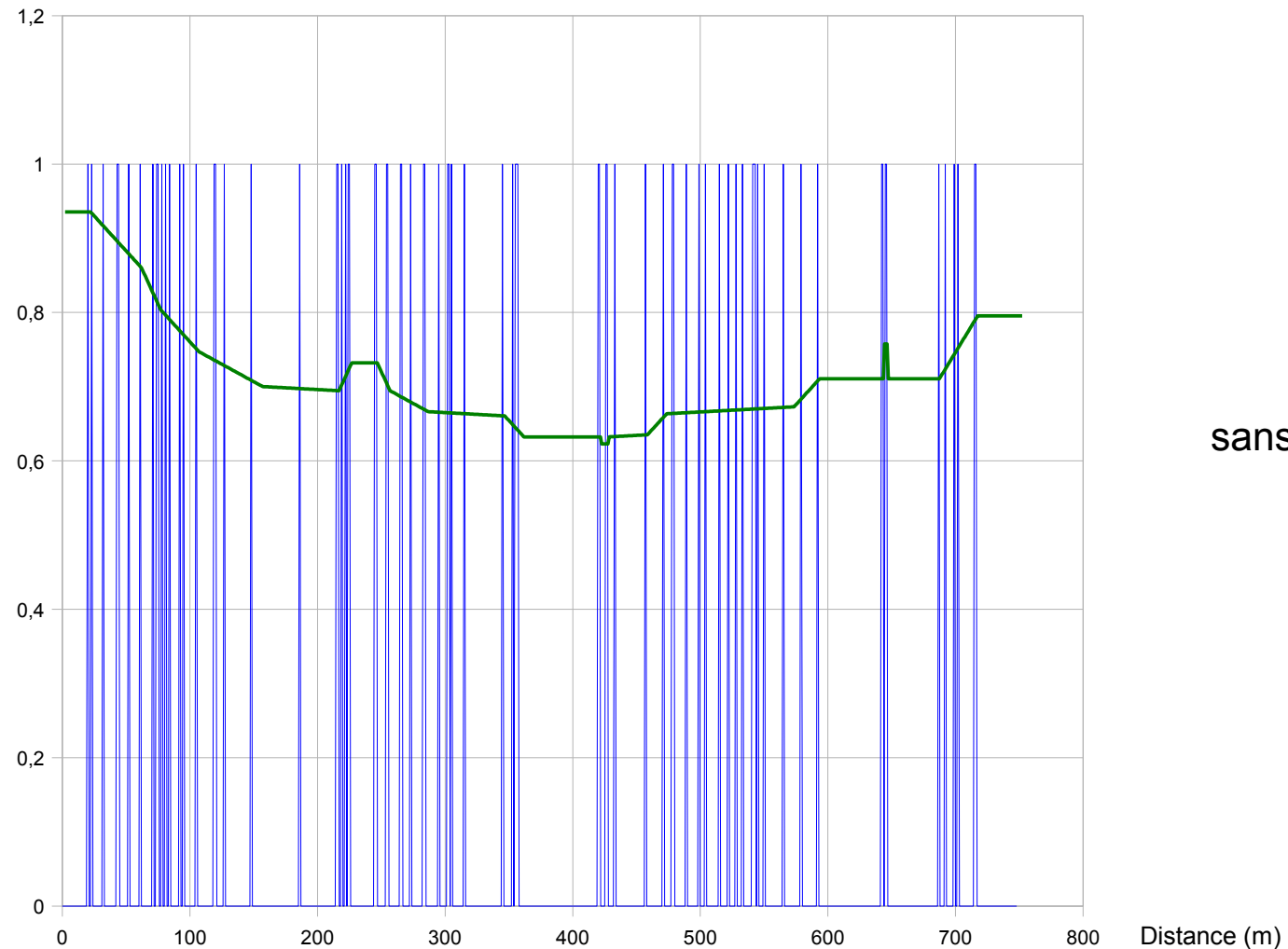
Calcul de la courbure



Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR

A partir d'un profil théorique bruité

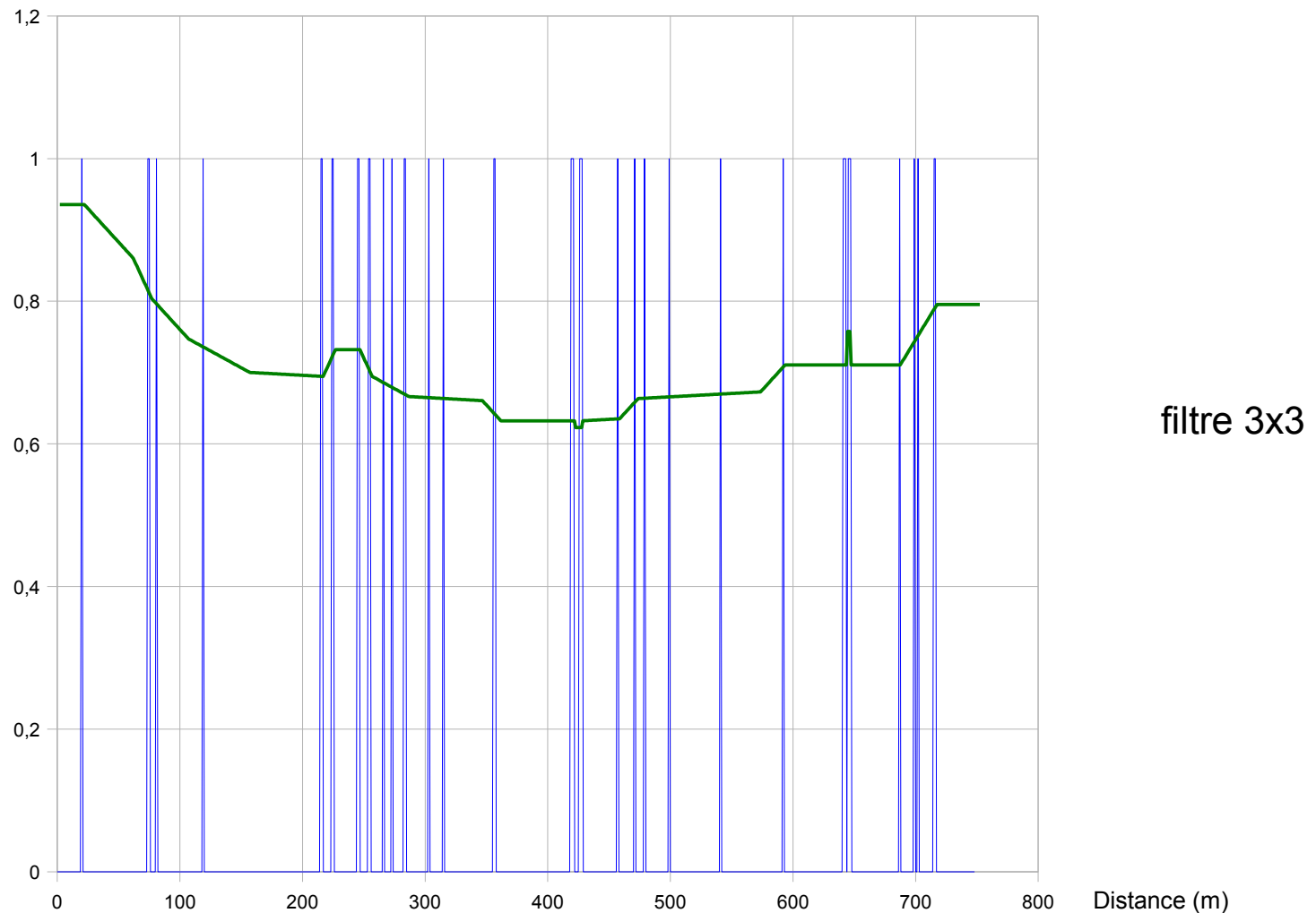
Calcul de la variation de pente



Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR

A partir d'un profil théorique bruité

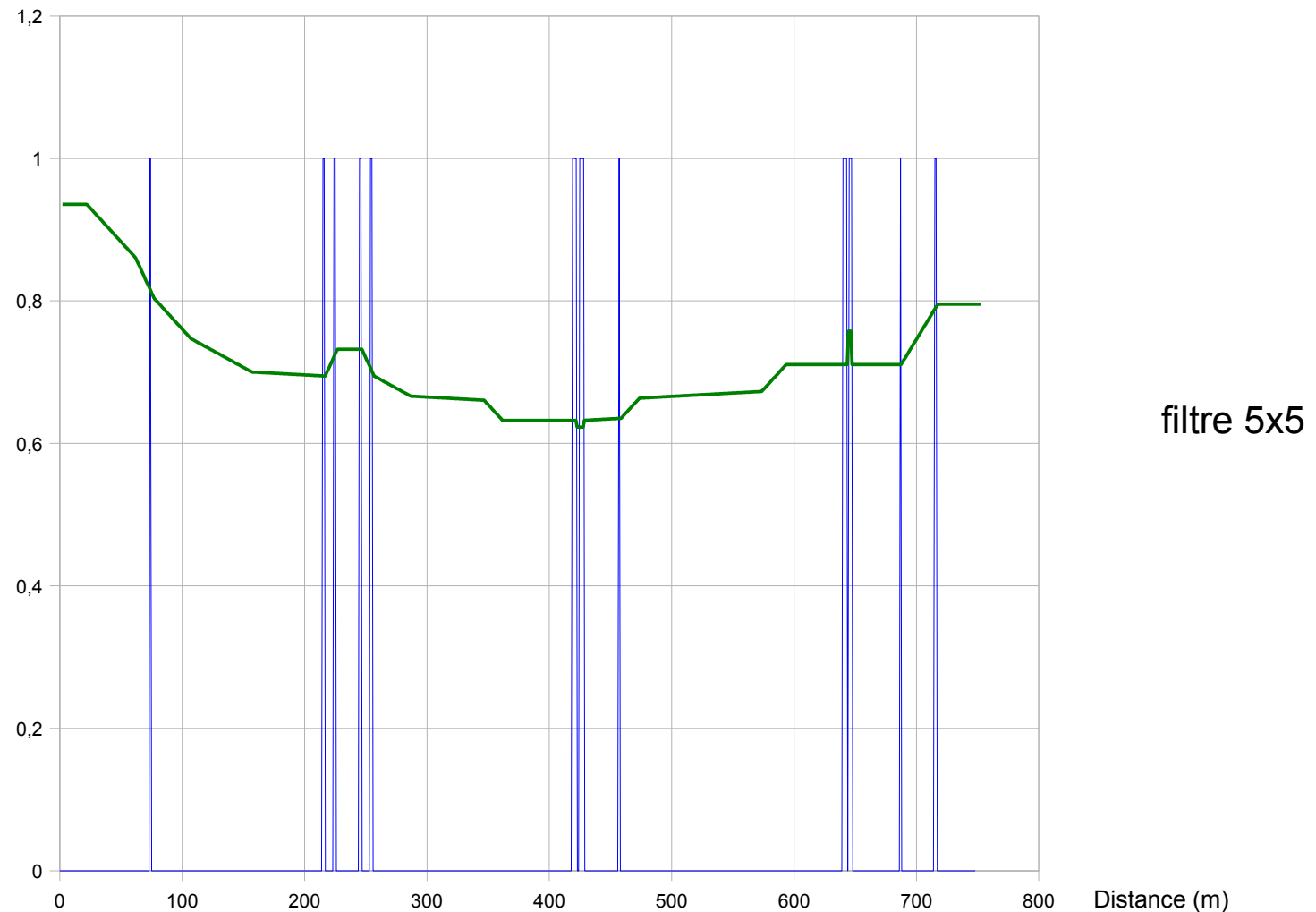
Calcul de la variation de pente



Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR

A partir d'un profil théorique bruité

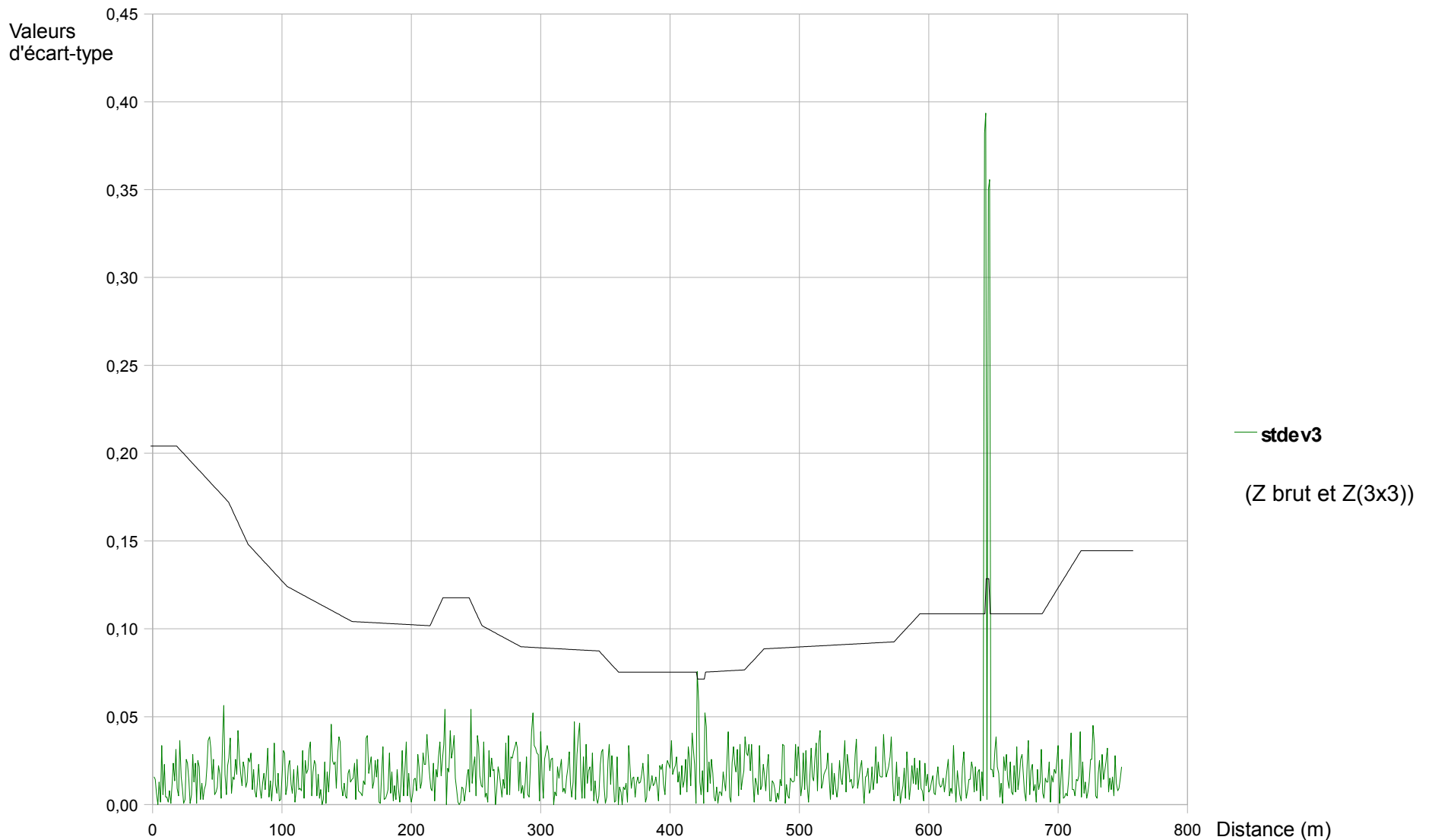
Calcul de la variation de pente



Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR

A partir d'un profil théorique bruité

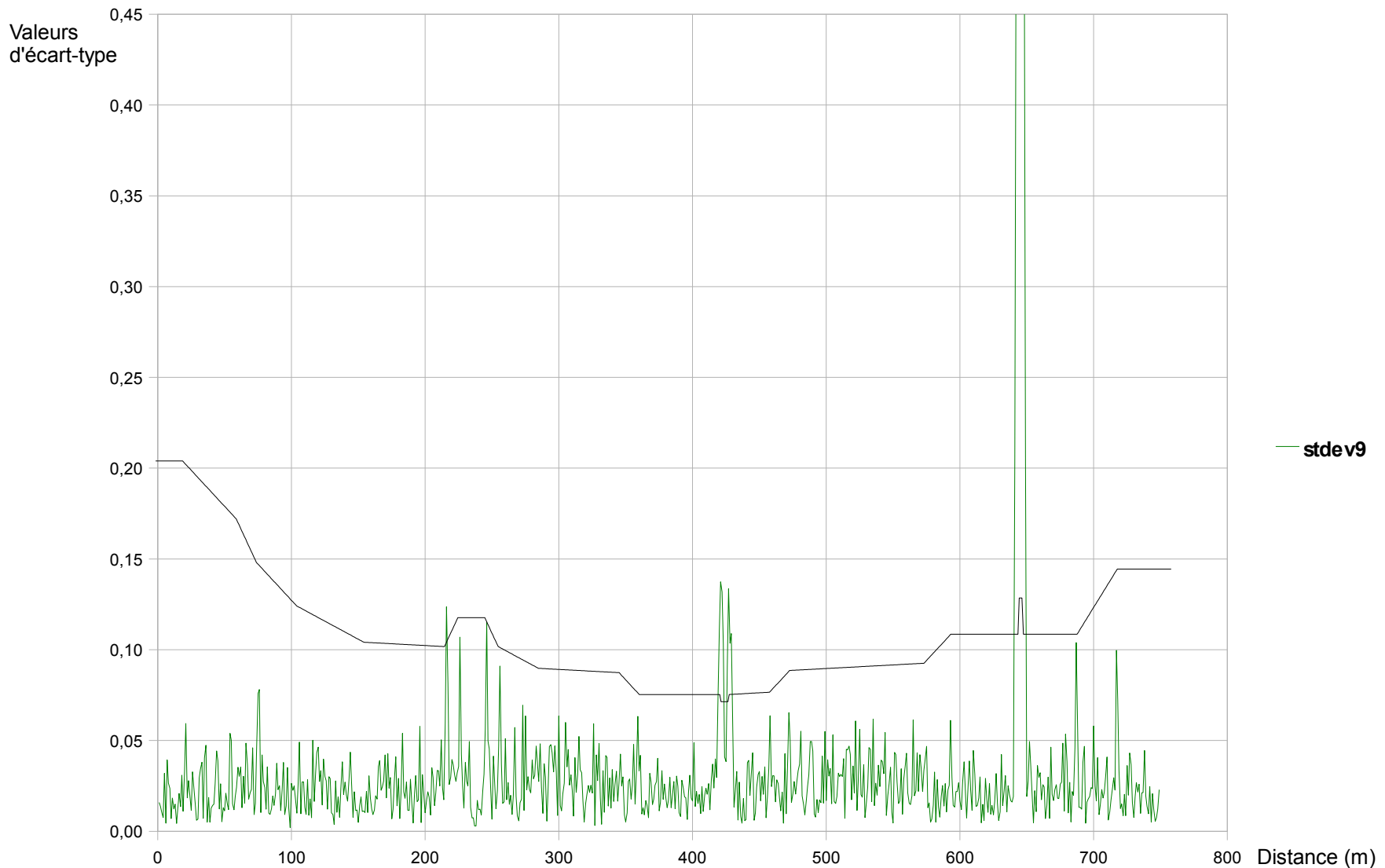
Calcul de l'écart-type



Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR

A partir d'un profil théorique bruité

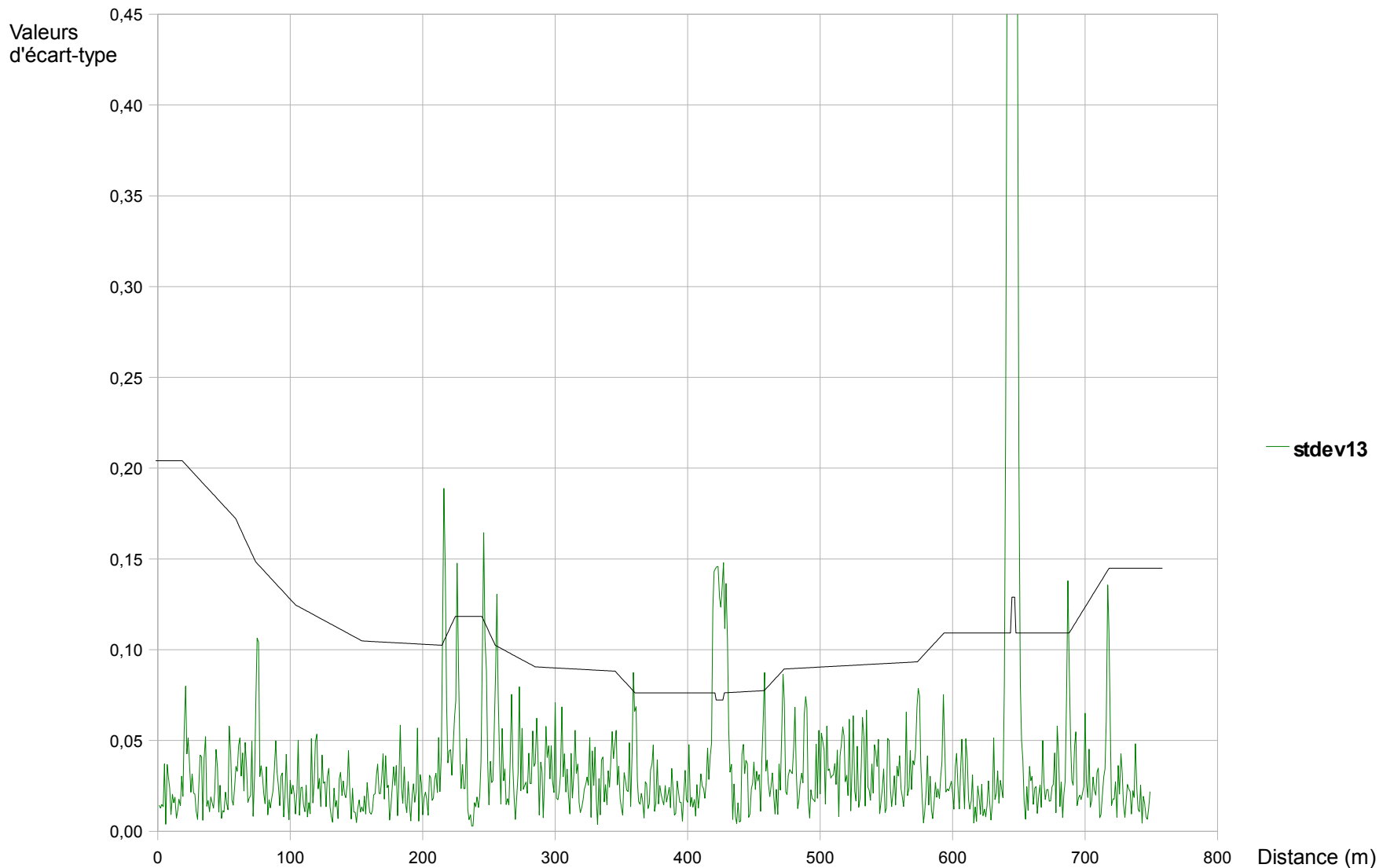
Calcul de l'écart-type



Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR

A partir d'un profil théorique bruité

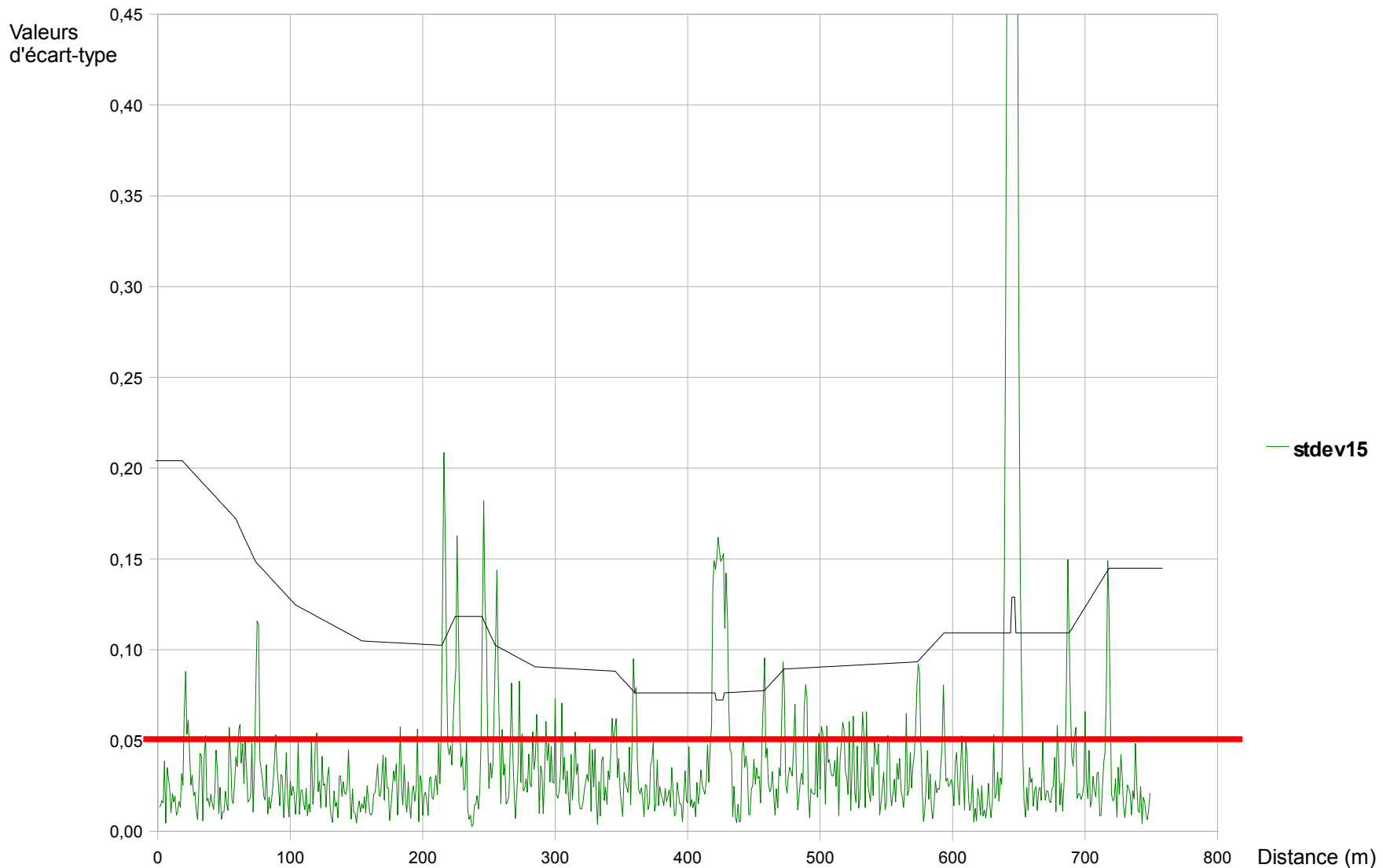
Calcul de l'écart-type



Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR

A partir d'un profil théorique bruité

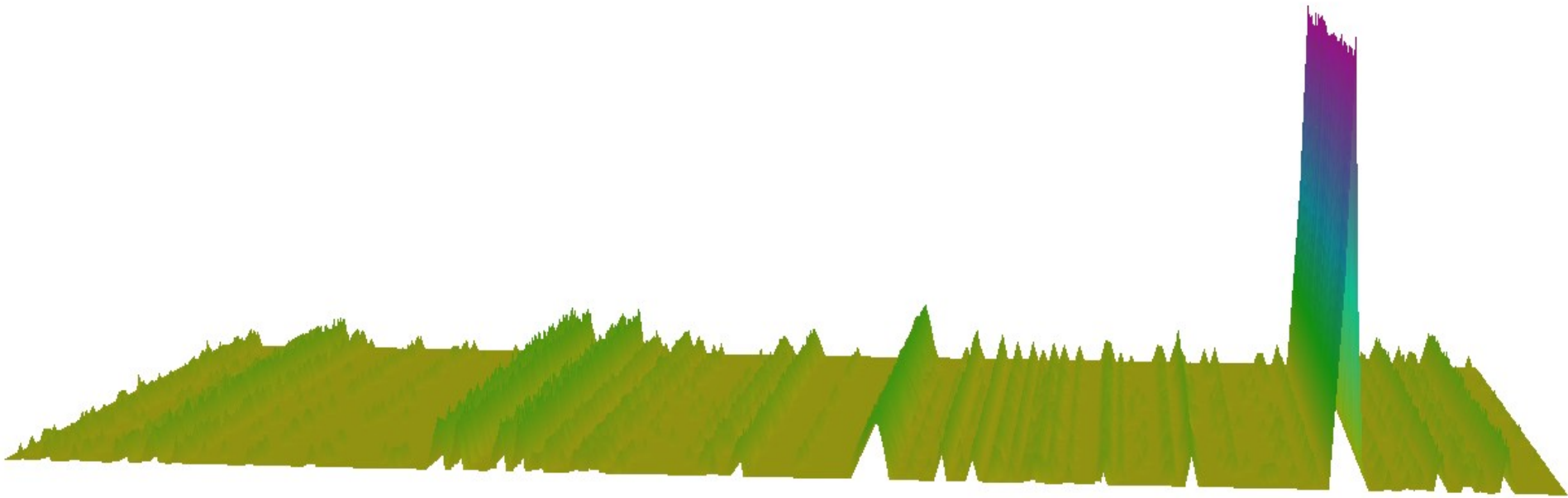
Calcul de l'écart-type



Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR

A partir d'un profil théorique bruité

raster « écart-type » en 3D



Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR

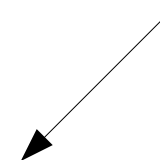
A partir d'un profil théorique bruité

Calcul des points d'écoulement nul

2	4	6	7	10
1	3	5	10	8
7	8	10	5	4
10	10	7	2	1
8	5	4	3	2



↓	↙	↙	↙	←
←	←	←	↘	↓
↑	↖	↘	↘	↓
↑	→	→	→	→
→	→	→	→	↑

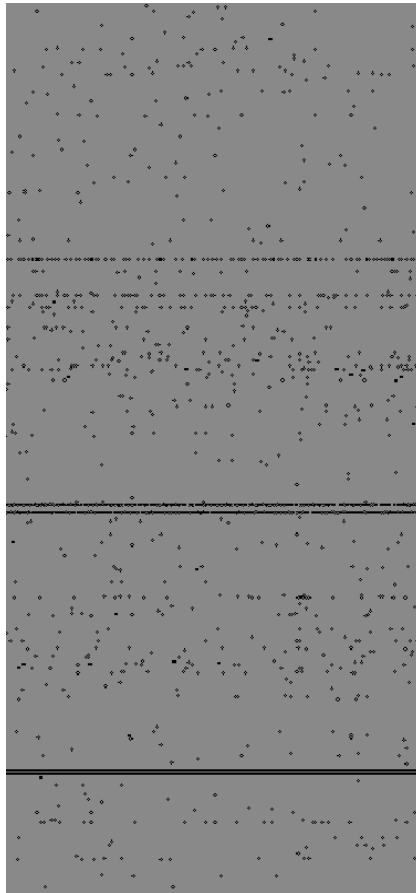


0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
1	1	0	0	0
0	0	0	0	0

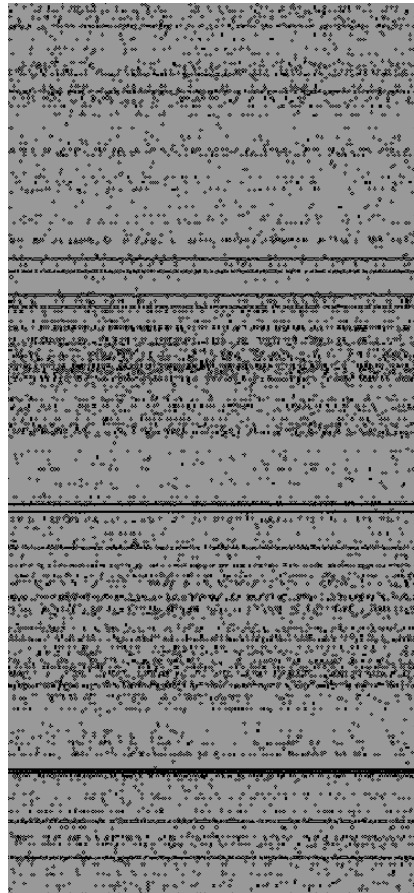
Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR

A partir d'un profil théorique bruité

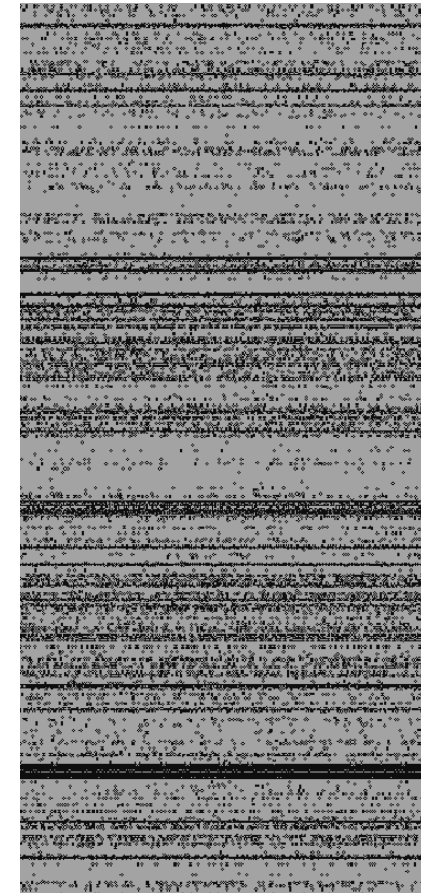
Raster « écoulement nul »



stdev3



stdev7



stdev15

Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR

Conclusions

- Réduction du bruit avec un filtre pour lisser le terrain naturel
 - 3 méthodes de détection de ligne de rupture de pente :
 - Calcul de la courbure
 - Calcul de la variation de pente
 - Calcul de l'écart-type
- } Seuillage difficile car valeur de seuil dépendante du filtrage utilisé
- ↘
- Valeur de seuil moins sensible à la taille de filtre, indépendante du terrain naturel

Analyse des résultats

- Introduction
- Mise en place des méthodes de traitement des données LiDAR
- **Analyse des résultats**
 - ♦ Comparaison avec l'hydrogéomorphologie
 - ♦ Comparaison avec la modélisation hydraulique
- Conclusion

Analyse des résultats

Comparaison avec l'hydrogéomorphologie

Zone test

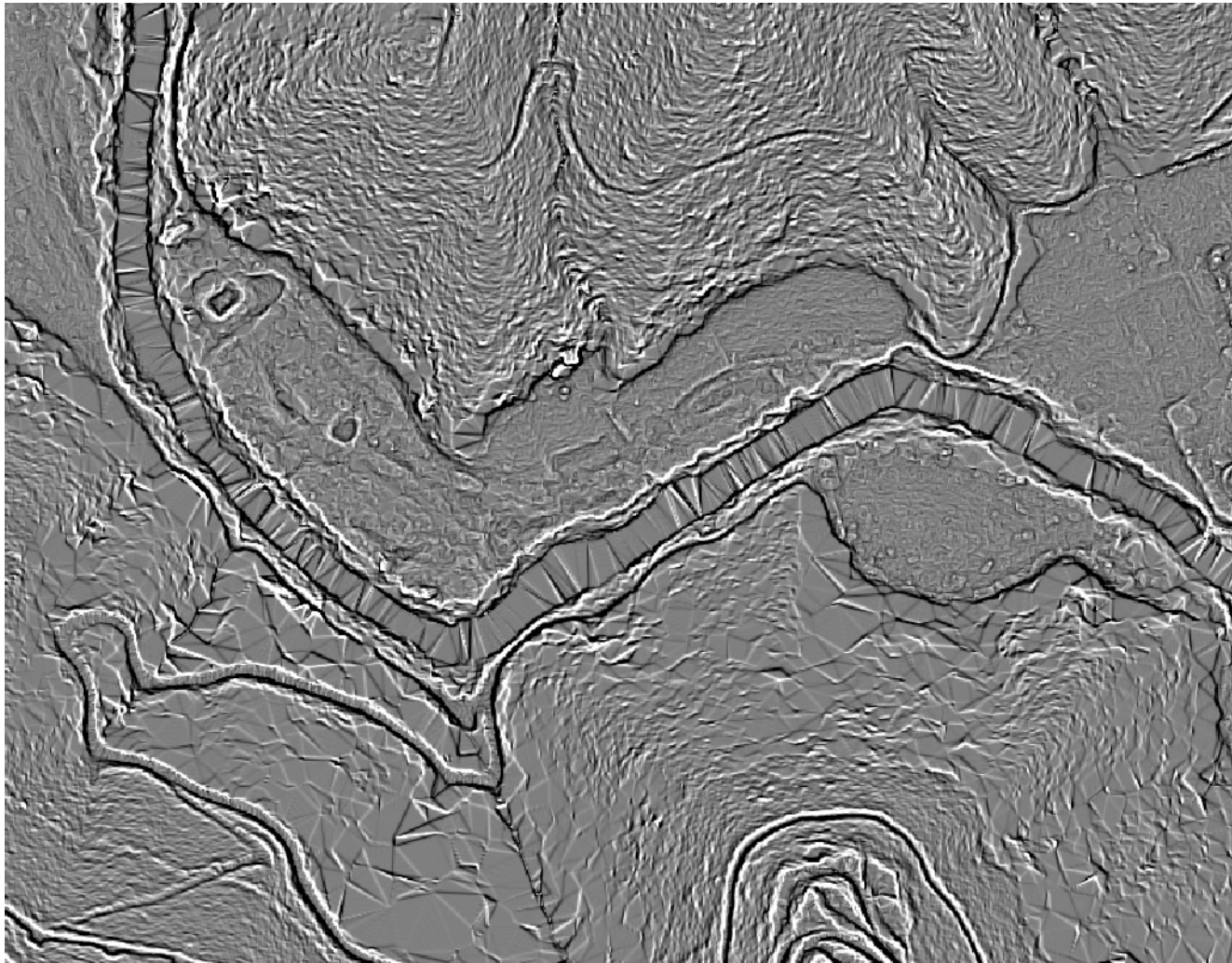


100m

Analyse des résultats

Comparaison avec l'hydrogéomorphologie

Calcul de courbure



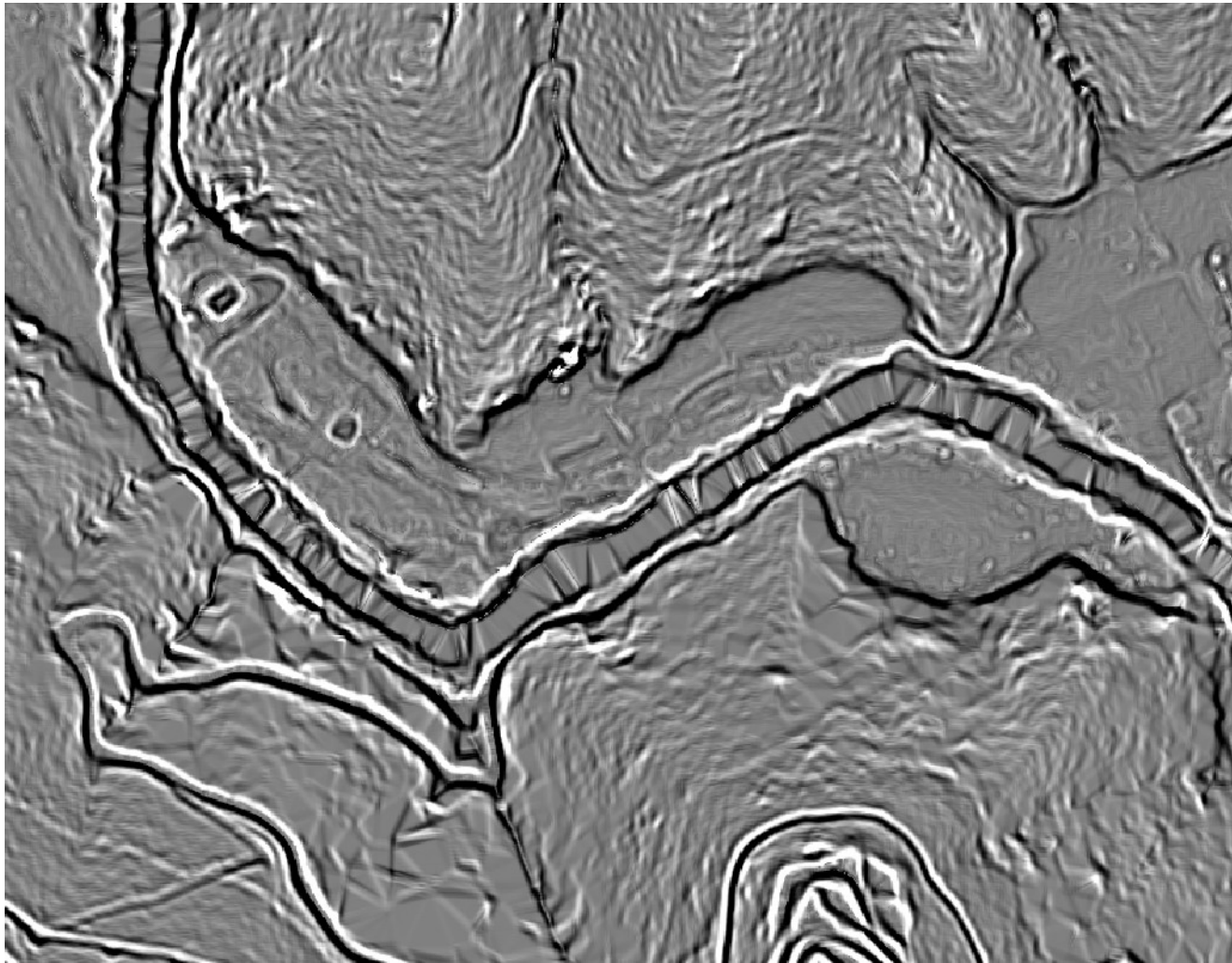
courbure3

100m

Analyse des résultats

Comparaison avec l'hydrogéomorphologie

Calcul de courbure



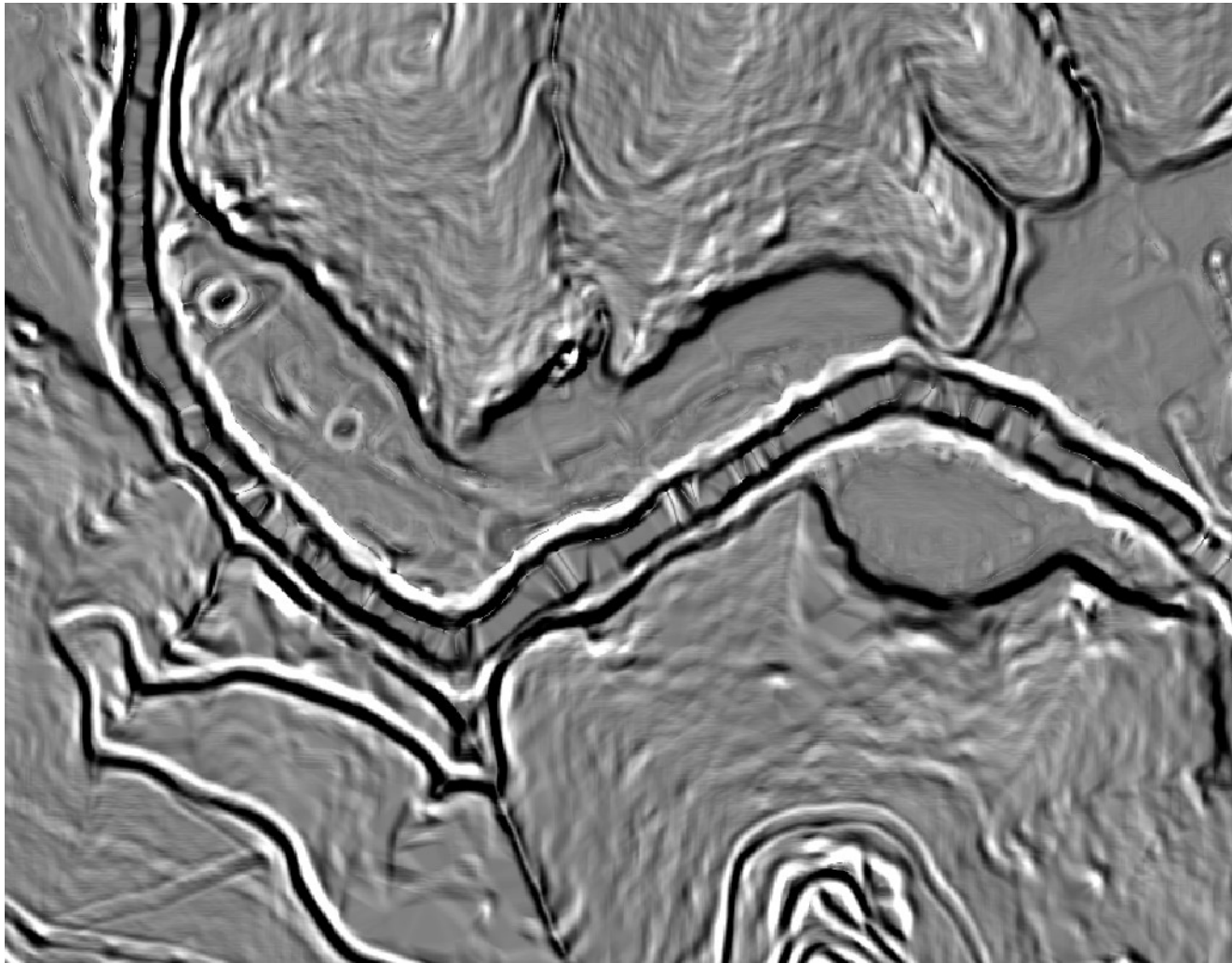
courbure9

100m

Analyse des résultats

Comparaison avec l'hydrogéomorphologie

Calcul de courbure



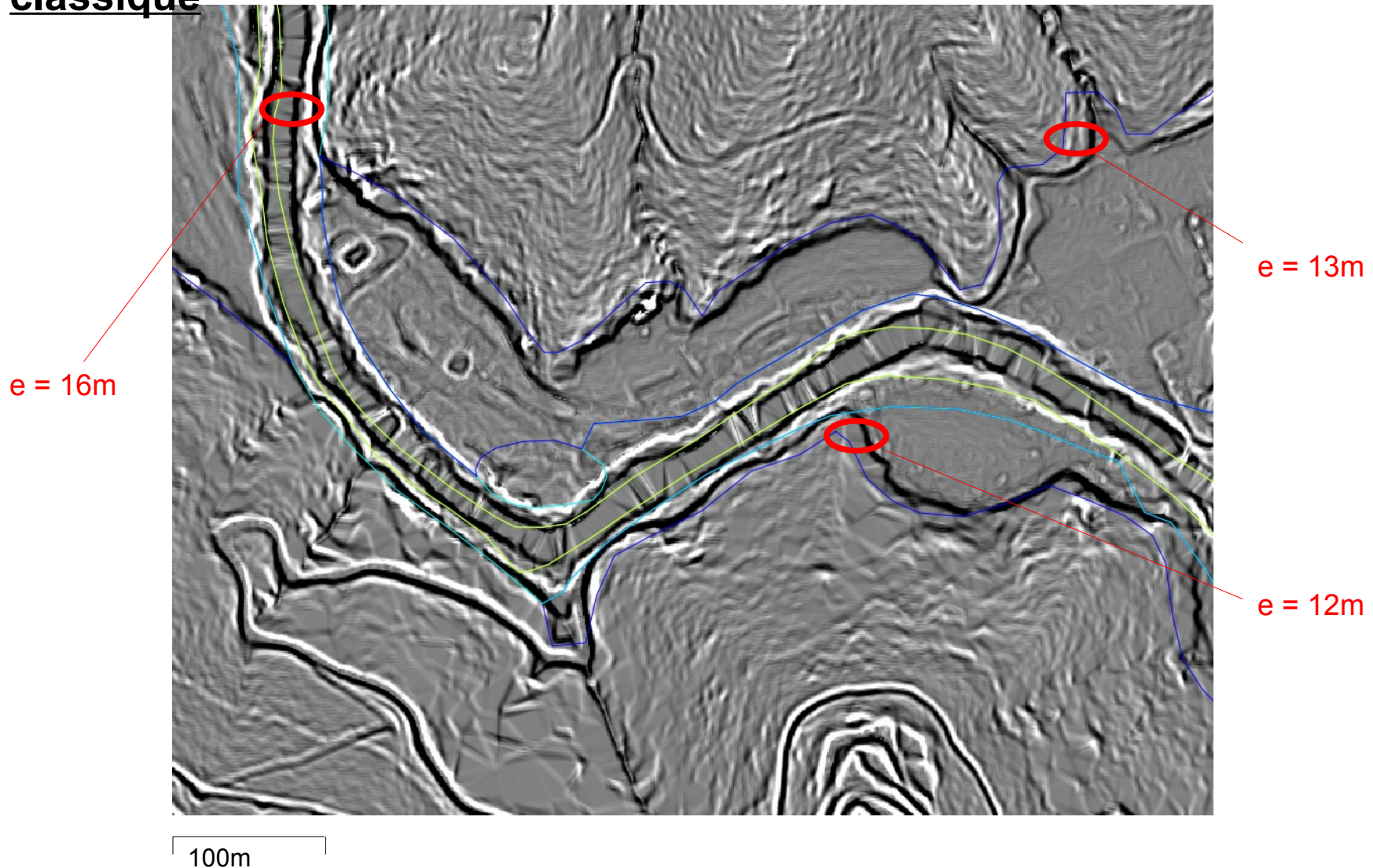
courbure15

100m

Analyse des résultats

Comparaison avec l'hydrogéomorphologie

Calcul de courbure et limites géomorphologiques issues de la méthode classique



Analyse des résultats

Comparaison avec l'hydrogéomorphologie

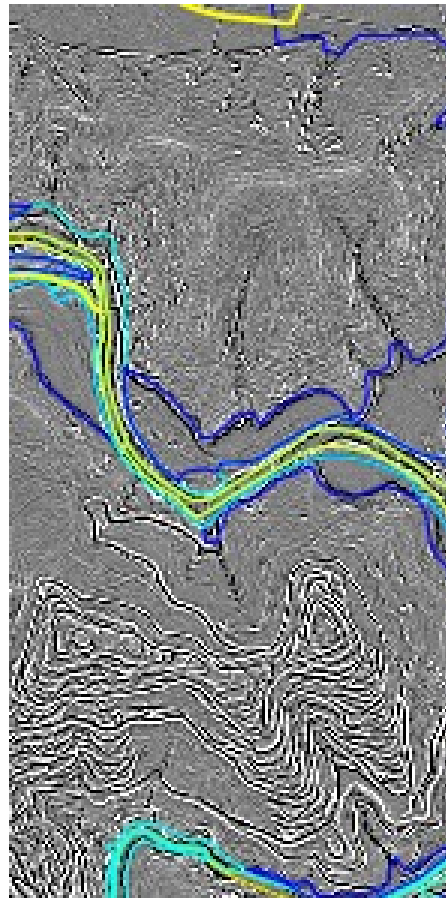
Limites géomorphologiques issues de la méthode classique et ortho-image



Analyse des résultats

Comparaison avec l'hydrogéomorphologie

Calcul de courbure et limites géomorphologiques issues de la méthode classique à l'échelle 1/25000

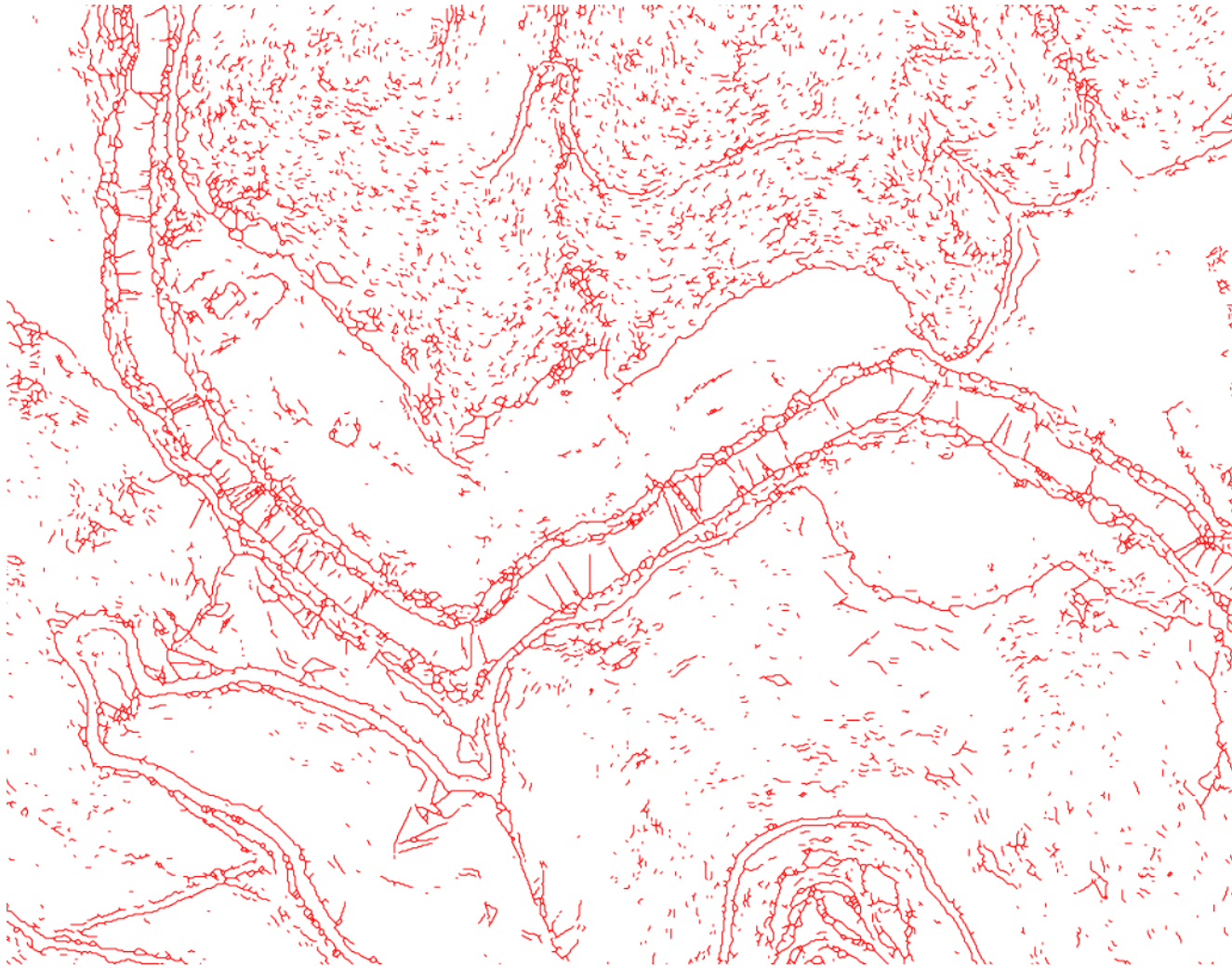


courbure9

Analyse des résultats

Comparaison avec l'hydrogéomorphologie

Calcul de la variation de pente



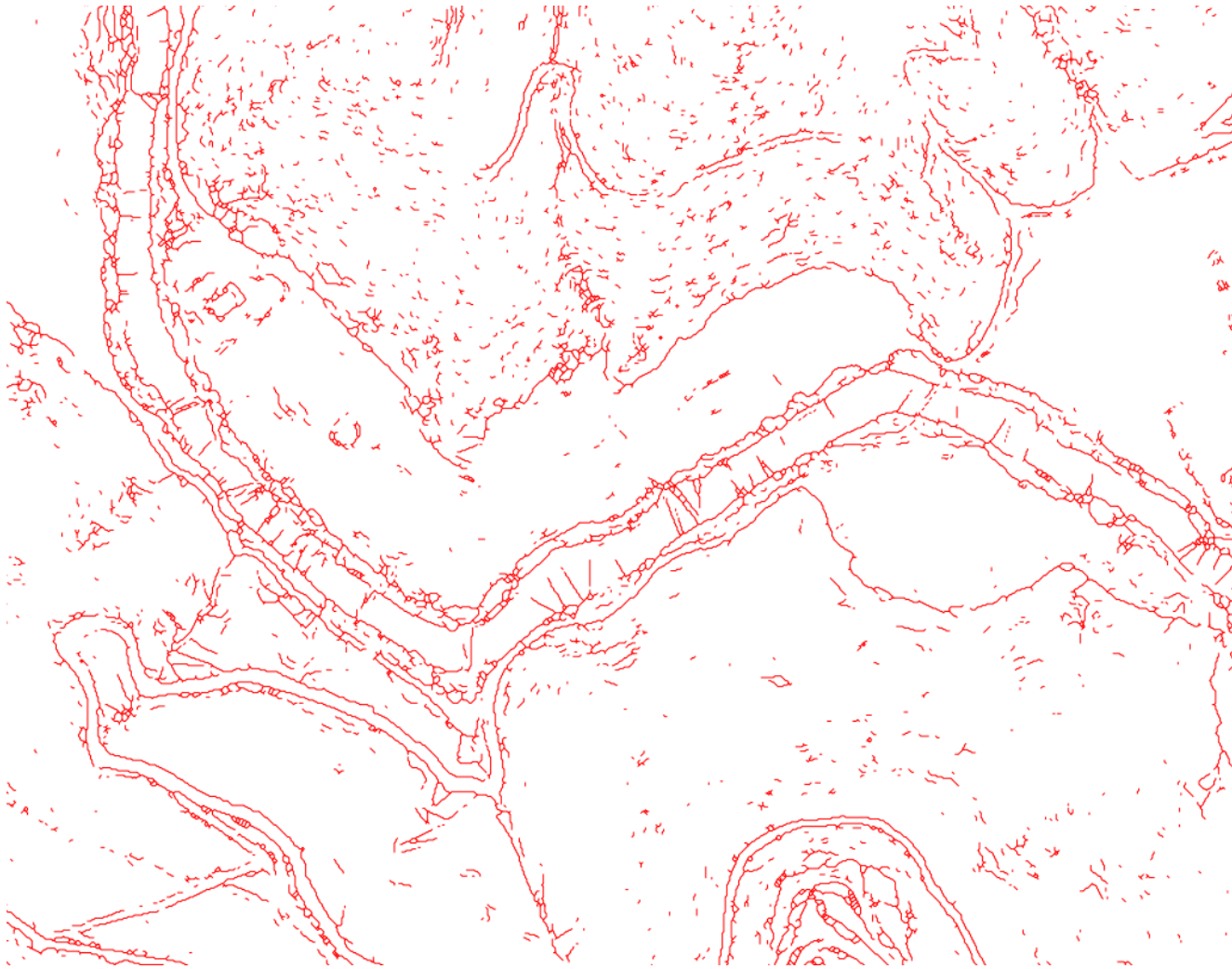
100m

Filtre 3x3

Analyse des résultats

Comparaison avec l'hydrogéomorphologie

Calcul de la variation de pente



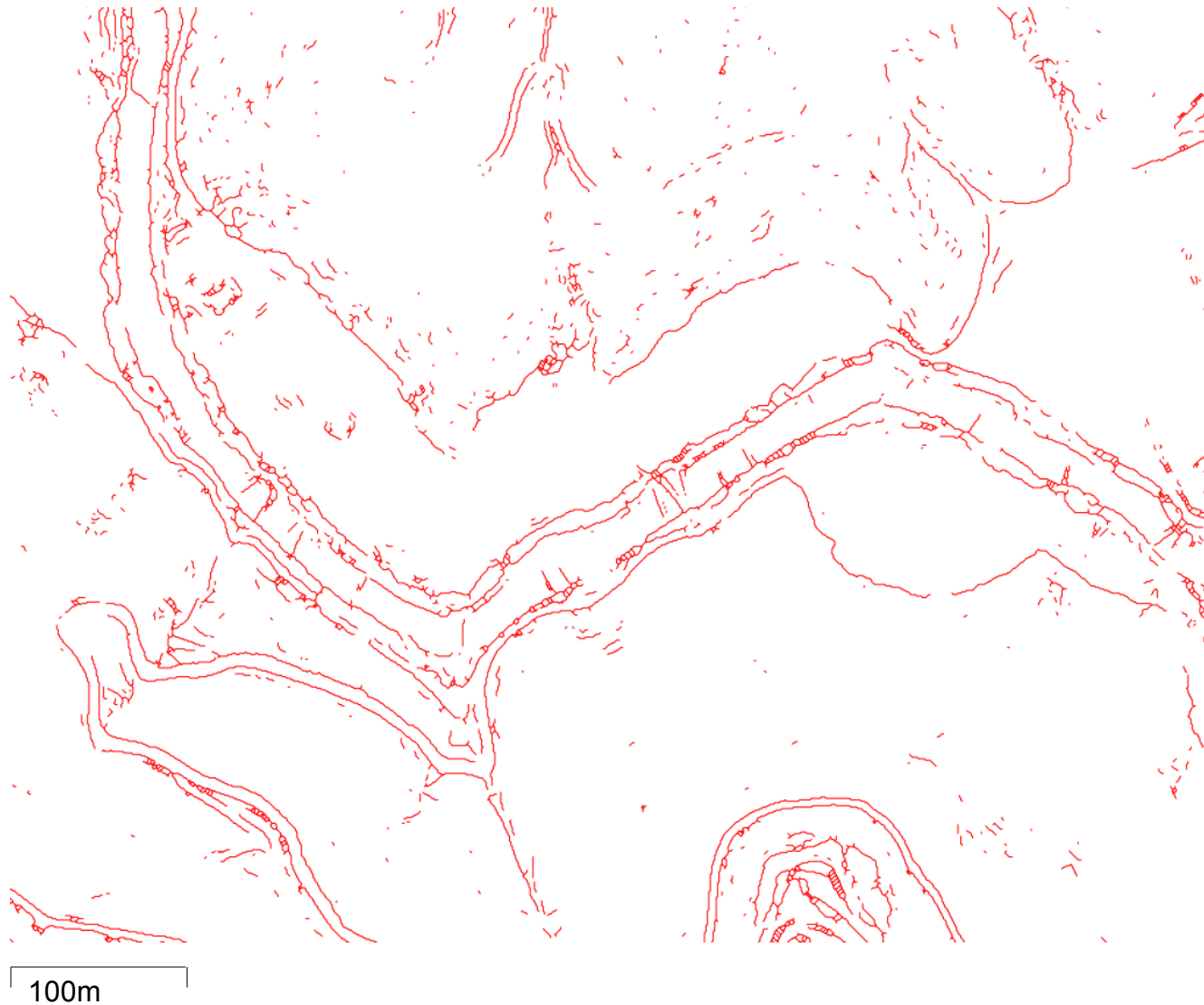
Filtre 5x5

100m

Analyse des résultats

Comparaison avec l'hydrogéomorphologie

Calcul de la variation de pente



Filtre 7x7

Analyse des résultats

Comparaison avec l'hydrogéomorphologie

Calcul de la variation de pente et points levés au GPS

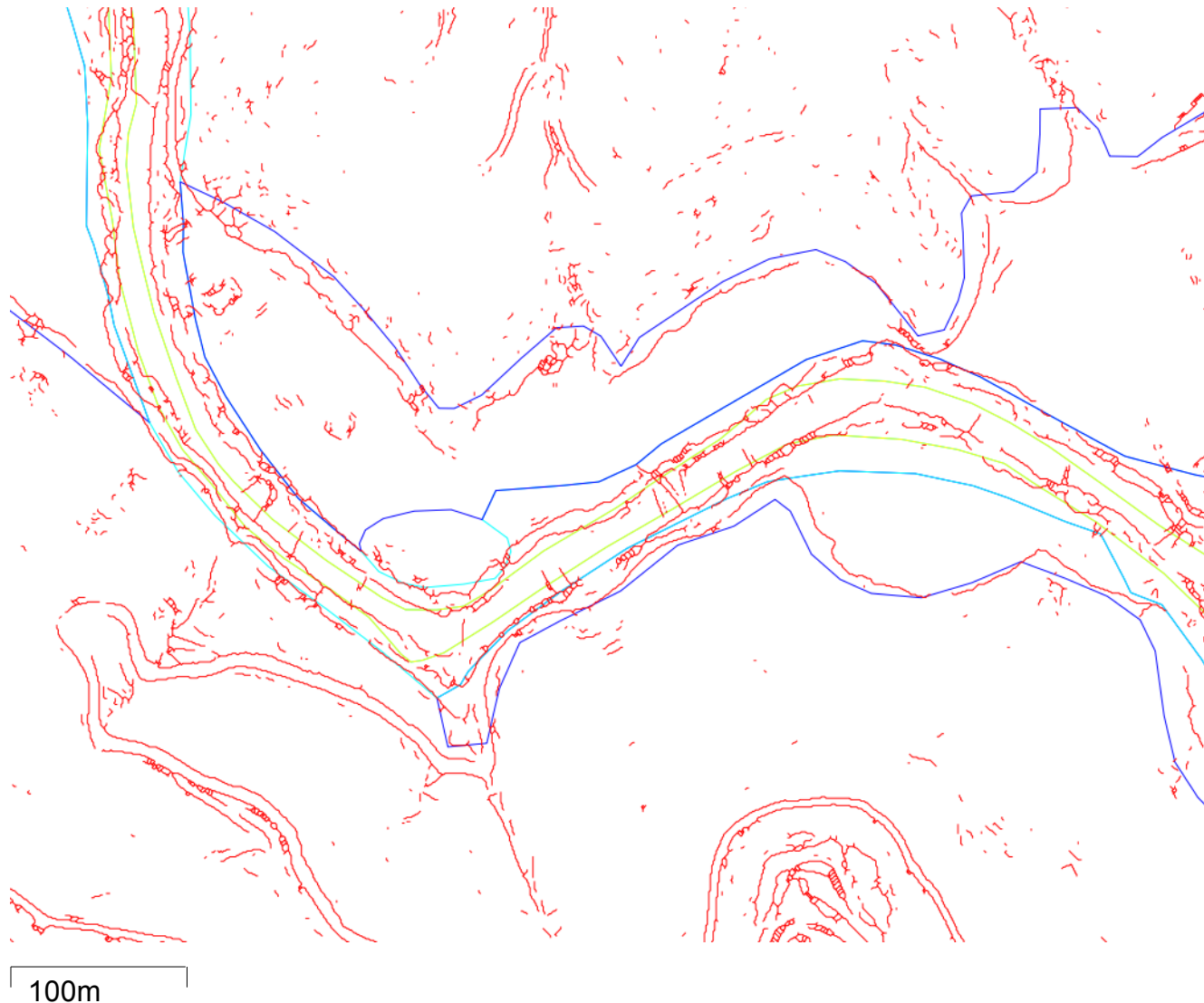


Filtre 7x7

Analyse des résultats

Comparaison avec l'hydrogéomorphologie

Calcul de la variation de pente et limites hydrogéomorphologiques

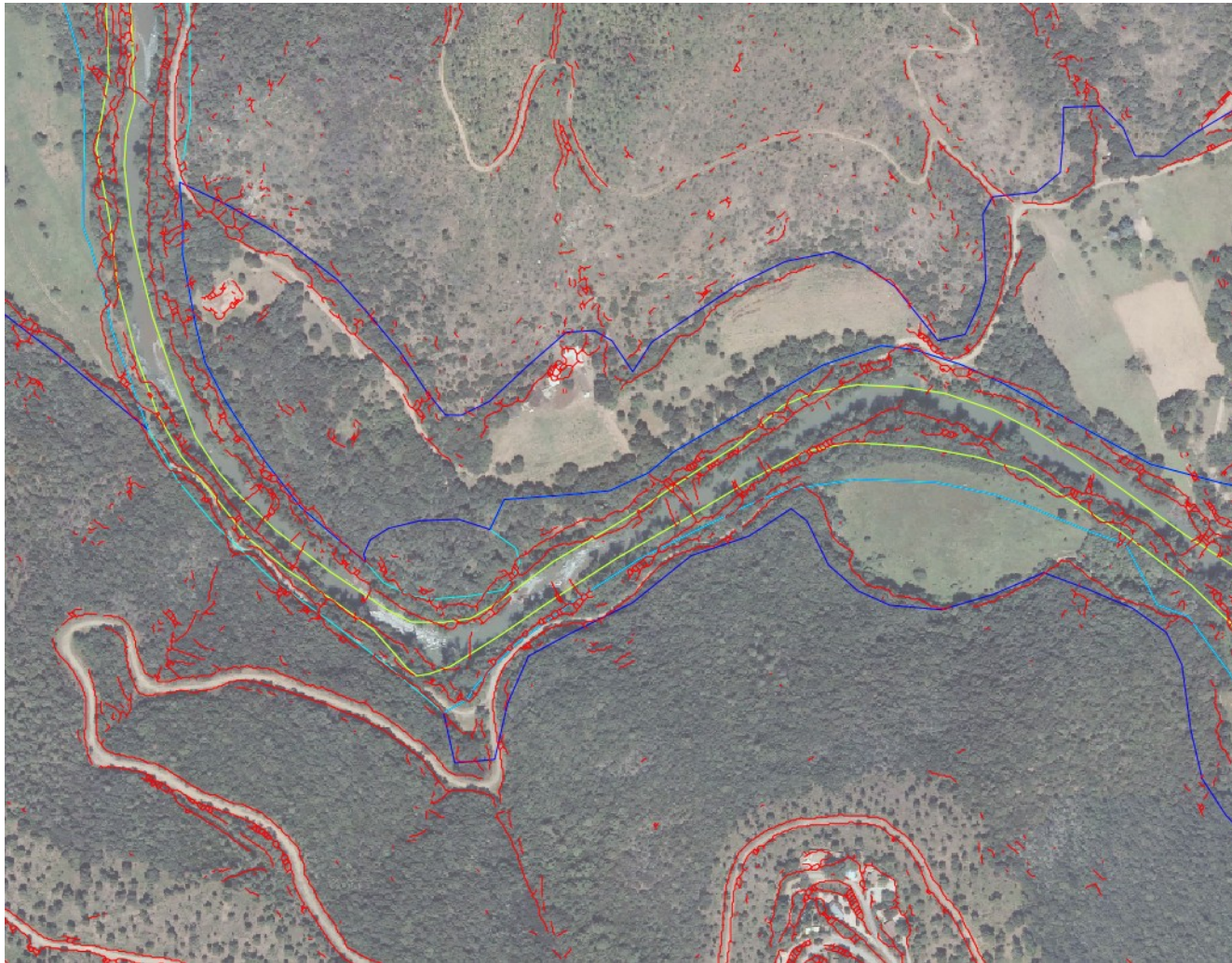


Filtre 7x7

Analyse des résultats

Comparaison avec l'hydrogéomorphologie

Calcul de la variation de pente et limites hydrogéomorphologiques



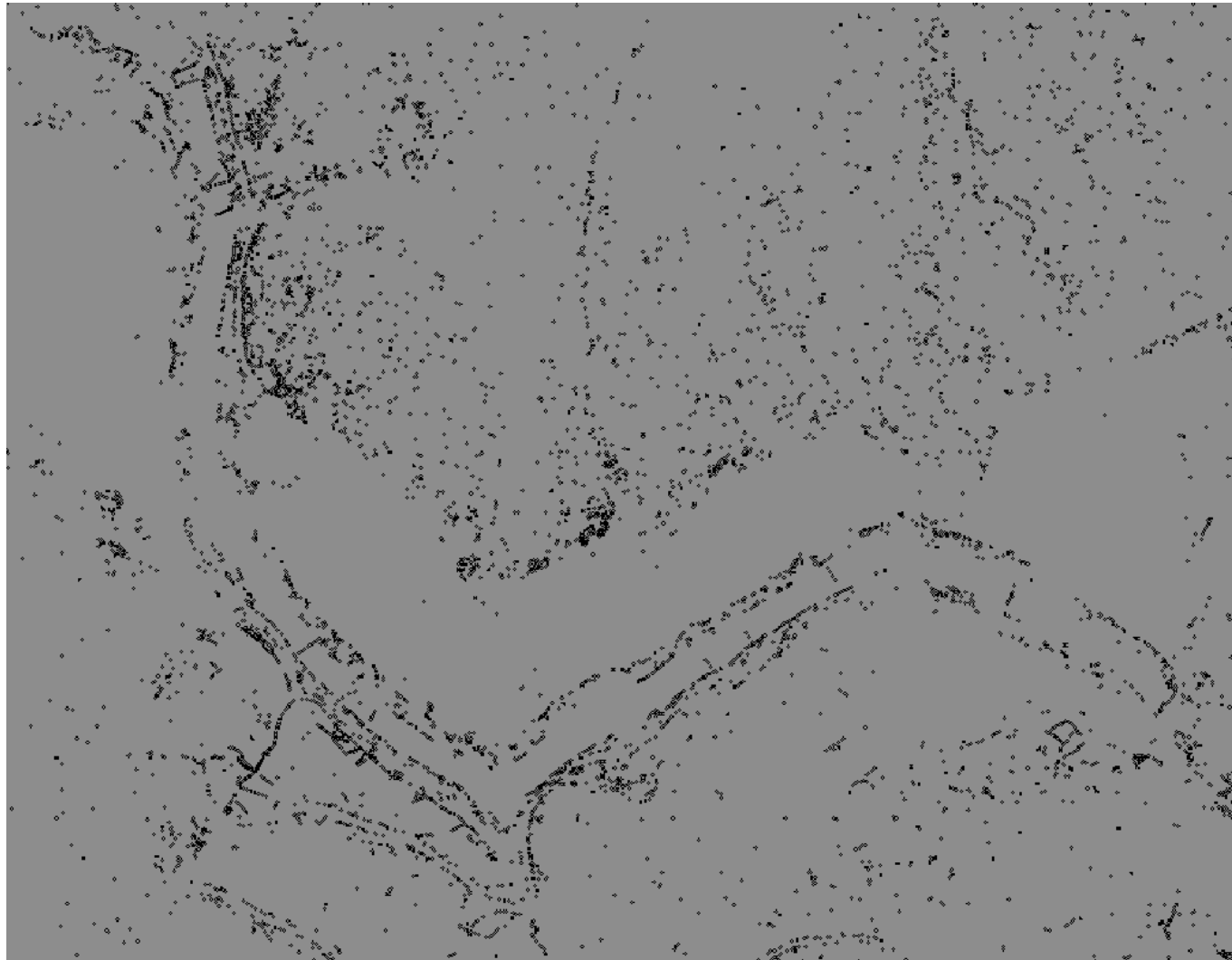
Filtre 7x7

100m

Analyse des résultats

Comparaison avec l'hydrogéomorphologie

Calcul de l'écart-type



Raster
« écoulement
nul » calculé
depuis le
raster
« Stdev3 »

100m

Analyse des résultats

Comparaison avec l'hydrogéomorphologie

Calcul de l'écart-type



Raster
« écoulement
nul » calculé
depuis le
raster
« Stdev9 »

100m

Analyse des résultats

Comparaison avec l'hydrogéomorphologie

Calcul de l'écart-type



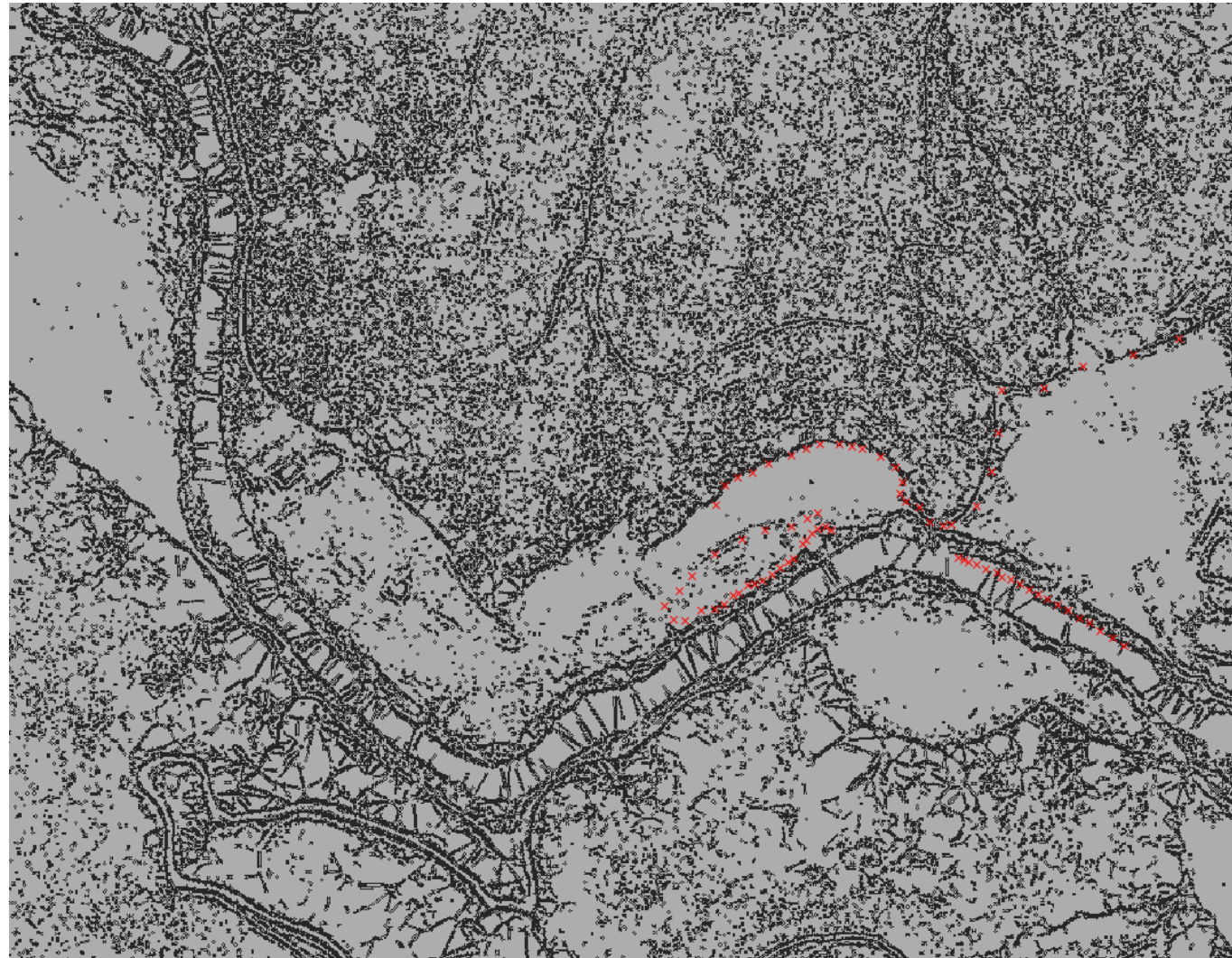
Raster
« écoulement
nul » calculé
depuis le
raster
« Stdev13 »

100m

Analyse des résultats

Comparaison avec l'hydrogéomorphologie

Calcul de l'écart-type



Raster
« écoulement
nul » calculé
depuis le
raster
« Stdev13 »

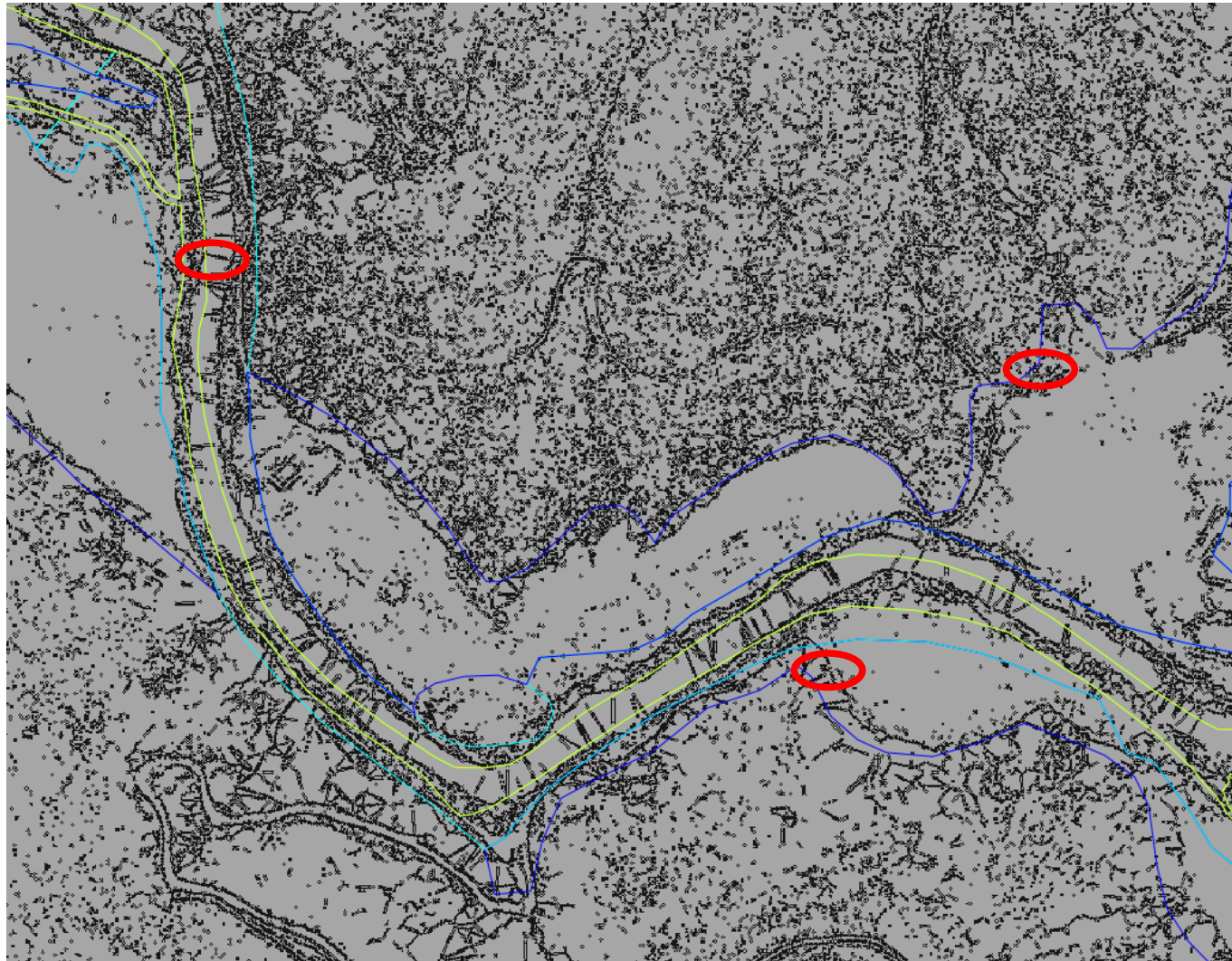
Points
rouges:
Levés DGPS
réalisés le
03/07/2012
Écart Berges
en Rive gauche
lié à des
travaux de
consolidation
réalisé après le
levé LIDAR

100m

Analyse des résultats

Comparaison avec l'hydrogéomorphologie

Calcul de l'écart-type



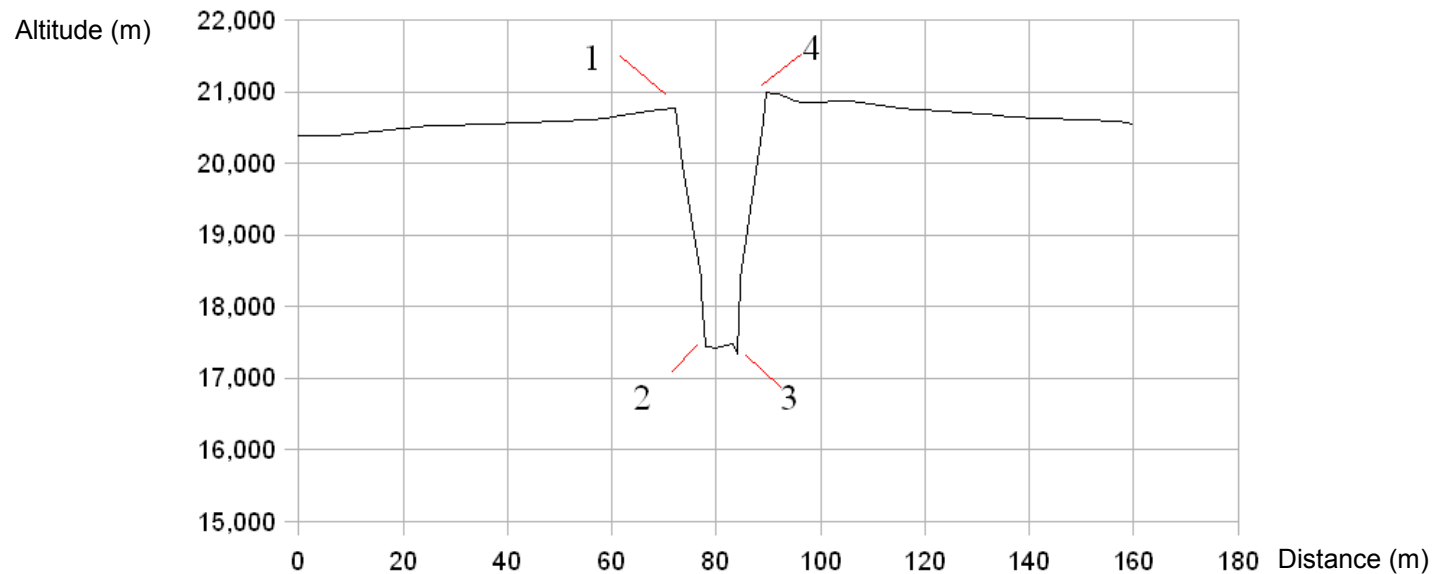
Raster
« écoulement
nul » calculé
depuis le
raster
« Stdev9 »

Analyse des résultats

Comparaison avec la modélisation hydraulique

Comparaisons effectuées sur le Vistre (Gard)

Profil en travers réalisé par un cabinet de Géomètre-Expert



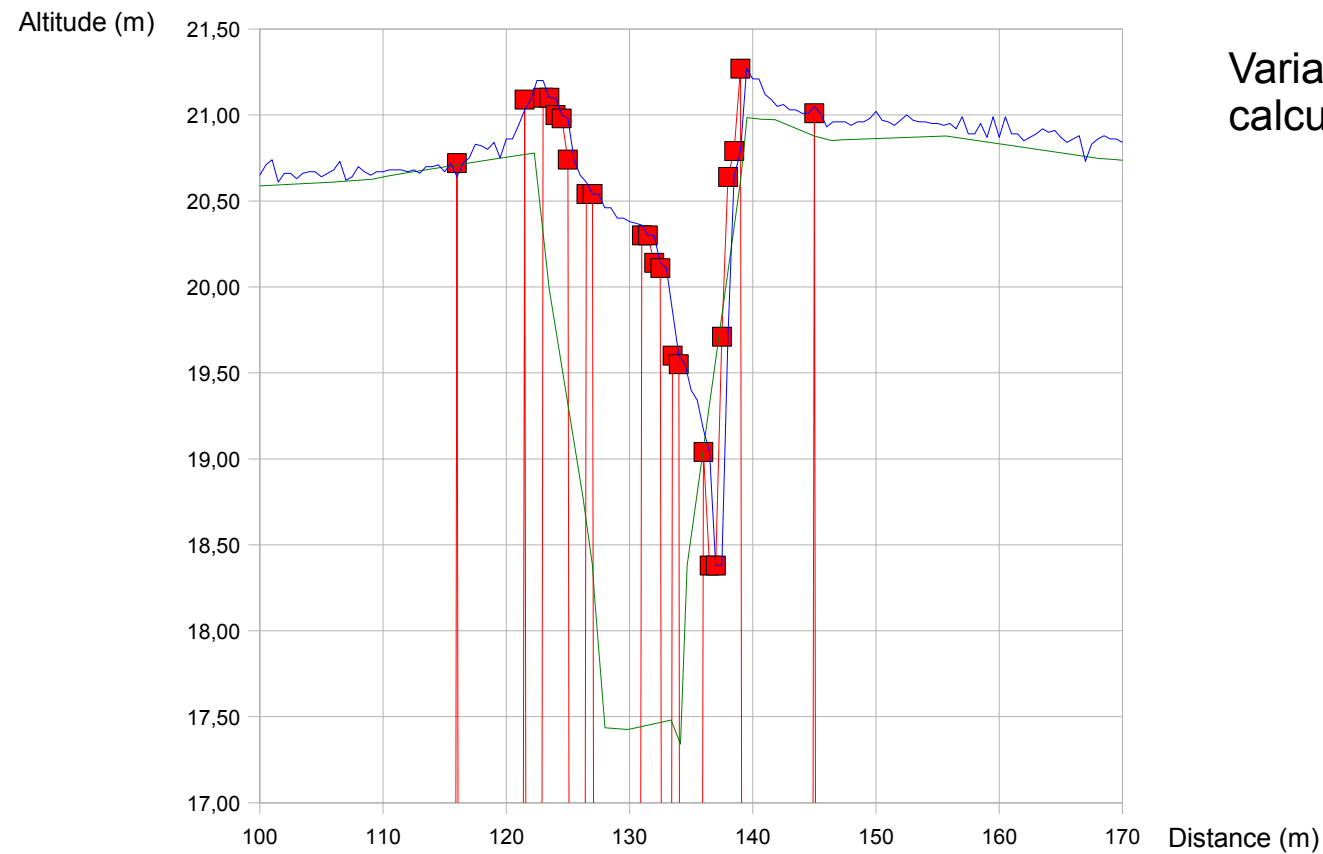
Pts 1 & 4 : limites de berge

Pts 2 & 3 : fond du lit mineur (pas levés
par le LiDAR)

Analyse des résultats

Comparaison avec la modélisation hydraulique

Calcul de la variation de pente

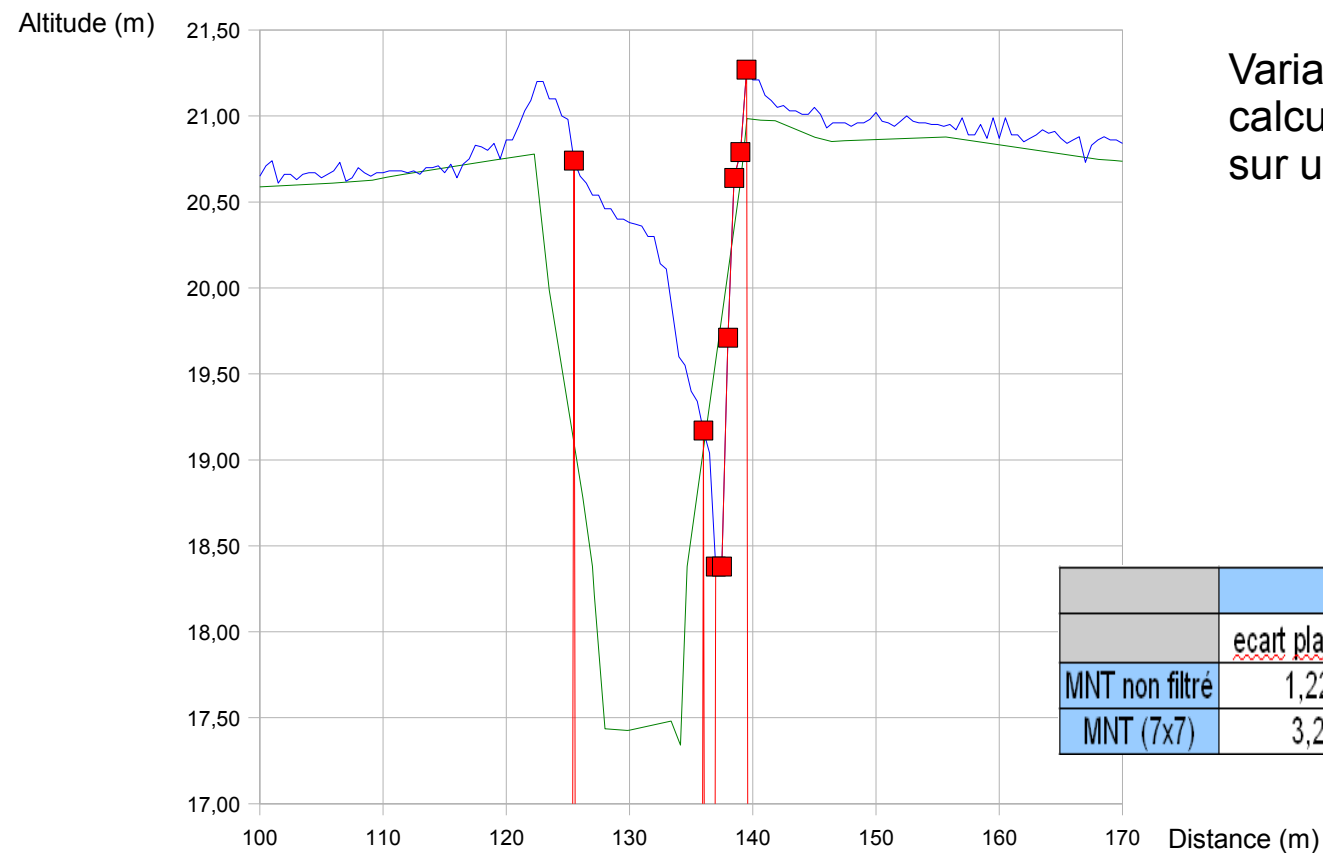


Variations de pente
calculées depuis MNT brut

Analyse des résultats

Comparaison avec la modélisation hydraulique

Calcul de la variation de pente

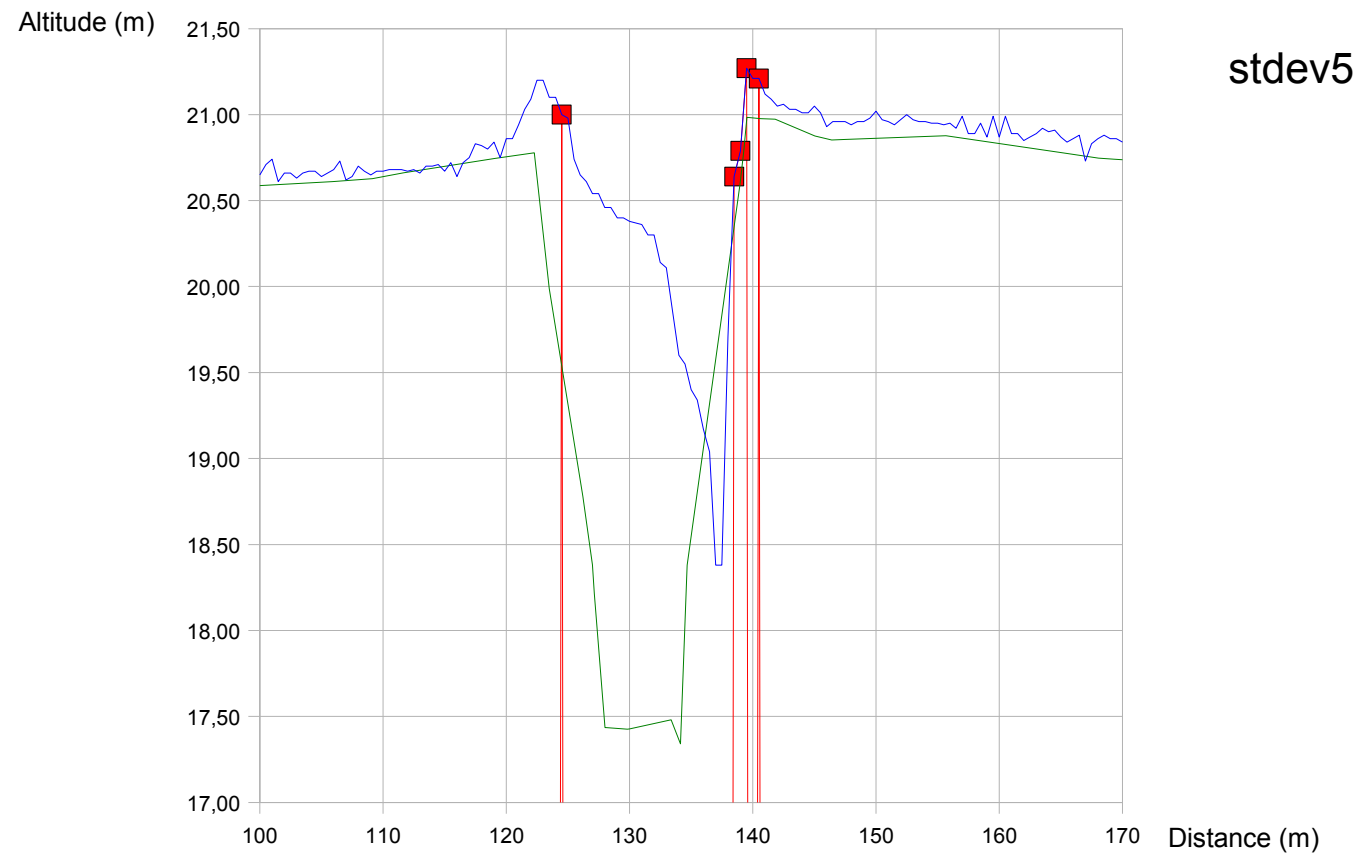


Variations de pente
calculées depuis MNT filtré
sur un voisinage 7x7

Analyse des résultats

Comparaison avec la modélisation hydraulique

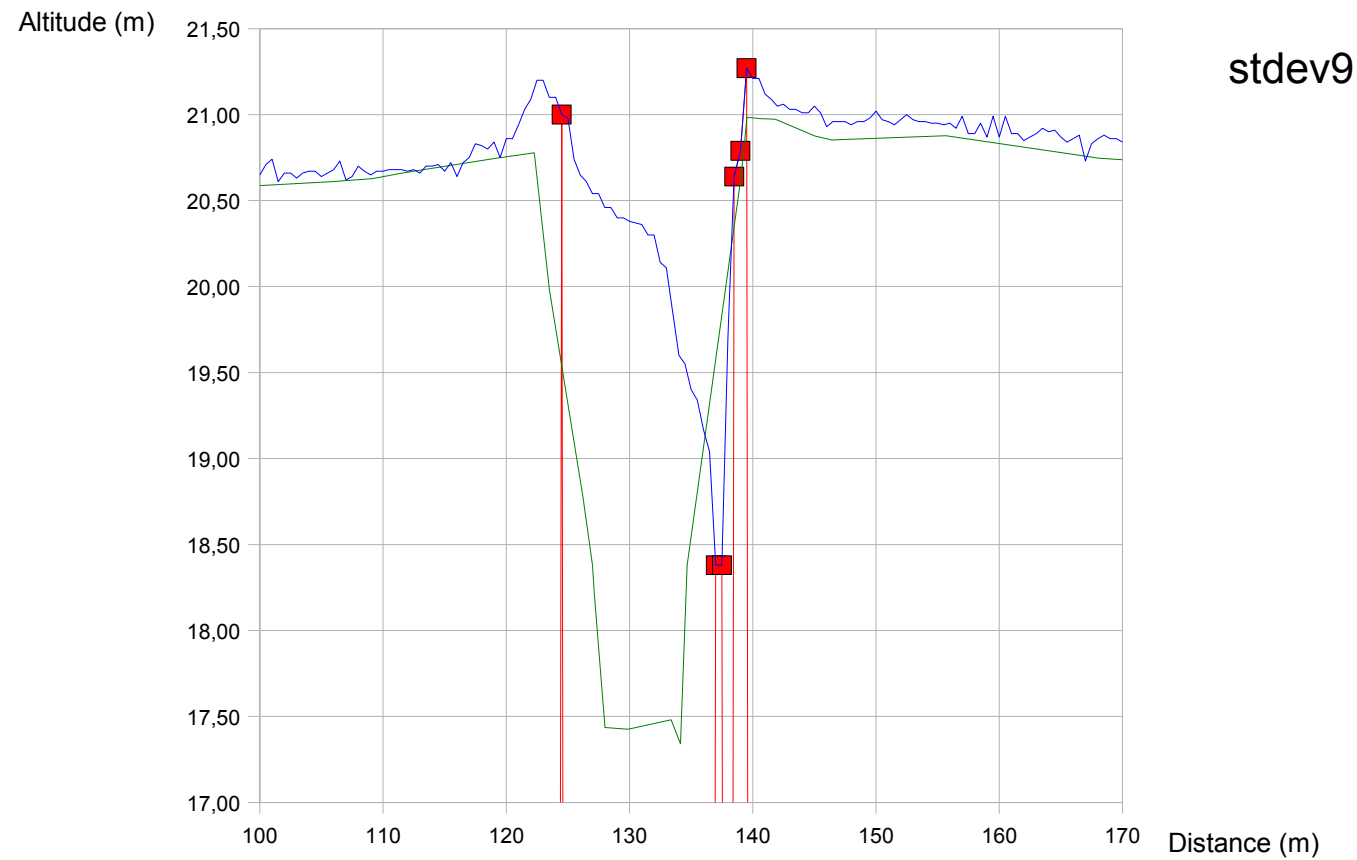
Calcul de l'écart-type



Analyse des résultats

Comparaison avec la modélisation hydraulique

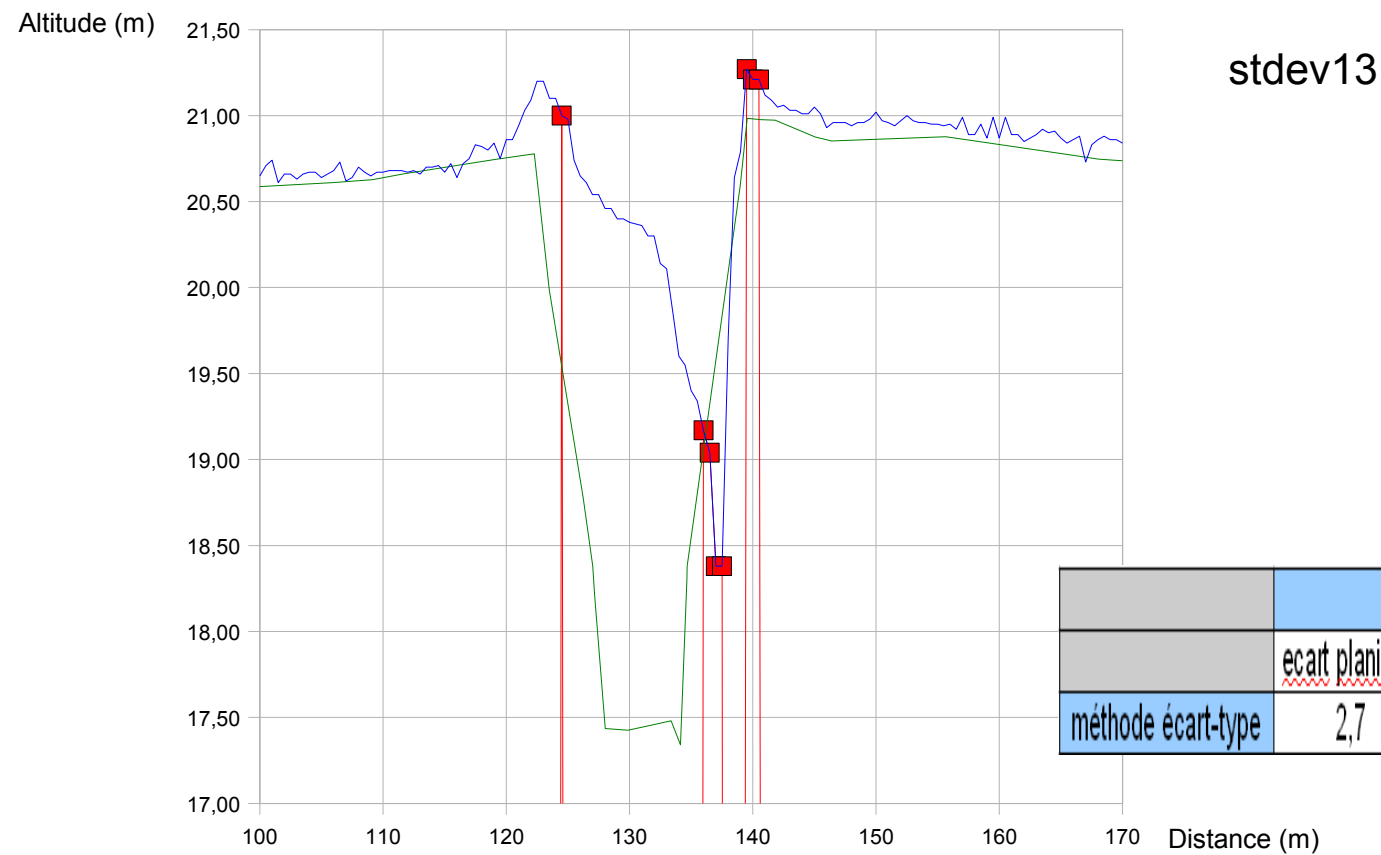
Calcul de l'écart-type



Analyse des résultats

Comparaison avec la modélisation hydraulique

Calcul de l'écart-type



Conclusion

➤ Méthode de calcul de l'écart-type permet un traitement homogène sur des terrains naturels différents

➤ Étude hydrogéomorphologique

Méthode moins fastidieuse et plus précise sur les limites des unités géomorphologiques

Détection facilitée des limites dans les zones boisées

Besoin d'interprétation du type d'occupation du sol pour déterminer la nature des unités géomorphologiques (images aériennes, données géologiques, visite terrain, etc...)

Les rasters obtenus peuvent constituer le support à la numérisation des limites des unités hydrogéomorphologiques

Conclusion

➤ Modélisation hydraulique

Détection du lit mineur limitée par les caractéristiques du LiDAR utilisé

Précision des résultats limitée par la précision des systèmes LiDAR

Précision compatible pour des calculs de forts débordements mais pas suffisante pour connaître les premiers débordements

Précision suffisante pour des cours d'eau larges

Perspectives

- Optimisation du temps de travail par automatisation du traitement dalle par dalle pour pouvoir réaliser les calculs sur des zones plus vastes
- Recherche d'un processus itératif de vectorisation des rasters d'écoulement nul issus de la méthode du calcul de l'écart-type

Merci de votre attention