



## Evolution morphologique sur 50 ans d'une rivière recalibrée de Limagne Exemple du Bedat

Stéphane PETIT  
Gérant - [stephane.petit@veodis-3d.com](mailto:stephane.petit@veodis-3d.com)  
Décembre 2019



ASSOCIATION  
RIVIÈRE RHÔNE ALPES AUVERGNE



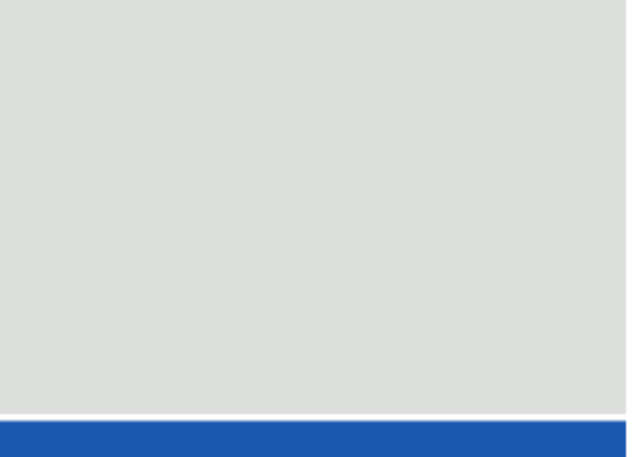
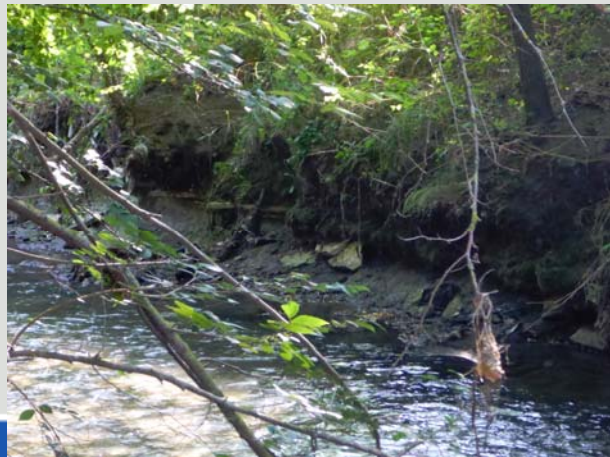
agence de l'eau  
Loire-Bretagne

+  
clermont  
auvergne  
métropole

RLV  
RiOM LIMAGNE  
& VOLCANS  
COMMUNAUTÉ D'AGGLOMÉRATION

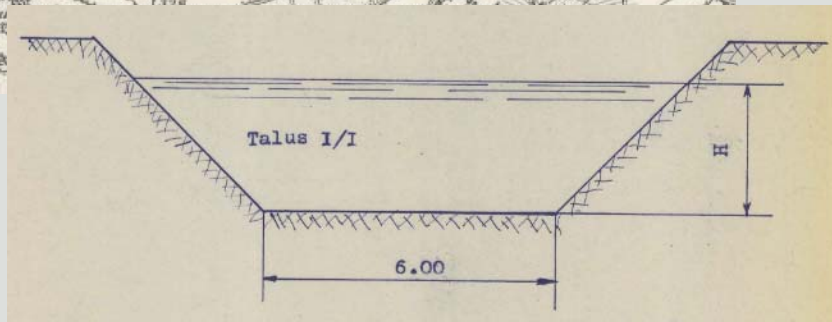
 **Véodis-3D**  
TOPOGRAPHIE - BATHYMETRIE - GÉOMORPHOLOGIE FLUVIALE  
EXPERTISE ENVIRONNEMENTALE





## LES TRAVAUX DE 1970

- rectification du tracé
- recalibrage de la section
- > Assurer un écoulement d'un débit de 50 m<sup>3</sup>/s.
- Approfondissement de profil en long : pente générale variant entre 0.14 et 0.15 %,
- Modification de la section : largeur en fond de 6 m, avec deux talus à 45° qui lui donnent une largeur en gueule variant entre 11.2 et 14 m.



### MEMOIRE EXPLICATIF

#### BUT DU PROJET . -

Le présent projet a pour but l'aménagement du ruisseau

- Section d'écoulement assez faible (6m<sup>2</sup> en moyenne), envasée
- Fond à pente non régulière : alternance trous et seuils
- Méandres dans partie aval qui provoquent remous et ralentissement du courant

ou des coupes ont été faites depuis un certain nombre d'années, le cours du Bédât est bordé de gros arbres, qui par endroits, implantés dans les talus et se faisant face sur les deux rives l'étranglent complètement. Certains de ces arbres, parmi les plus gros ayant été déracinés et renversés par les vents constituent en fait, de solides barrages.

A l'aval du village d'Epinet les arbres sont particulièrement abondants et serrés, à tel point que les sinuosités du lit en ont été amplifiées ; de plus, la pente d'écoulement étant très faible en ce point, il en est résulté la formation d'une zone marécageuse.

Sur la longueur de 5 400 mètres correspondant au projet, quatorze anciens ponts ou ponceaux, en très mauvais état pour la plupart, et n'ayant tous qu'une faible section d'écoulement des eaux font office de barrages dès que le plan d'eau atteint une hauteur de un mètre au dessus du fond.

Tout ceci, naturellement, provoque de fréquentes inondations fort préjudiciables aux propriétaires riverains.

## OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

### *Sur la plan du savoir*

- A partir d'un exemple concret, réaliser une analyse du recalibrage afin de connaître l'impact des grands travaux d'assainissement conduits au cours de la deuxième partie du 20<sup>ème</sup> siècle dans la plaine agricole de Limagne.
- Evaluer l'impact des travaux, leur durabilité et leur conséquence sur le Bedat

### *Sur le plan opérationnel*

- Connaître la tendance d'évolution de la dynamique latérale et verticale du lit afin de proposer des actions de remédiation et de gestion

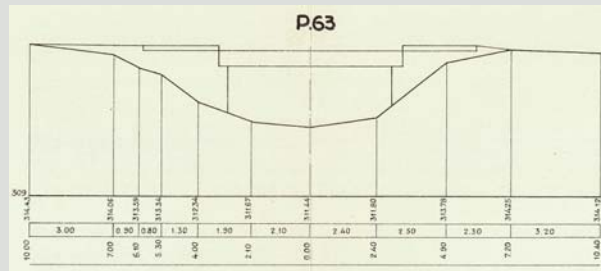
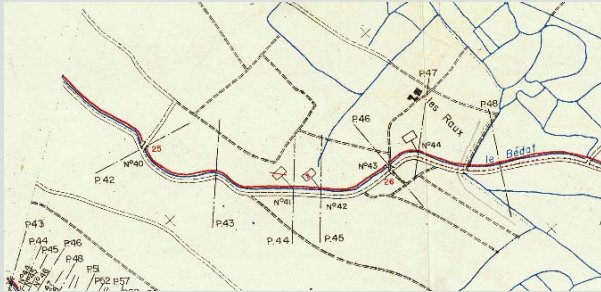
### Approche utilisée

Etude diachronique : étude des données historiques et actuelles pour analyser la dynamique d'évolution du Bedat et l'ajustement de son lit, 50 ans après les travaux de rectification / recalibrage

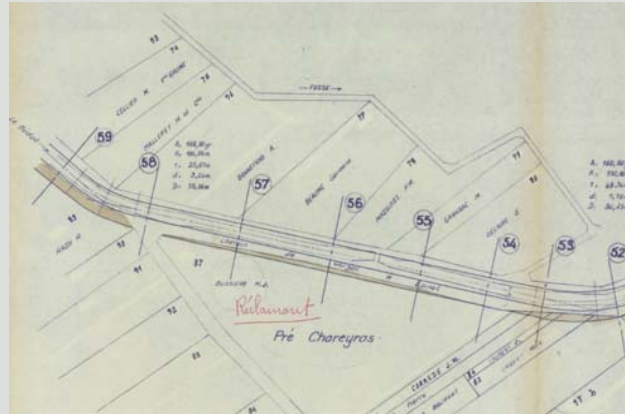
## PLAN DE LA PRÉSENTATION

1. VOLET MÉTHODOLOGIQUE
2. VOLET GÉOMORPHOLOGIQUE
3. PROPOSITIONS DE GESTION / REMÉDIATION

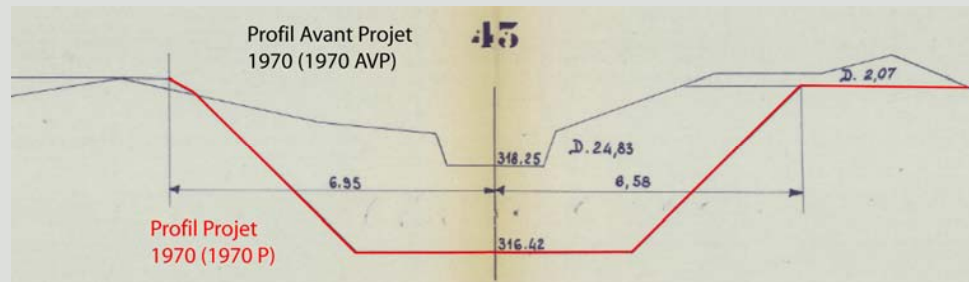
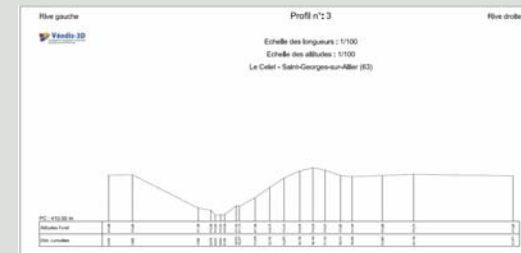
1958



1970 AVP et 1970 Projet

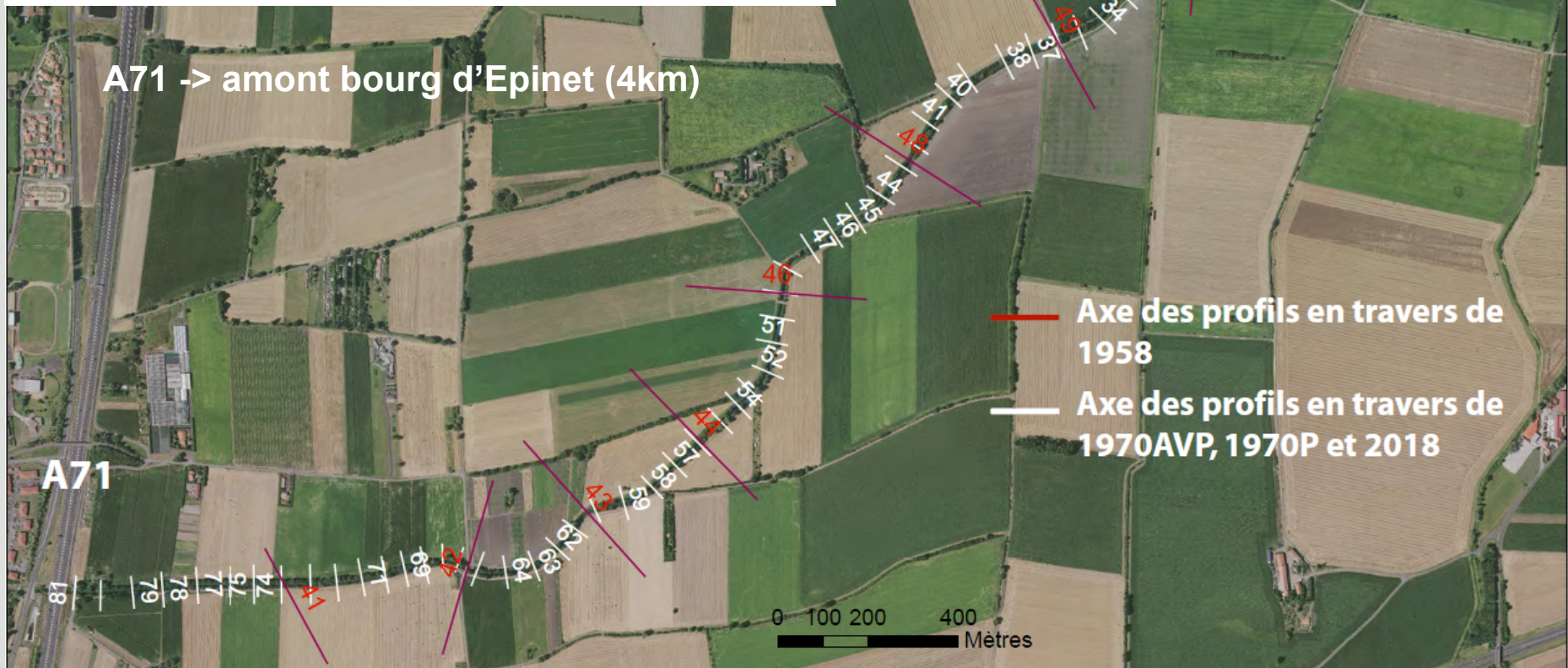


2018

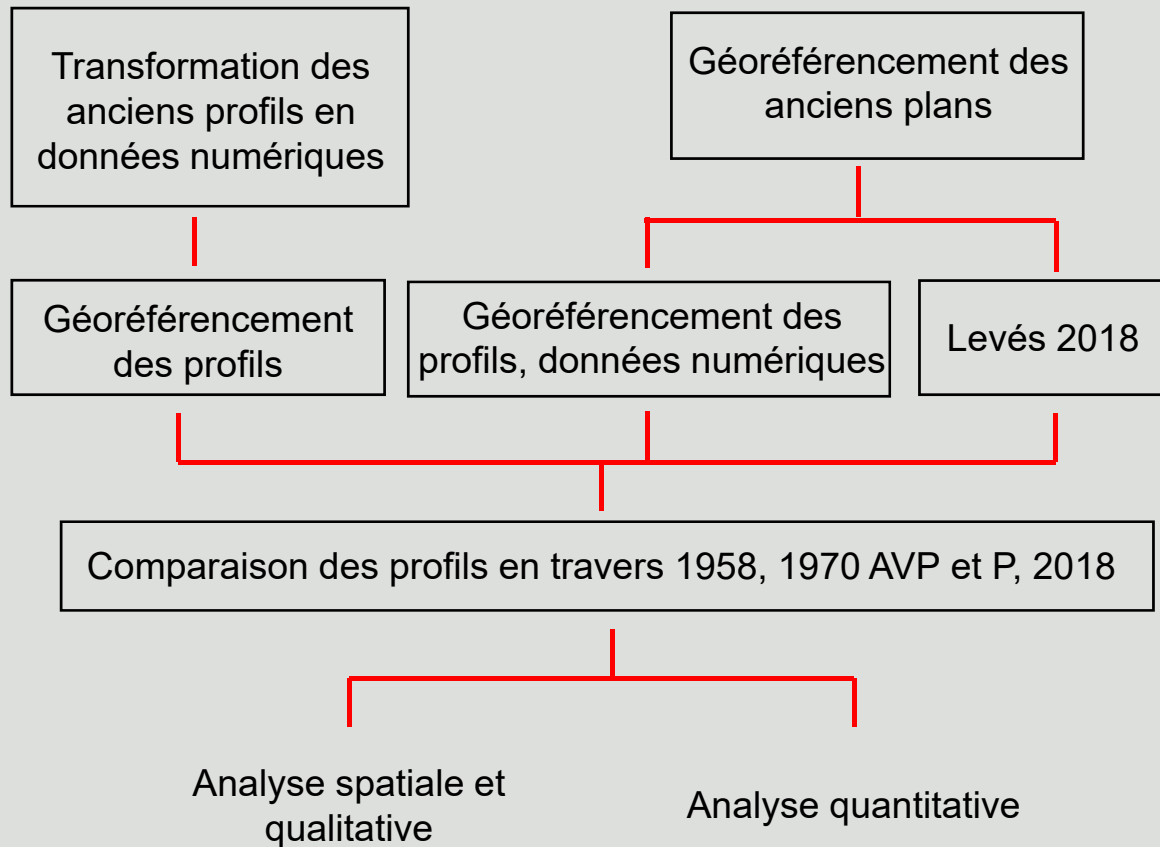


## ANNEXE 2 - LOCALISATION DES PROFILS EN TRAVERS 1958, 1970AVP, 1970 P ET 2018

	Profils en travers	Profils en long
1958	10	
1970 AVP	65	1
1970 P	65	1
2018	65	1 (fond et ligne d'eau)







- *Choix des données communes*
- *Homogénéisation systèmes de références (Lallemand->IGN69)*
- *Homogénéisation des formats (Autocad, Excel, SIG)*
- *Individualisation des profils*

- *y a t'il des modifications ou non ? si oui, où et comment ?*
- *Quelle dynamique altitudinale, latérale ?, etc.*

- *de combien le lit s'est incisé ? ou exhaussé ?*
- *quel linéaire impacté ?*
- *quelle distance de divagation latérale, moyenne ? maxi et mini ?, etc.*

### Etude de l'évolution latérale

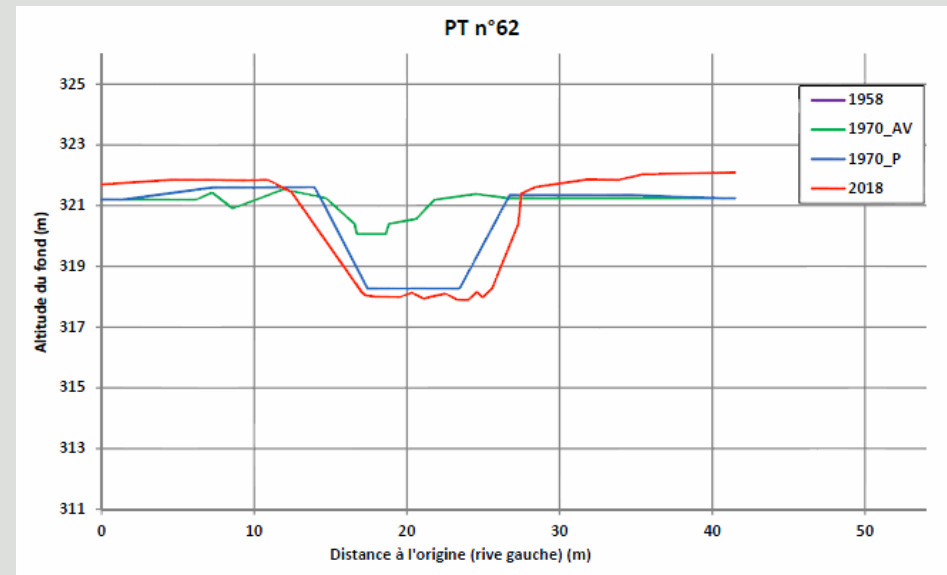
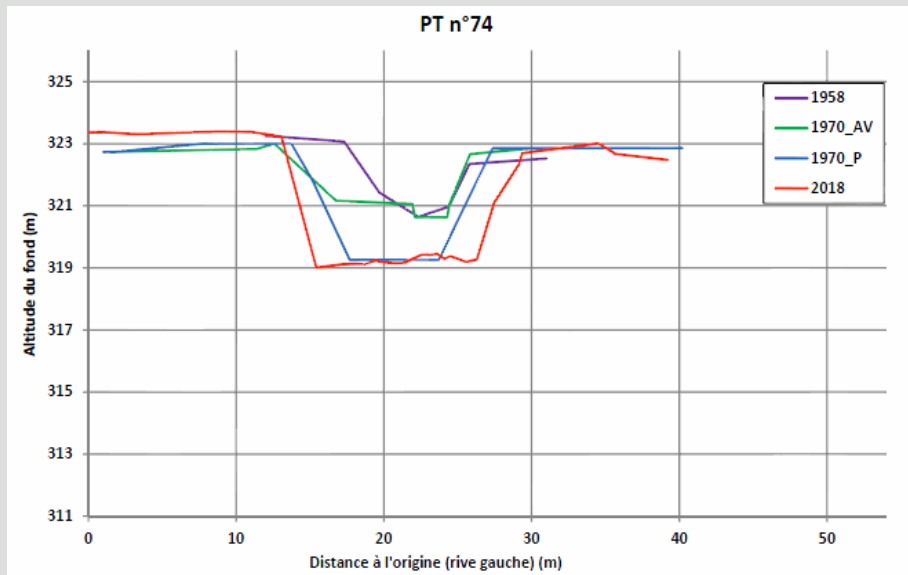
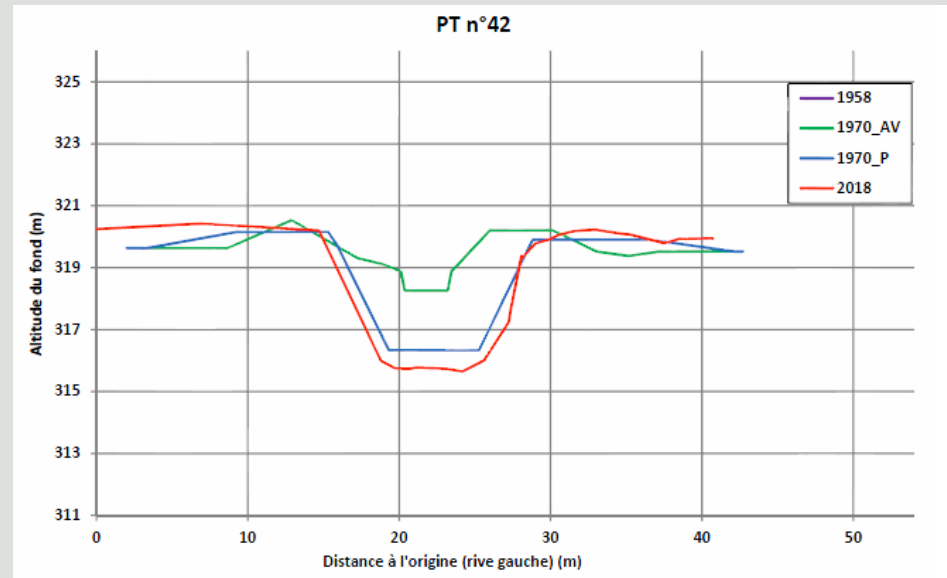
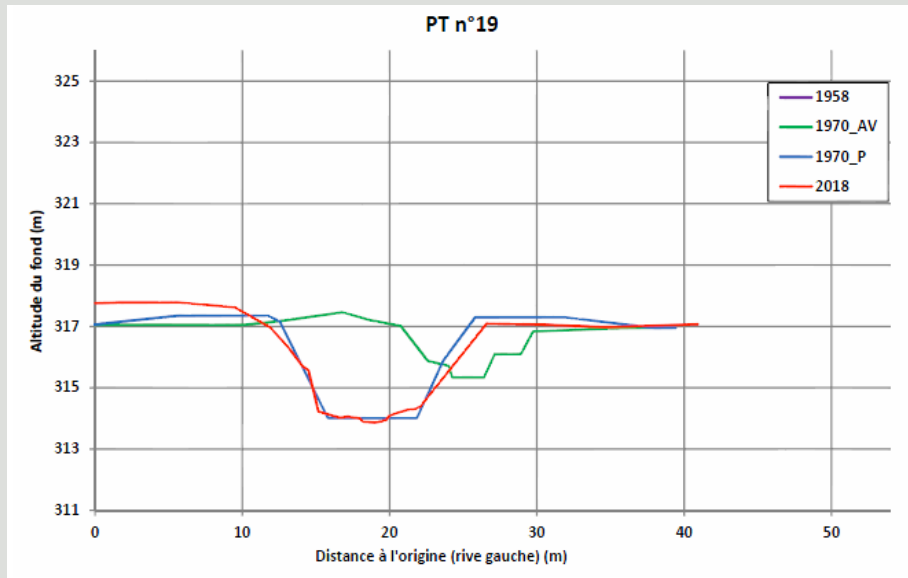
- Comparaison des profils en travers 1958, 1970 AVP, 1970 P et 2018
  - Largeur à plein bord (lit mineur)
  - Largeur du fond du lit

### Étude de l'évolution verticale

- Comparaison des profils en long du fond 1970 AVP, 1970 P et 2018
- Comparaison des profils en travers (point le plus bas) 1958, 1970AVP, 1970P et 2018

### Quantification du volume de sédiments « perdus »

## Résultats bruts : 65 profils en travers analysés



## Evolution latérale du lit

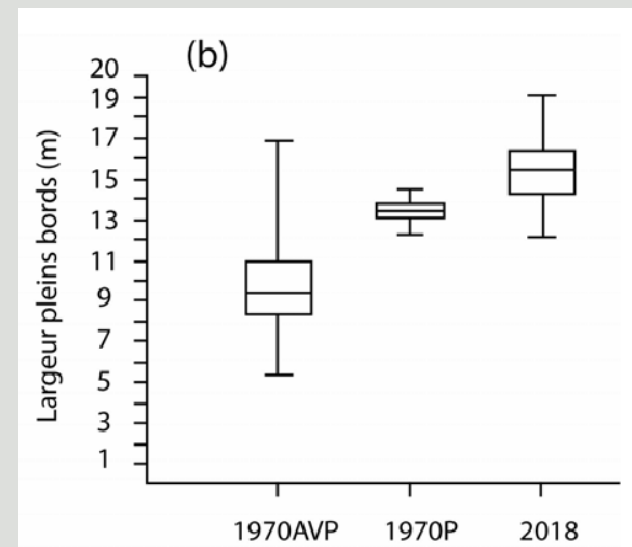
- Globalement, le chenal est rectiligne depuis 1954 sauf lieu-dit Régal où rectification du tracé en 1970



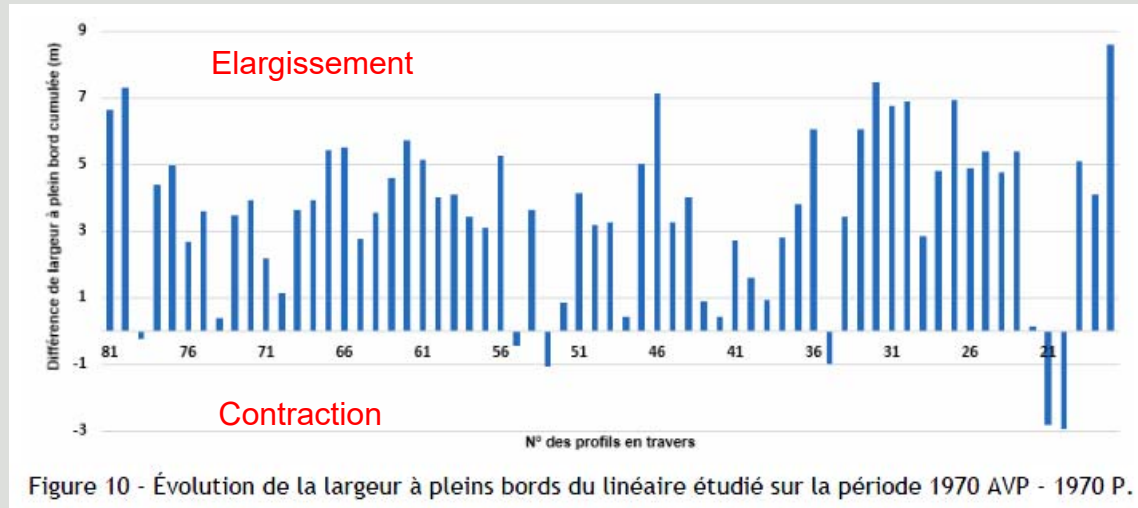
## Evolution latérale du lit

- Elargissement continu de la largeur à plein bord
  - Impact des travaux : élargissement du lit
  - 50 ans après, augmentation continue de la largeur

	Evolution largeur moyenne plein bord (m)
Période pré-travaux (1958-1970 AVP)	+ 3
Période 1970 AVP / 1970 P	+ 3.5
Période post-travaux (1970 P /2018)	+ 1.9

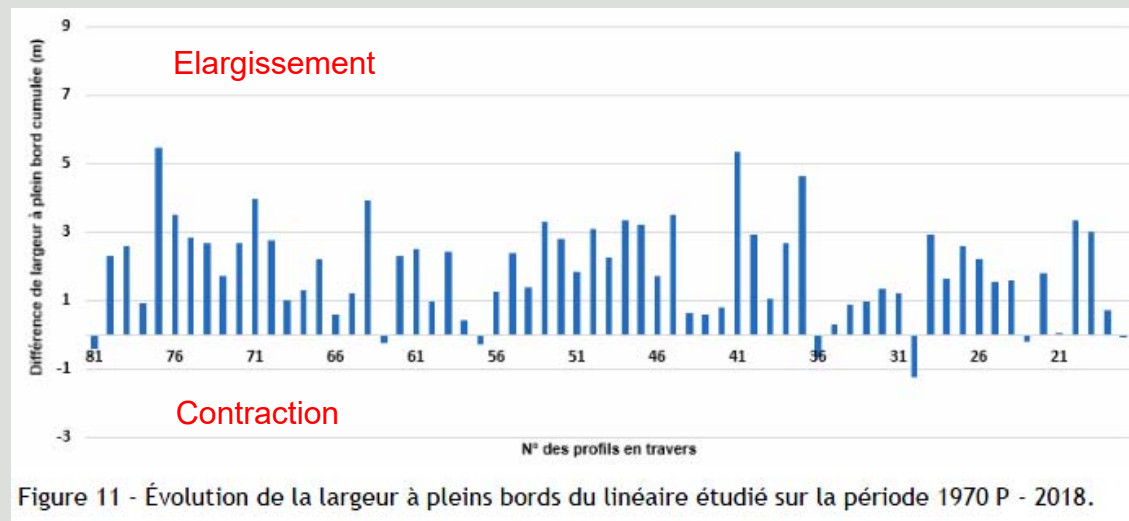


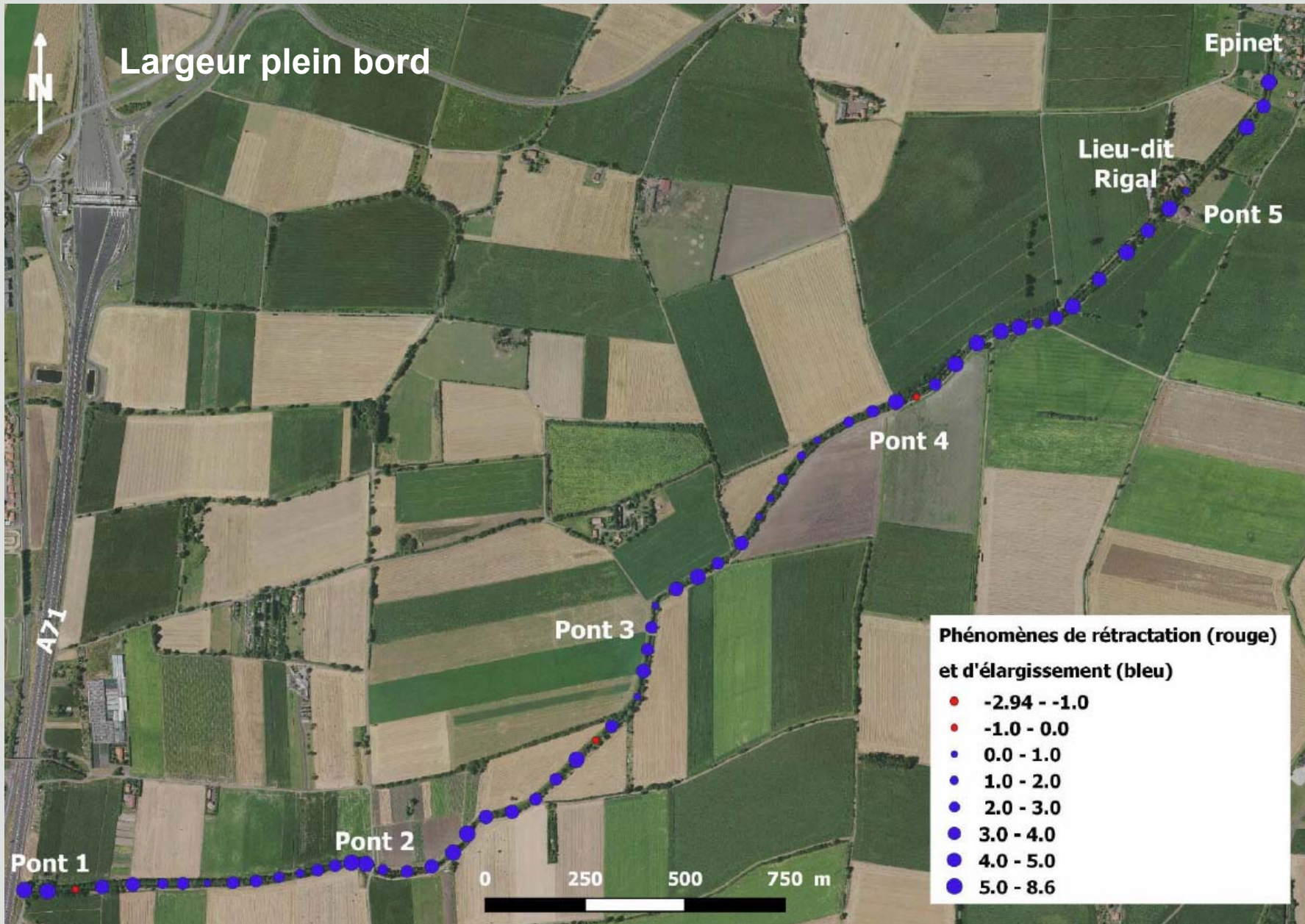
## Evolution latérale du lit

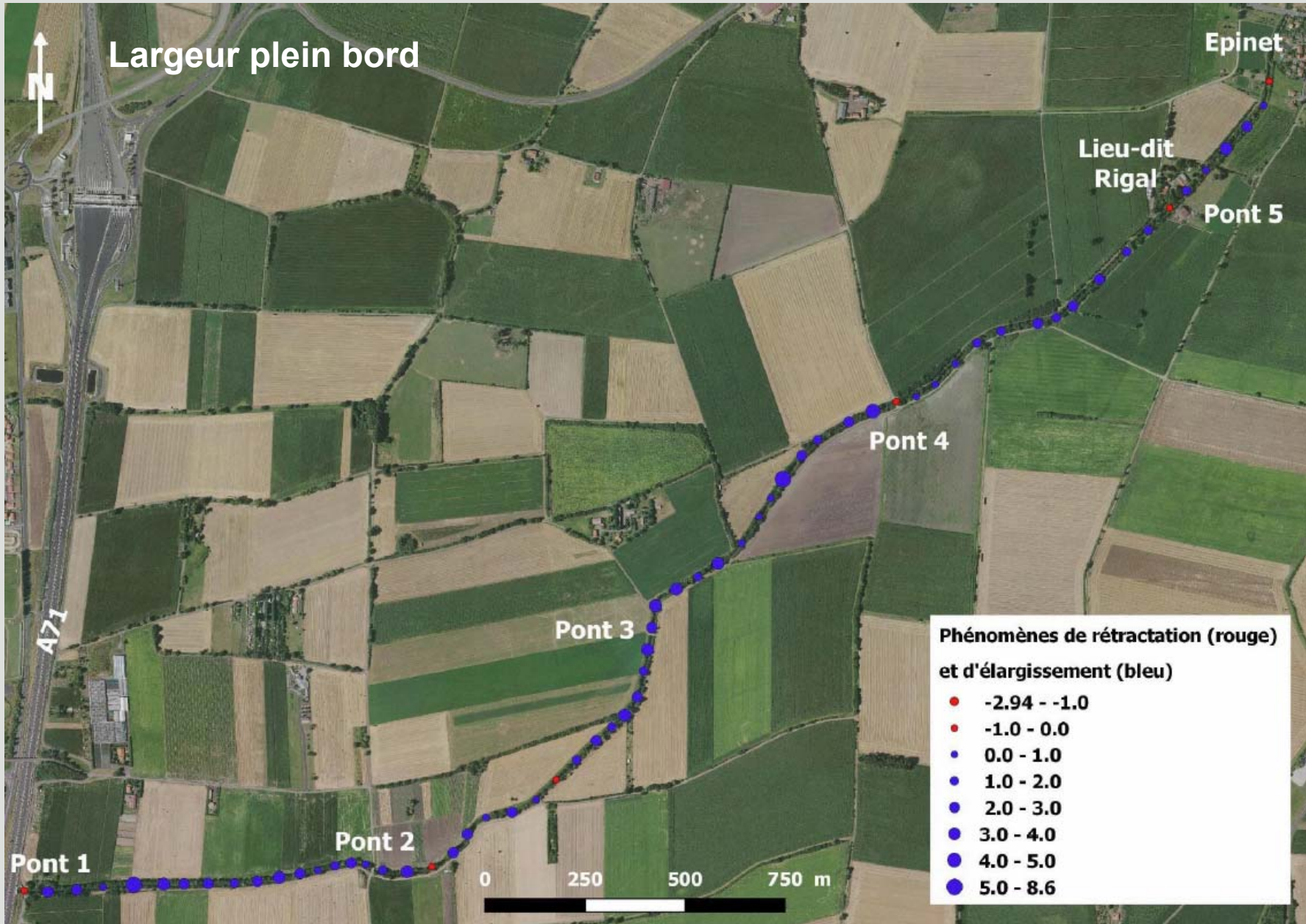


1970 AVP / 1970 P

1970 P / 2018





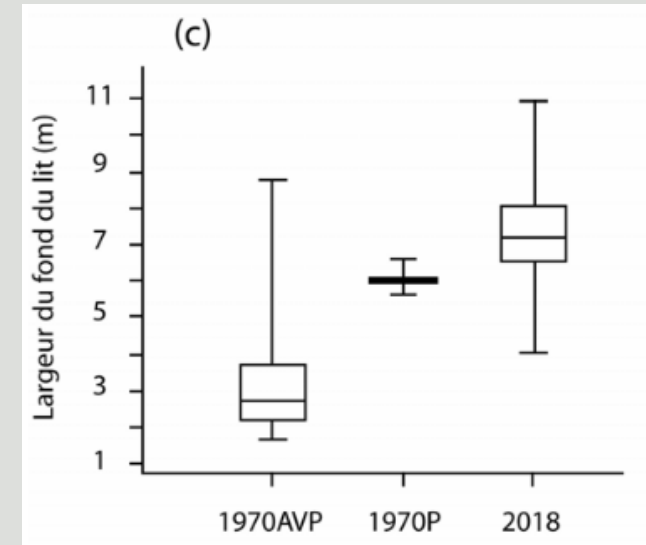




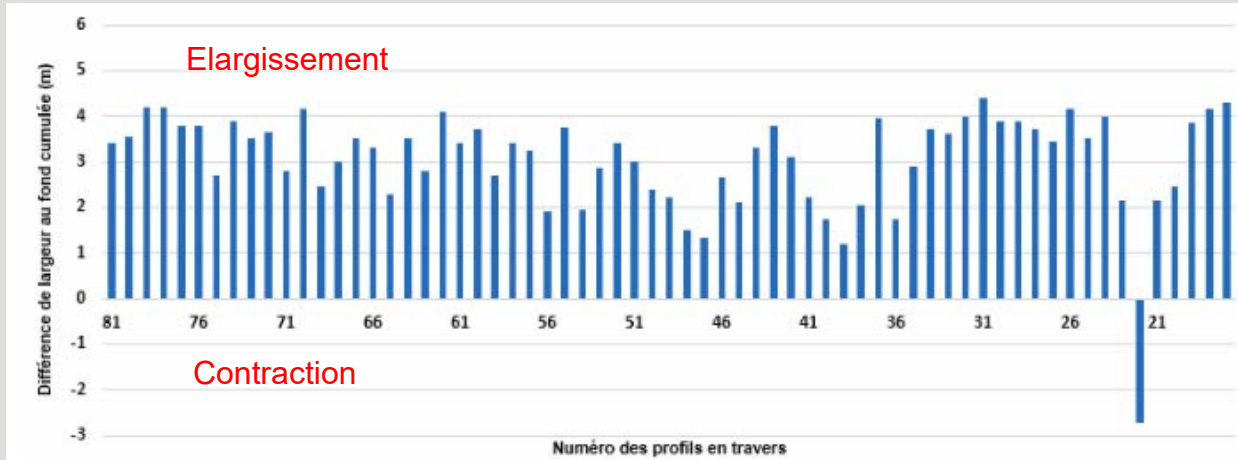
## Evolution latérale du lit

- Elargissement continu de la largeur du fond du lit
  - Impact des travaux : élargissement du lit
  - 50 ans après, augmentation continue de la largeur

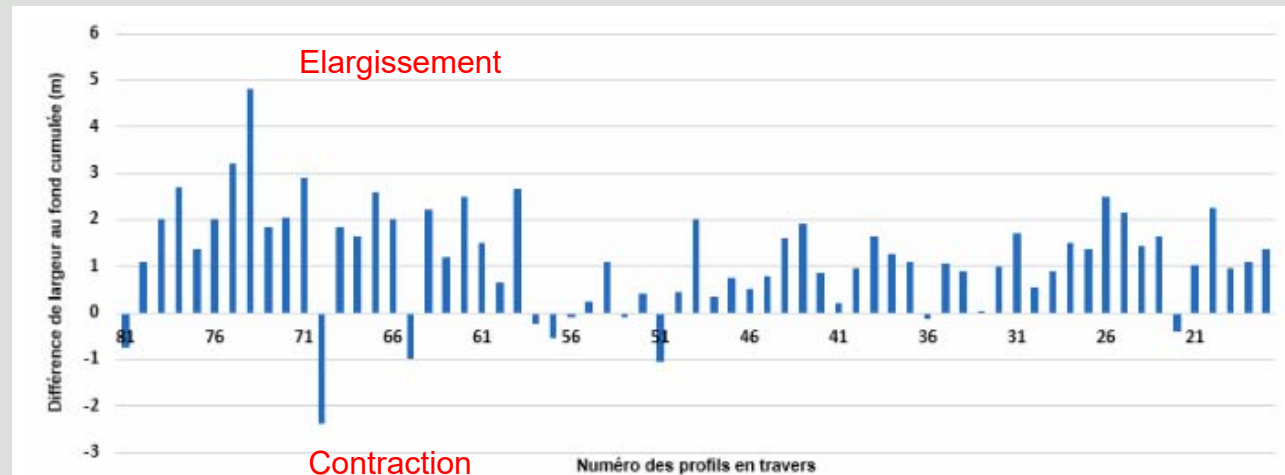
	Evolution largeur moyenne fond (m)
Période pré-travaux (1958-1970 AVP)	- 0.4
Période 1970 AVP / 1970 P	+ 3
Période post-travaux (1970 P /2018)	+ 1.2



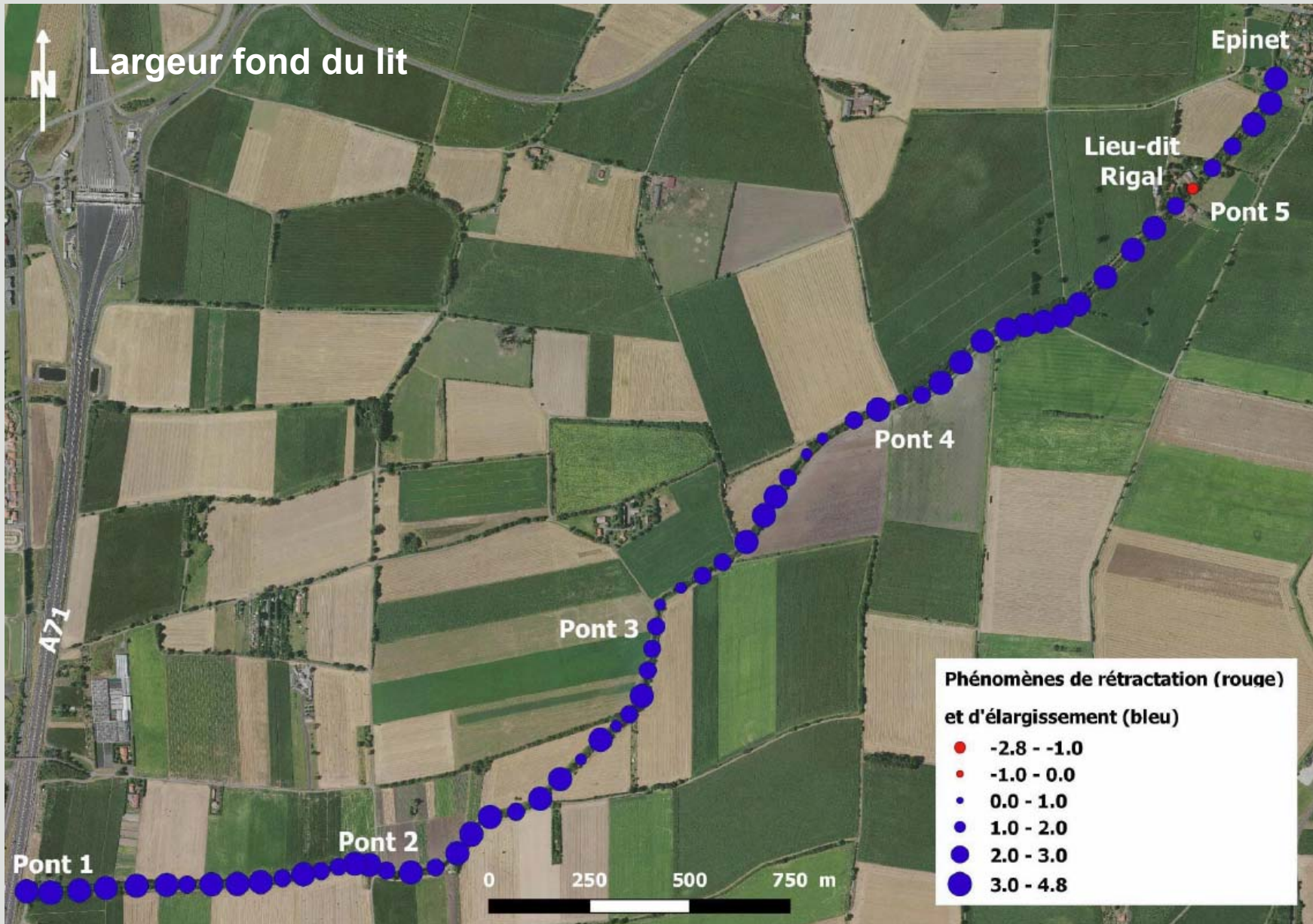
## Evolution latérale du lit

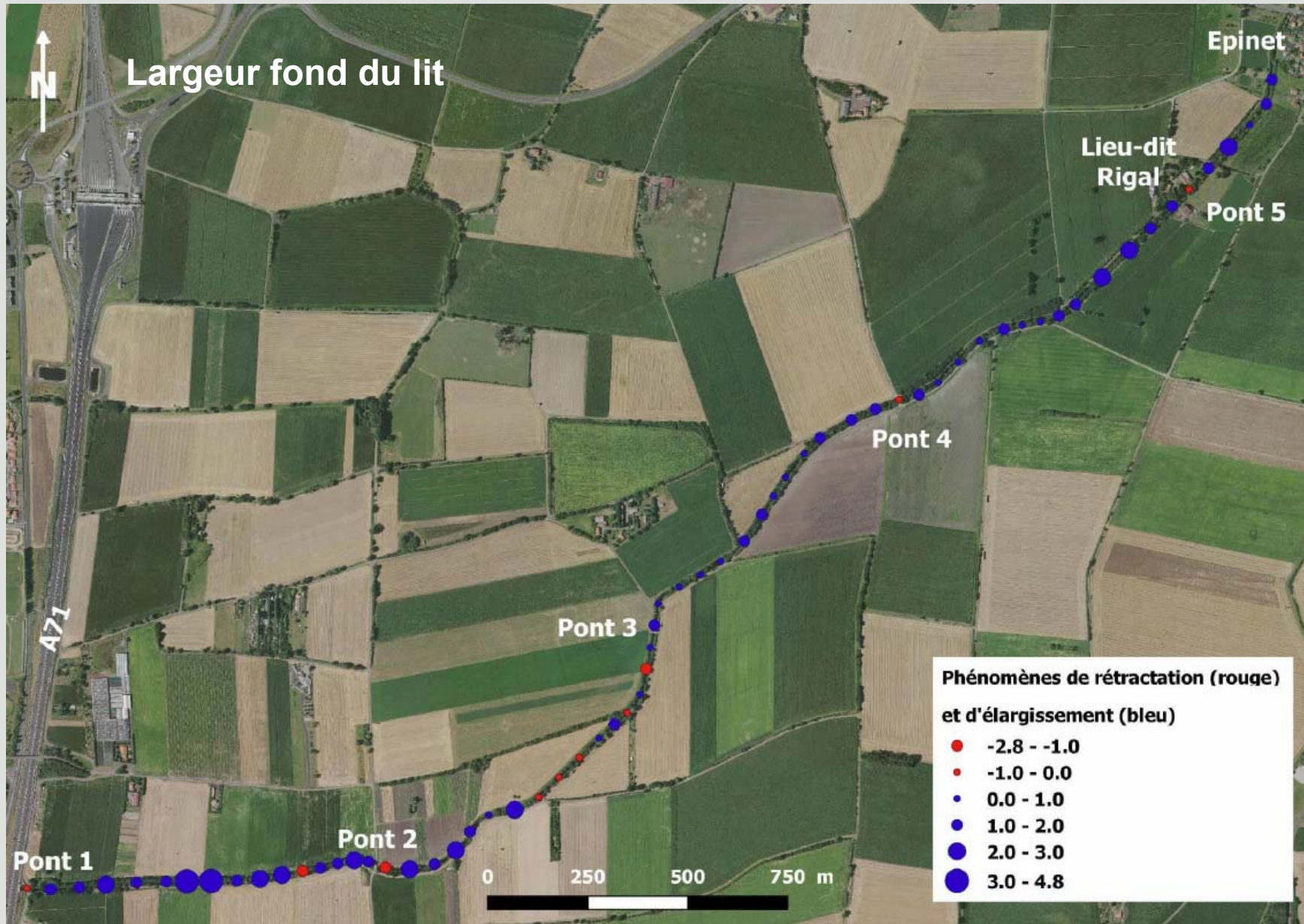


1970 AVP / 1970 P



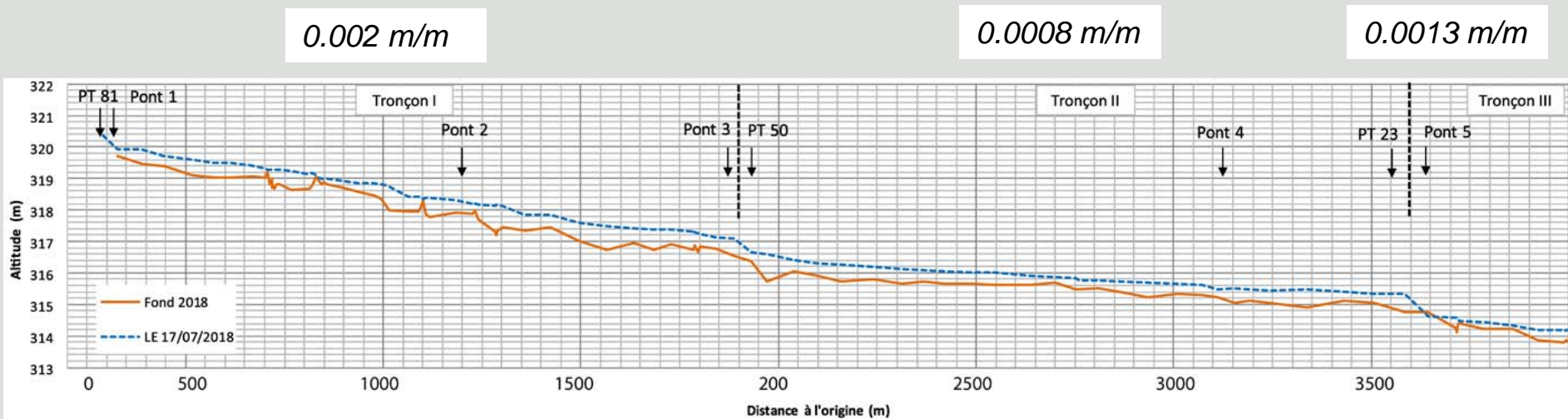
1970 P / 2018





## Evolution verticale du lit

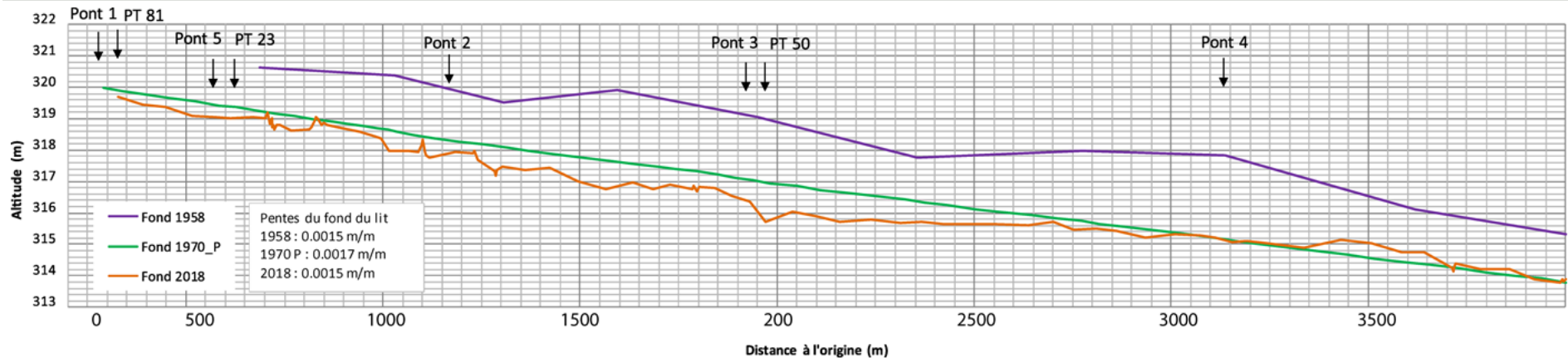
- Pente du lit (2018)



- Rupture de pente amont pont
- Variations topographiques locales T1

## Evolution verticale du lit

- Comparaison fond 1958 / 1970 AVP et 2018

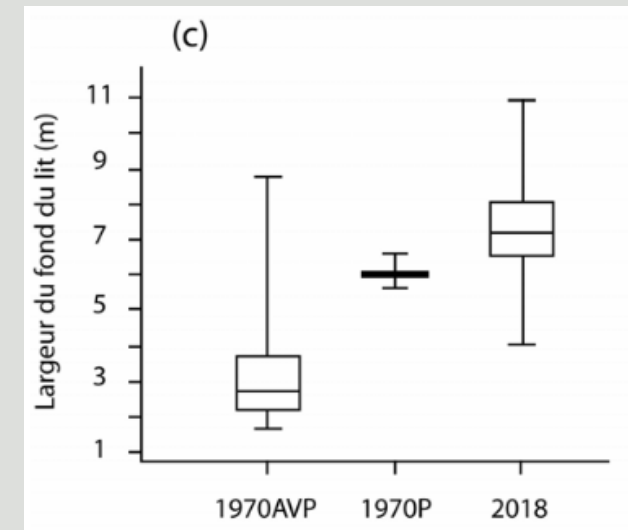


- pente générale pré et post-travaux identique,
- depuis les travaux,
  - le lit s'est globalement incisé au droit des tronçons T1 et T2,
  - le lit s'est globalement exhausé au droit du tronçon aval T3.

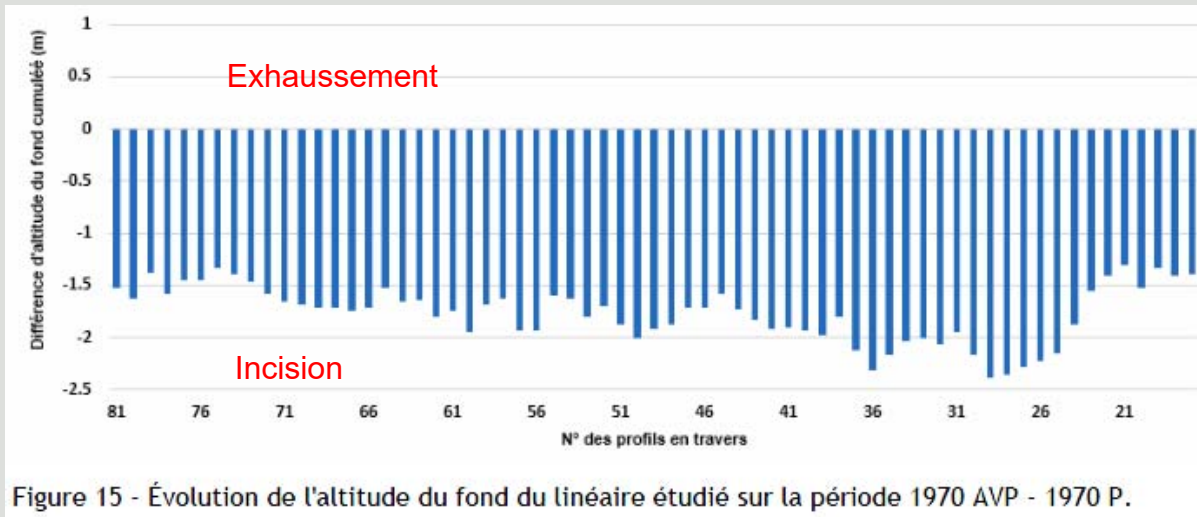
## Evolution verticale du lit

- Incision continue du lit :
  - Impact des travaux : enfoncement du lit
  - 50 ans après, tendance continue à l'incision, durabilité du processus d'incision

	Evolution verticale moyenne fond (m)	Max incision (m)
Période pré-travaux (1958-1970 AVP)		
Période 1970 AVP / 1970 P	- 1.8	- 2.3
Période post-travaux (1970 P /2018)	- 0.25	- 1



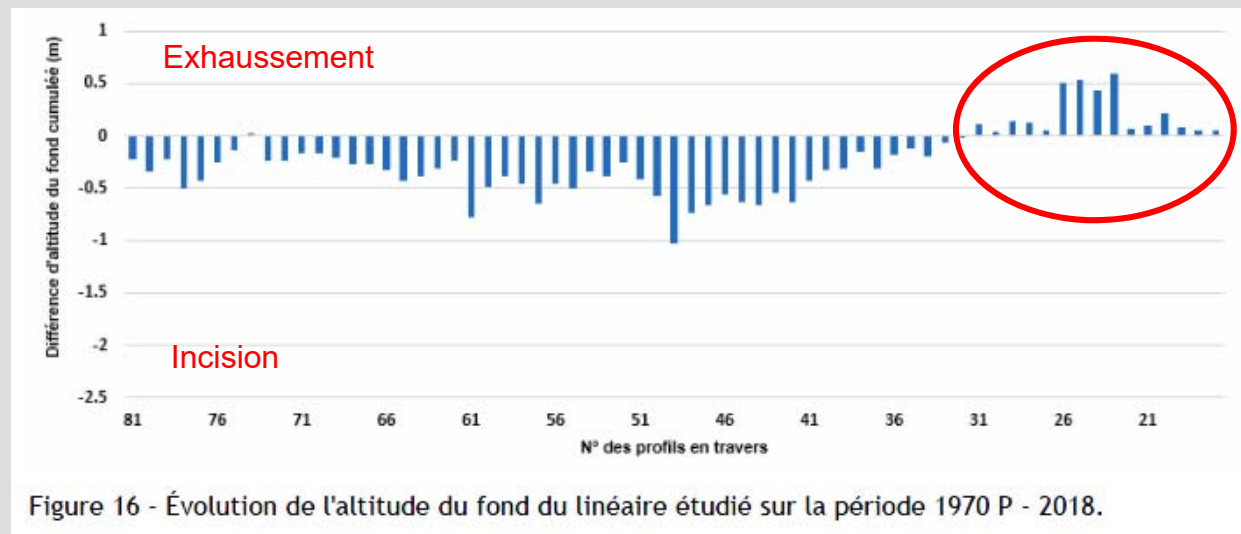
## Evolution verticale du lit



*Exhaussement moyen  
+20 cm, max 50 cm*

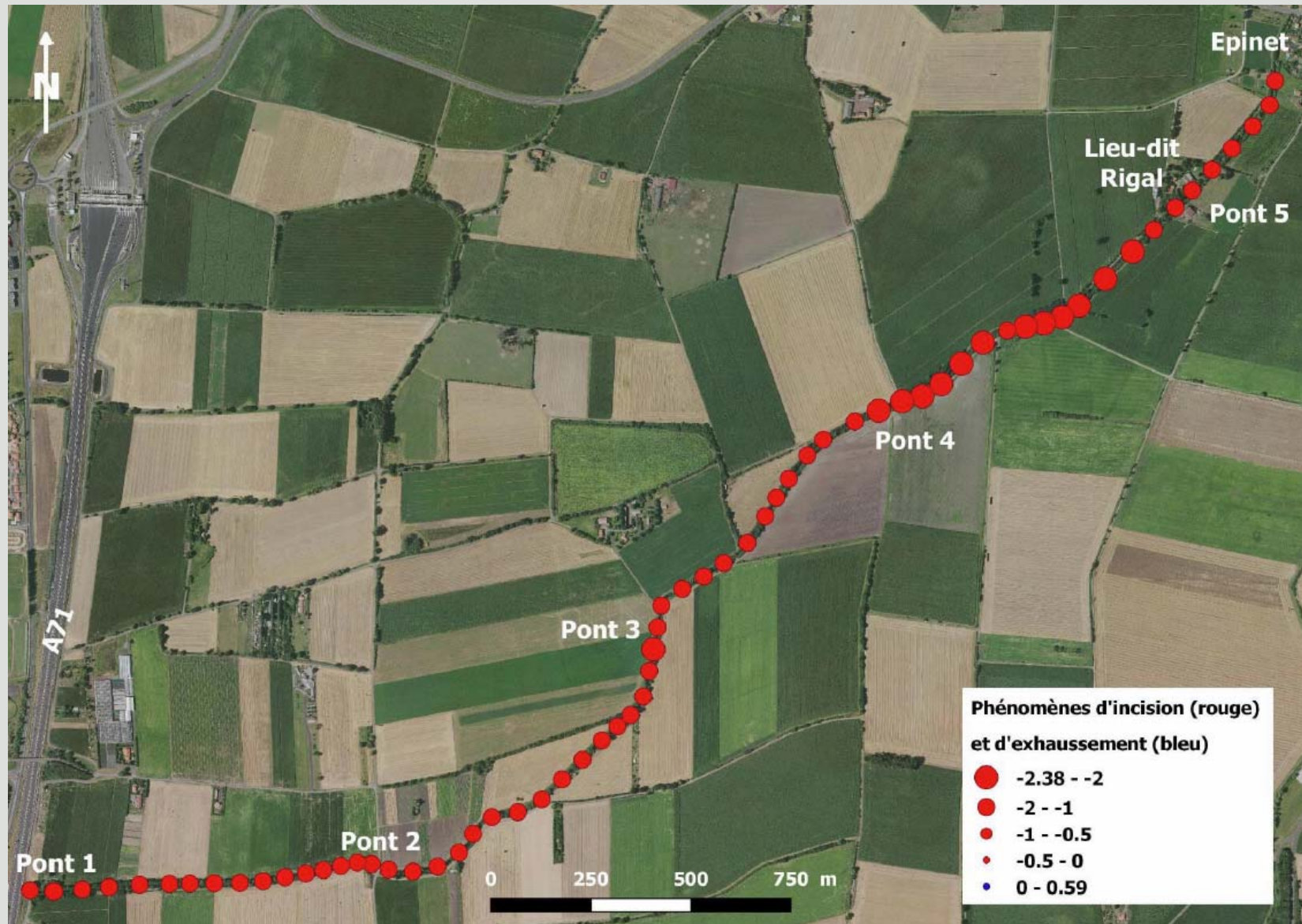
1970 AVP / 1970 P

1970 P / 2018

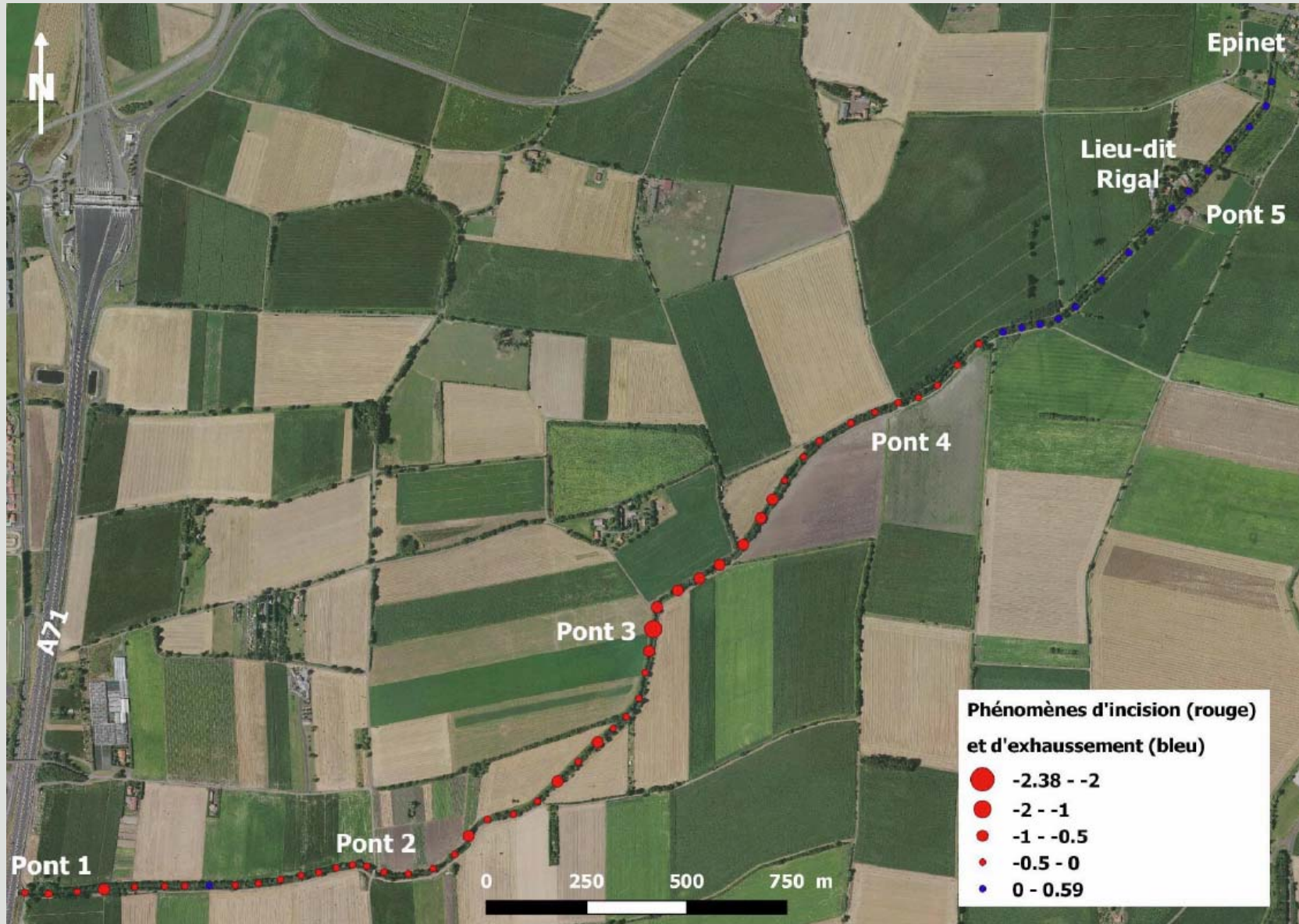




# Evolution verticale du lit



# Evolution verticale du lit



## Bilan quantitatif de l'évolution latérale et verticale

- Situation très dégradée
  - élargissement généralisé et incision
  - après 50 ans, tendance à l'élargissement et incision semble se poursuivre (sauf localement - T1)

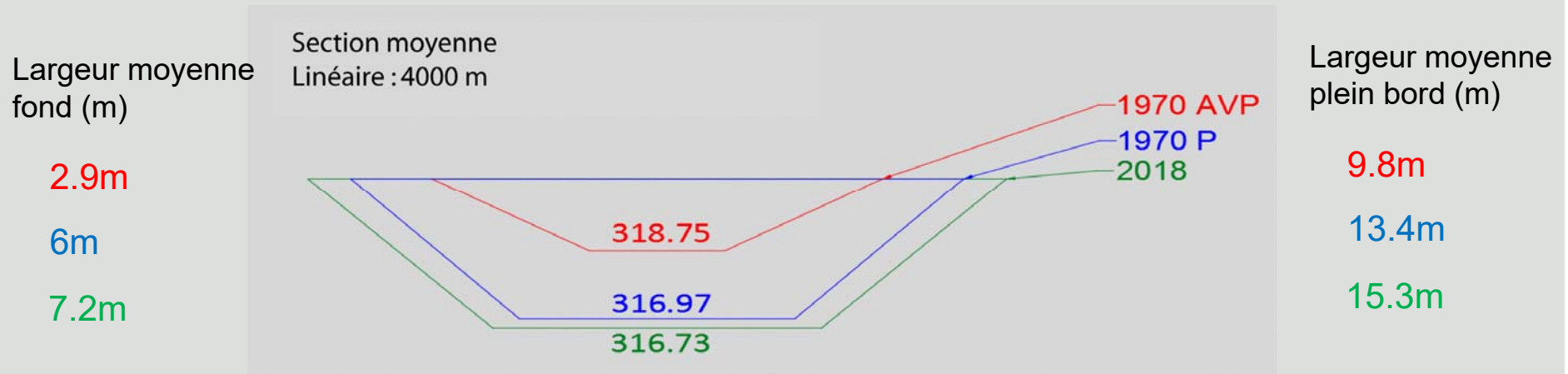


Tableau 12 - Quantification des volumes de sédiments retirés au cours des travaux et érodés.

	Section moyenne (m <sup>2</sup> )	Volume de la section (m <sup>3</sup> )	Volume extrait / 1970 AVP (m <sup>3</sup> )	Volume extrait / 1970 AVP (m <sup>3</sup> /km)	Volume érodé (m <sup>3</sup> ) / 1970 P	Volume érodé / 1970 P (m <sup>3</sup> /km)	Volume total perdu (m <sup>3</sup> )	Volume total perdu (m <sup>3</sup> /km)
1970 AVP	12.18	48728	-		-			
1970 P	35.69	142752	94024	23506	-	127188	31797	
2018	43.98	175916	-		33164	8291		

## Puissances spécifiques

- Puissance actuelle : 1.26 W/m<sup>2</sup>, max. 11 W/m<sup>2</sup>
- Analyse diachronique : diminution de la capacité de la rivière à éroder ses berges et transporter des sédiments (respectivement de 2.49 W/m<sup>2</sup>, 1.36 W/m<sup>2</sup> et 1.26 W/m<sup>2</sup> pour 1970 AVP, 1970 P et 2018).
- Localement plus fortes valeurs -> érosions locales
- Largement inférieur au seuil théorique d'auto-ajustement de 35 W/m<sup>2</sup> (Brookes, 1988)

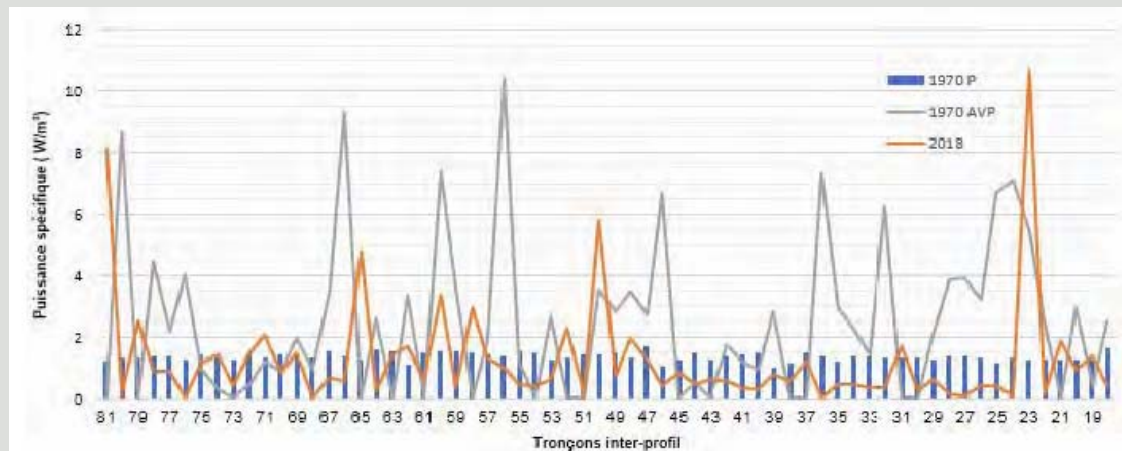


Figure 14 - Evolution amont / aval de la puissance spécifique sur le tronçon étudié (1970 AVP, 1970 P et 2018).

## Modélisation hydraulique

- assurer l'écoulement d'un débit de 50 m<sup>3</sup>/s sur toute la longueur du tronçon a été atteint.

La totalité des écoulements se concentre dans le chenal (1970 AVP, 2018) contrairement à la période pré-travaux (1970 P) durant laquelle seulement 58 % du débit de 50 m<sup>3</sup>/s était concentré dans le chenal

- Une dichotomie pré et post-travaux à la fois des vitesses moyennes d'écoulement et de la puissance moyenne pour le débit projet (50 m<sup>3</sup>/s).

Les travaux ont augmenté les vitesses et la puissance moyenne d'écoulement. En 2018, les valeurs de ces deux paramètres tendent à diminuer par rapport aux valeurs post-travaux.

- Une variabilité amont/aval des vitesses d'écoulement pour le débit projet de 50m<sup>3</sup>/s.

Au droit de l'aval du tronçon I et au niveau du tronçon II, les vitesses d'écoulement sont plus élevées en 2018 qu'elles ne l'étaient avant travaux -> ce qui peut également expliquer les plus nombreuses poches d'érosion rencontrées

## SYNTHÈSE

- Période pré-travaux

Peu info quantitative, cours d'eau « naturel » : *section d'écoulement réduite, fond à pente non régulière, alternance seuils, mouilles, quelques méandres*

- Effets des travaux de 1970

- Homogénéisation de la pente du lit,
- Homogénéisation de la morphologie de la section d'écoulement à la fois au niveau de la largeur à pleins bords et de la largeur du fond du lit,
- Approfondissement du lit, en moyenne de 1.80 m. Localement, l'incision peut atteindre 2.40 m
- Augmentation et homogénéisation des vitesses et puissance d'écoulement,
- Pas de débordement pour la crue de période de retour 50 ans (2.3 m<sup>3</sup>/s).

- Période post-travaux

- Processus d'élargissement se poursuit (érosion, points durs, arbres), sauf au droit de pont (réduction section)
- Processus d'incision se poursuit, mais limité par la présence des marnes
- Exhaussement partie aval

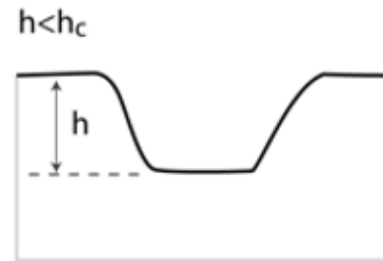
# SYNTHÈSE



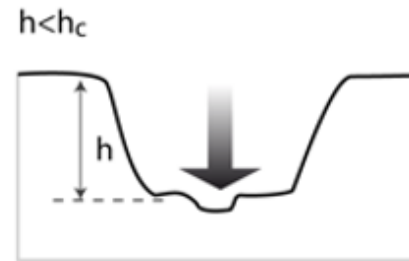
**Etape 1 : divagant, avant modification**



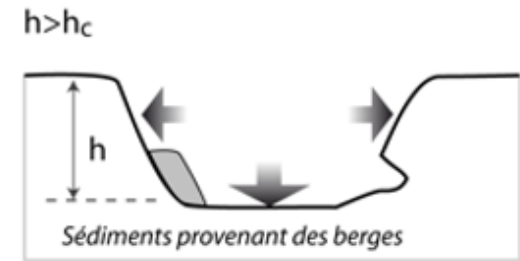
**Etape 2 : travaux de recalibrage, rectification**



**Etape 3 : incision**

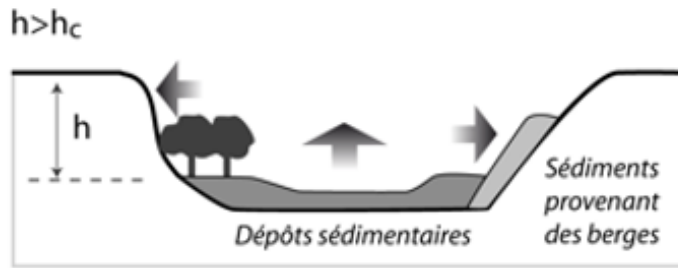


**Etape 4 : incision, divagation latérale, érosion et affouillement des berges**

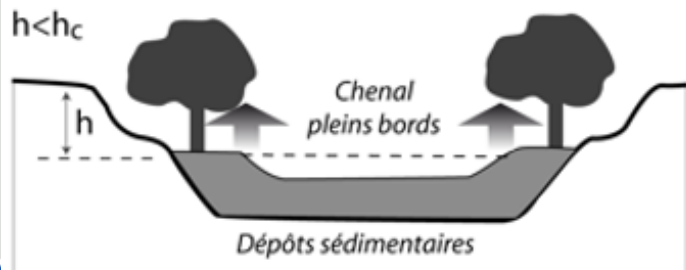


Retour état d'équilibre dynamique

**Etape 5 : dépôts sédimentaire, divagation latérale**

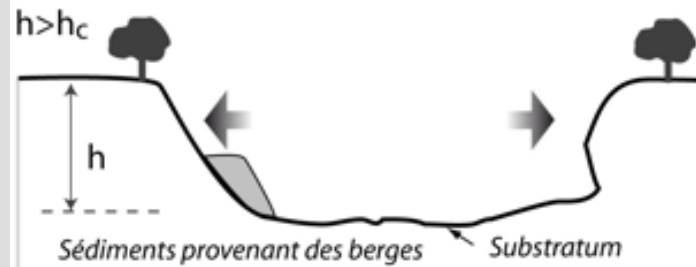


**Etape 6 : quasi retour à l'équilibre**

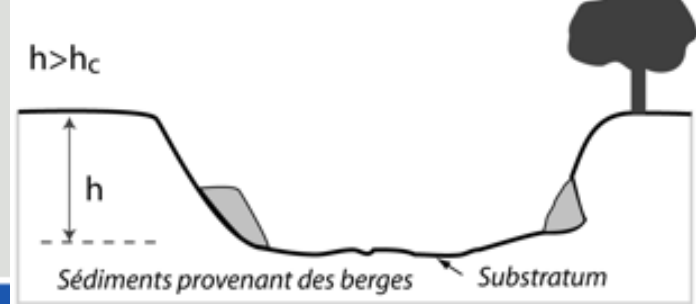


Pas de retour état d'équilibre dynamique  
= dysfonctionnement

**Etape 5 : stabilisation de l'incision, divagation latérale**



**Etape 6 : pas de retour à l'équilibre**





## Comparaison avec modèle théorique

- Travaux ont eu pour effet cloisonner de façon permanente le lit mineur (encaissement, élargissement)
- Incapacité de s'auto-ajuster et de compenser les désordres ( $<$  seuil théorique de  $35 \text{ W/m}^2$ )
- Pas de retour à un état d'équilibre
- Même si l'incision est ralentie en raison substratum marneux
- pas d'apport sédimentaire amont venant compenser le déficit
- Seulement apports sédimentaires locaux (érosion des berges) qui participent à l'exhaussement du lit aval

## PROPOSITION DE GESTION

1. Définir un espace de mobilité minimum -> **NON**
2. Réaliser des actions mécaniques de recharge sédimentaire (granulométrie mobilisable) -> **OUI**

La rehausse du fond du lit avec des matériaux d'une granulométrie diversifiée mais mobilisable par le Bedat permettrait ainsi de :

- restaurer un matelas alluvial favorable à la vie aquatique (meilleure oxygénation de l'eau et décolmatage du substrat), de diversifier les écoulements,
- diminuer la décantation des matières en suspensions et les pertes de sédiments des berges par érosion,
- augmenter la lame d'eau à l'étiage, atténuant l'effet de réchauffement de l'eau en été.

Avant



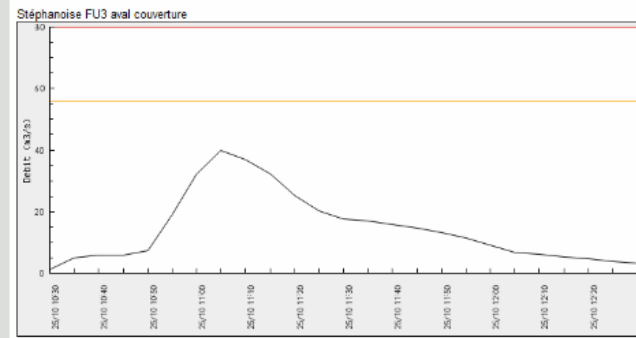
Pendant



Après

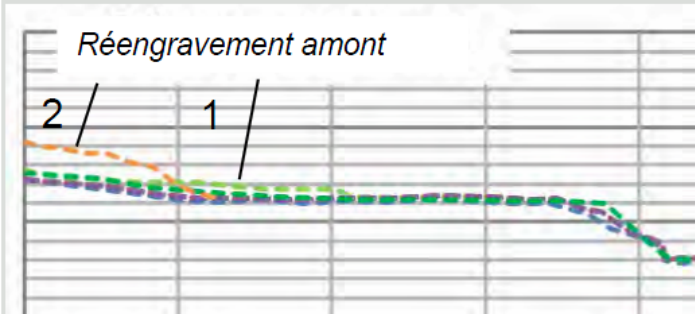
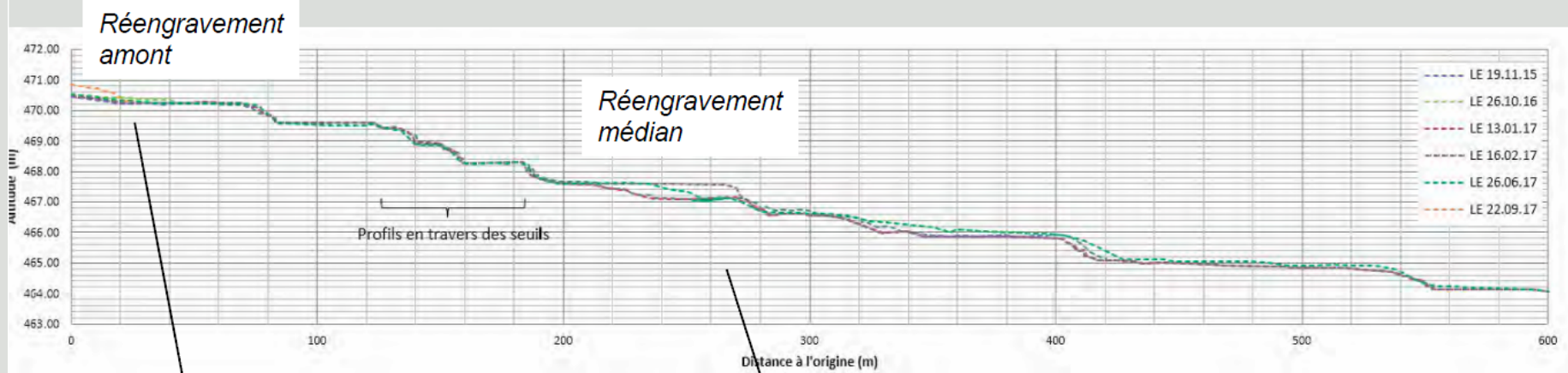


Courbes des stations : Stéphanoise FU3 aval couverture



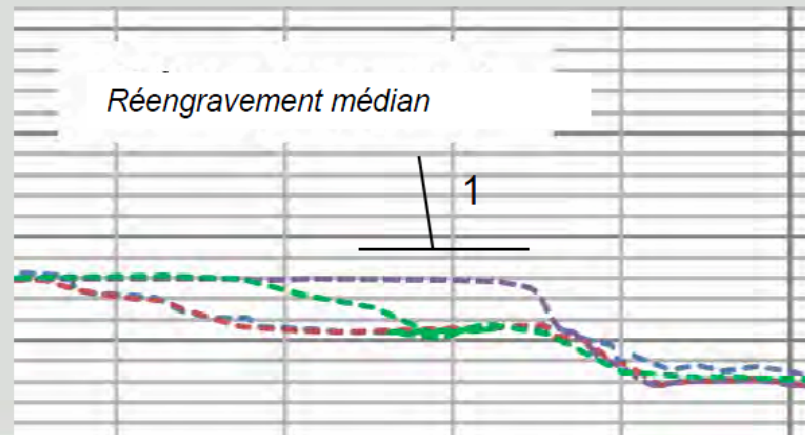
Charrriage

## Evolution du profil de la ligne d'eau

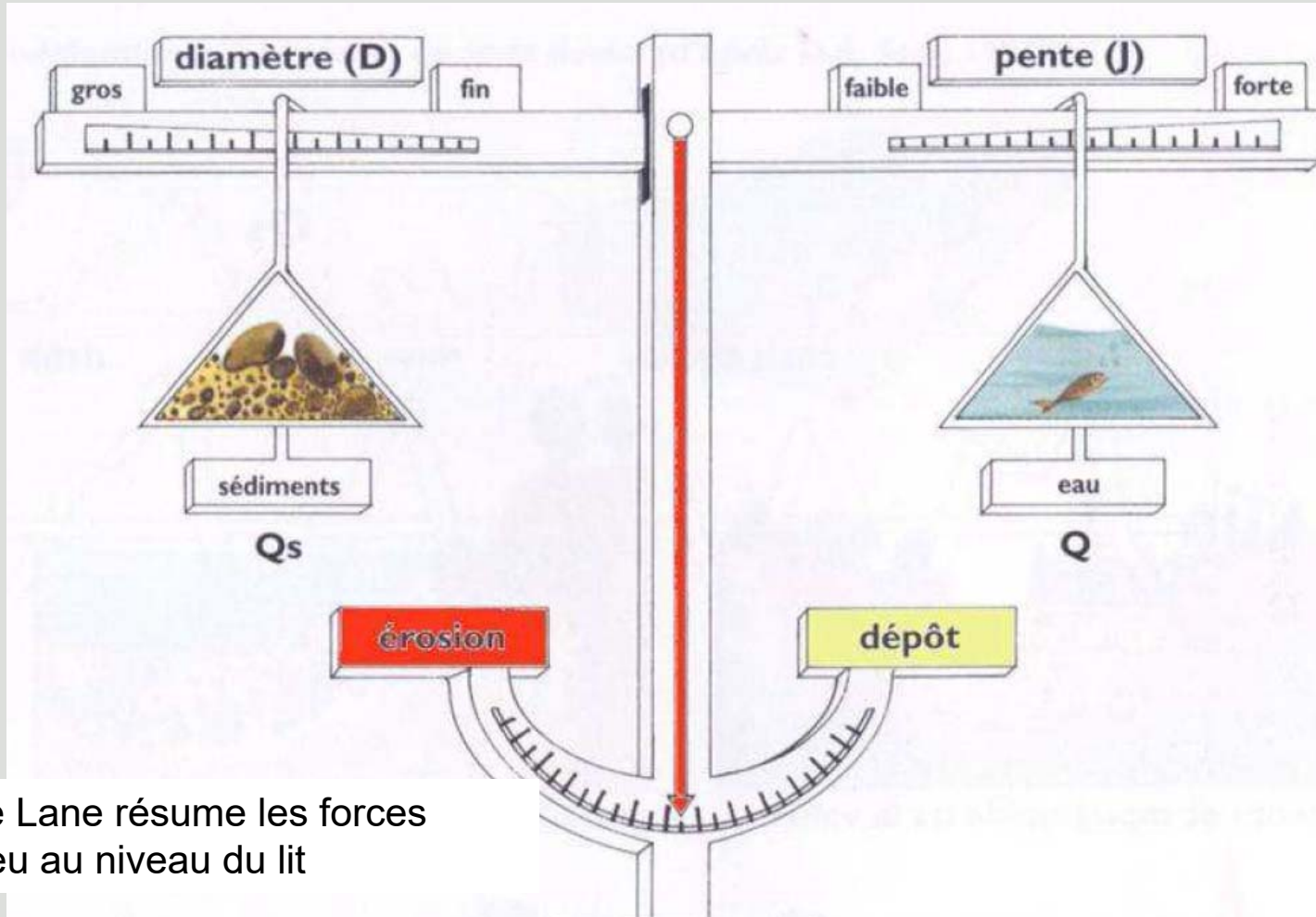


*On voit arriver les matériaux provenant de l'amont sur la partie médiane*

*Apports de matériaux, équilibre dynamique*

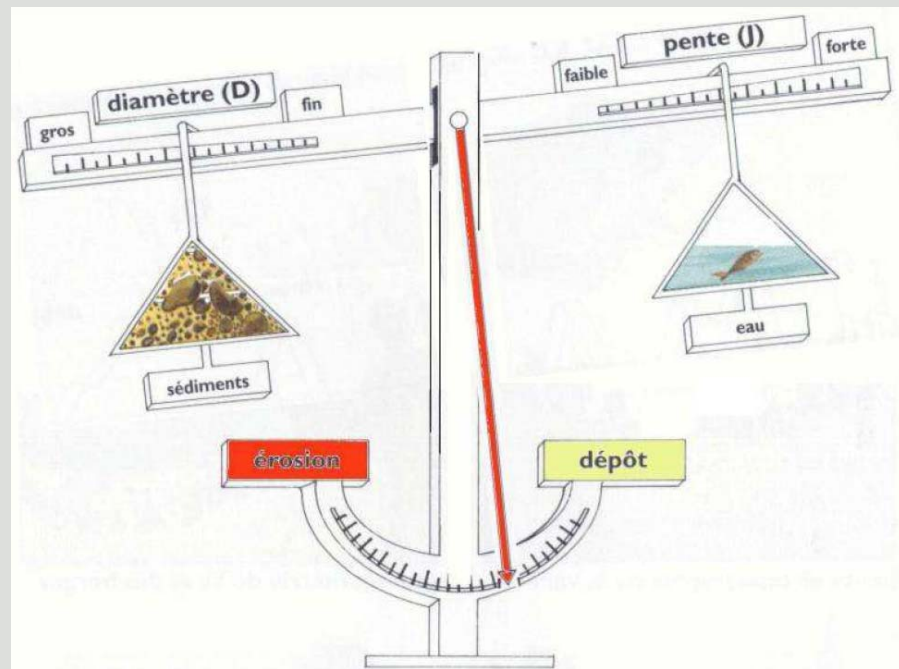
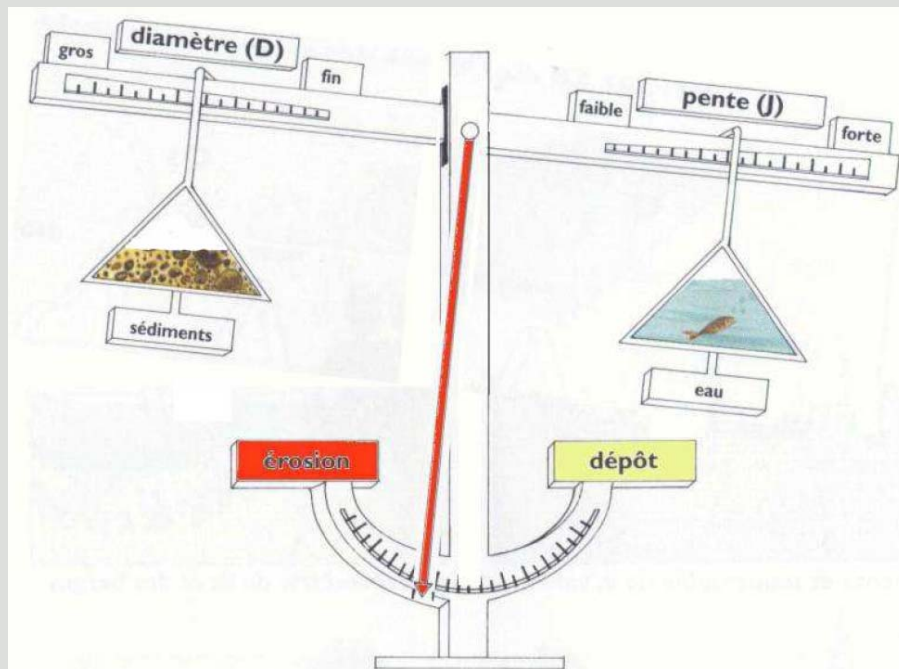


**Merci de votre écoute !**



Balance de Lane résume les forces mises en jeu au niveau du lit

La stabilité du lit est le résultat d'un équilibre entre les forces érosives, contrôlées par le débit liquide et la pente, et les forces qui s'y opposent et qui dépendent de la quantité et de la taille des sédiments transportés



La présence d'alluvions en rivière est généralement perçue négativement par les populations riveraines. Les demandes fréquentes de curage émanant des riverains et relayées par les élus sont principalement motivées par la volonté de réduire la fréquence et l'ampleur des inondations des terrains situés à proximité des zones d'atterrissements. Cet argument systématiquement avancé pour justifier le recours au curage n'est pas infondé dans la mesure où les petites crues d'occurrence annuelle à quinquennale ont une puissance insuffisante pour remobiliser complètement les dépôts d'alluvions existant dans le lit mineur. L'encombrement du chenal par des bancs alluviaux, surtout s'ils sont végétalisés, entraîne parfois une rehausse de la ligne d'eau qui suffit à créer des débordements localisés de la rivière. La formation d'atterrissements et leur végétalisation dans les traversées urbaines peut donc être problématique car susceptible d'induire une réduction de la section d'écoulement.

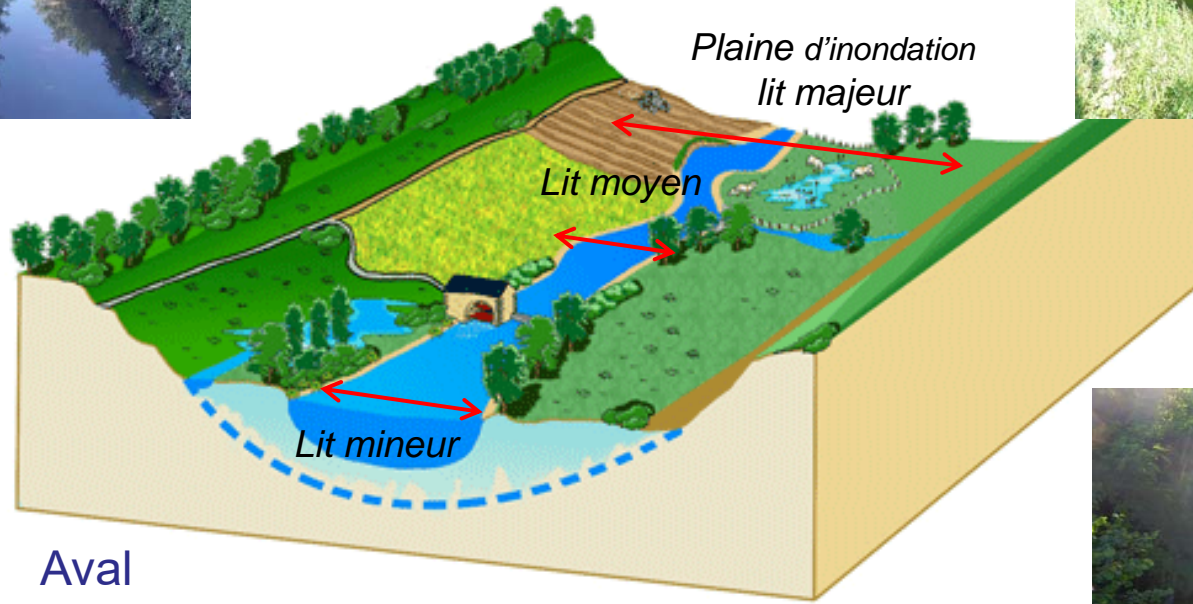
Un autre argument, plus rarement exprimé par les riverains pour justifier un curage, est de préserver le foncier en limitant la pression érosive sur les berges au droit de zones à enjeux. Les atterrissements qui se forment jouent en effet le rôle d'épis déflecteurs et accélèrent l'érosion de la berge opposée à l'atterrissement.



# 1. ÉLÉMENTS DE DYNAMIQUE FLUVIALE



Amont



Aval



Un cours d'eau est un système qui recueille et transporte vers l'aval les eaux (pluie et sources) et les sédiments issus du BV. La pente et le débit en font un système énergétique, dynamique et mobile dans l'espace et dans le temps.

## 1. ÉLÉMENTS DE DYNAMIQUE FLUVIALE

- Tout cours d'eau peu aménagé, érode, transporte et dépose des matériaux provenant de l'amont et de ses berges soumises à l'érosion
- Le transport de sédiments est indissociable du transport liquide (débits)
- On observe sur tous les cours d'eau des zones préférentielles d'érosion et de dépôts de matériaux
- Lors de crue, le transport de matériaux augmente et la rivière « nettoie » (évacue) le lit mineur
- Le cours d'eau adopte une géométrie (et la modifie) qui lui permet d'évacuer les débits liquide et solide
- Cette géométrie (variables géomorphologiques) résulte d'un équilibre entre les débits et les débits solides
- Tout changement de débit liquide ou de débit solide se traduit par une réponse du chenal (c'est à dire une adaptation géomorphologique aux nouvelles conditions de débit et de charge sédimentaire)

## 1. ÉLÉMENTS DE DYNAMIQUE FLUVIALE

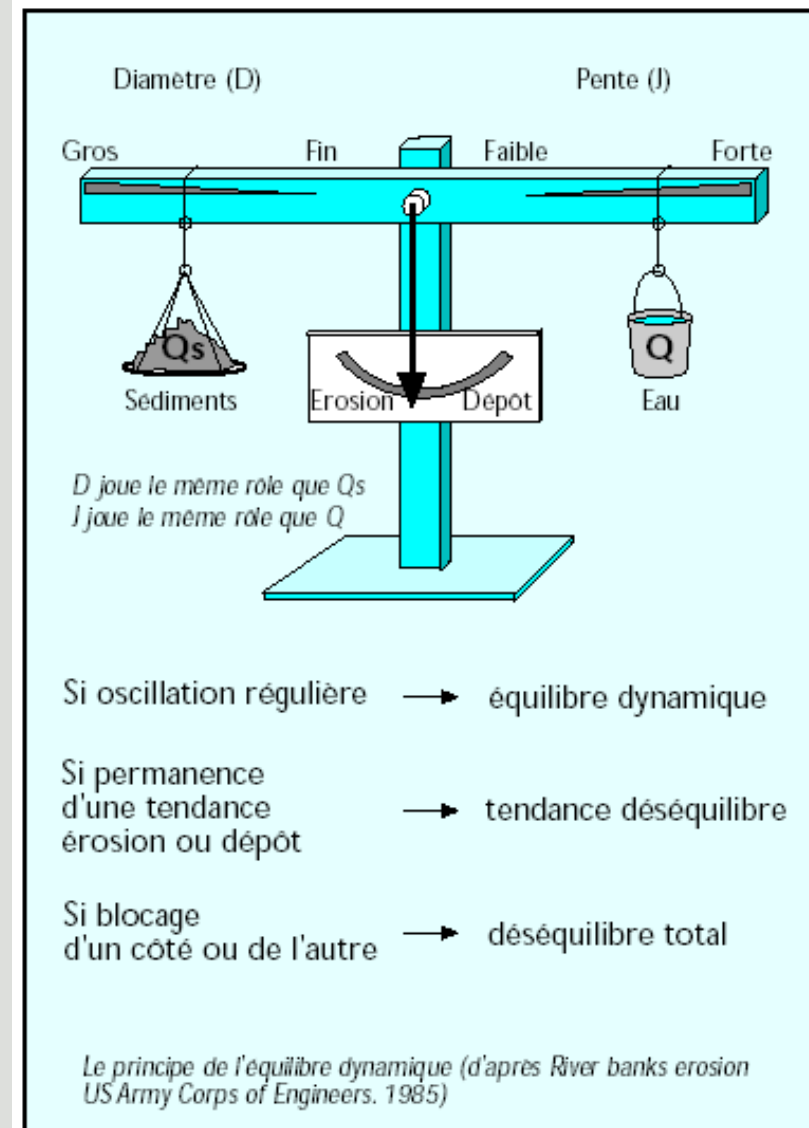
Les rivières sont en EQUILIBRE DYNAMIQUE

-> ajustement permanent autour d'une géométrie moyenne (respiration)

-> ajustement continu de leur pente, largeur, sinuosité, ... au gré des variables de contrôle.

2 variables de contrôle majeures :

- charge solide (volume, granulométrie)
- puissance (pente x débit)



-> morphologie du cours d'eau varie dans l'espace et dans le temps en fonction des modifications des variables de contrôle