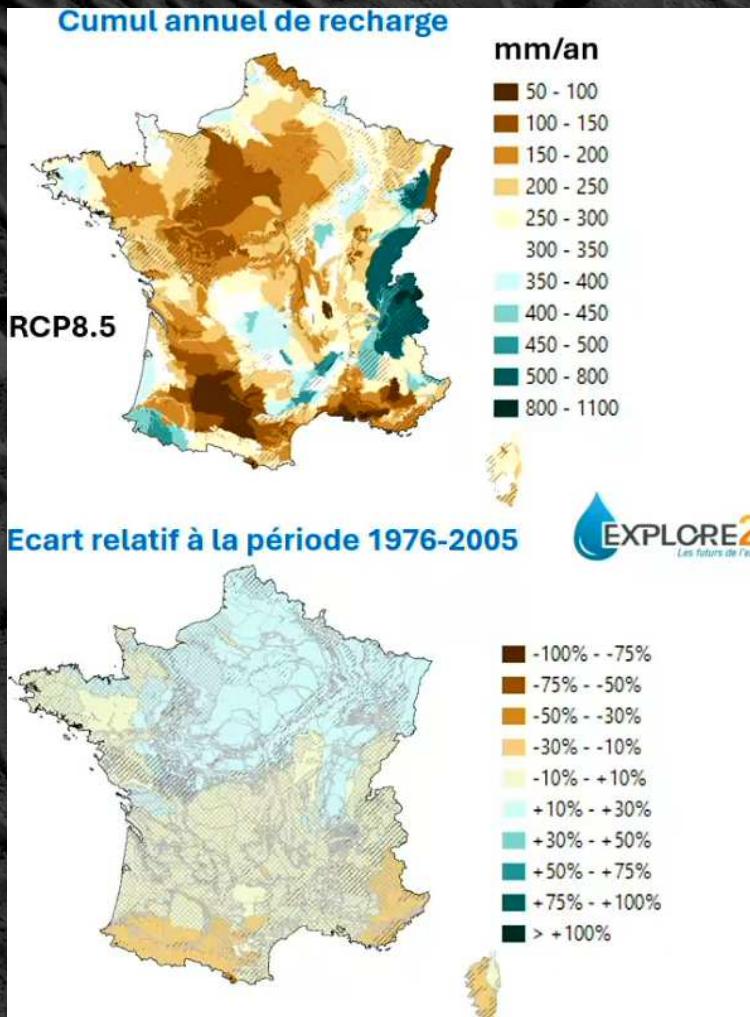


Effet des projections climatiques sur les flux solides de fond sur la Loire

*Rodrigues S., P. Louet, H. Seyedhashemi, J. Le
Guern, A. Andréault, P. Jugé, F. Moatar*



CC & flux solides des cours d'eau



C. Poinssot, 2024.

Nécessité de quantifier la charge de fond

Flux solides ?

- MES vs. *charge de fond*
- Bassin Versant vs. *Corridor & affluents*

Ajustement morphodynamique ?

- En Z : *alluvionnement vs. incision*
- En plan : *style fluvial*

Réponses biocénoses (dont vegetation) ?

Usages de l'eau ?

Quantifier des flux solides de fond dans les grands cours d'eau pour les gérer

Continuum terre - mer

Incision

Biodiversité

Restauration



Source : Pierre Fitou, NR.

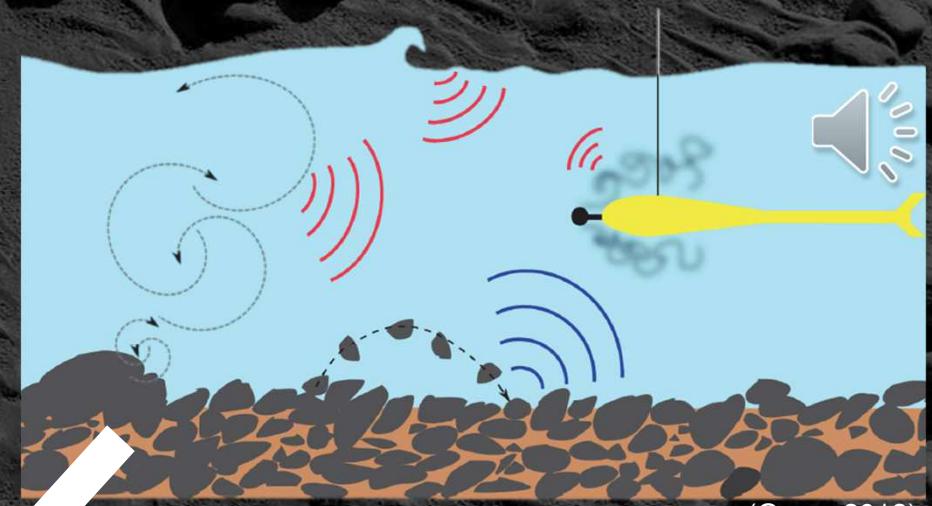
Comment quantifier des flux solides de fond dans les grands cours d'eau ?

Méthode de mesure directe



Rodrigues et al., 2010 ; Claude et al., 2012 ; Le Guern et al., 2021

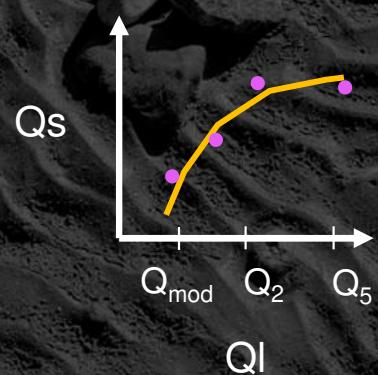
Méthode de mesure indirecte



(Geay, 2013)

Le Guern et al., 2021 ; Le Guern et al., in review.

Courbe de tarage solide

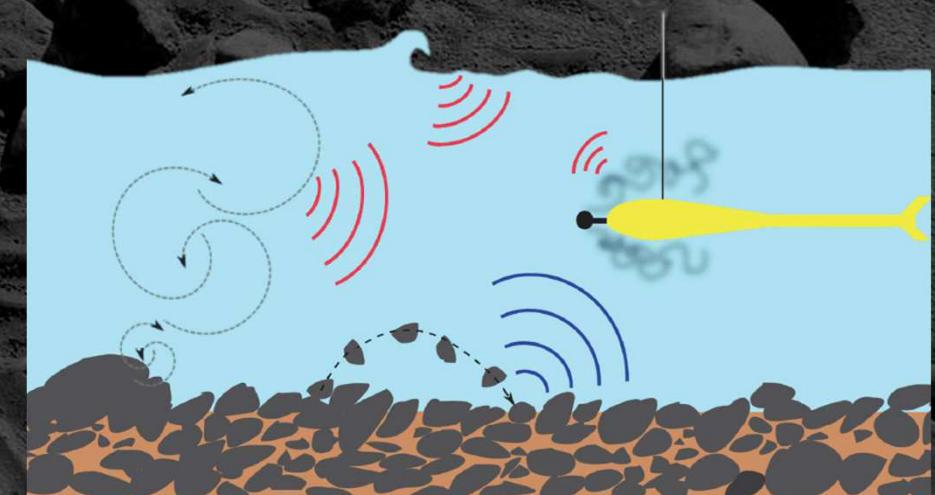
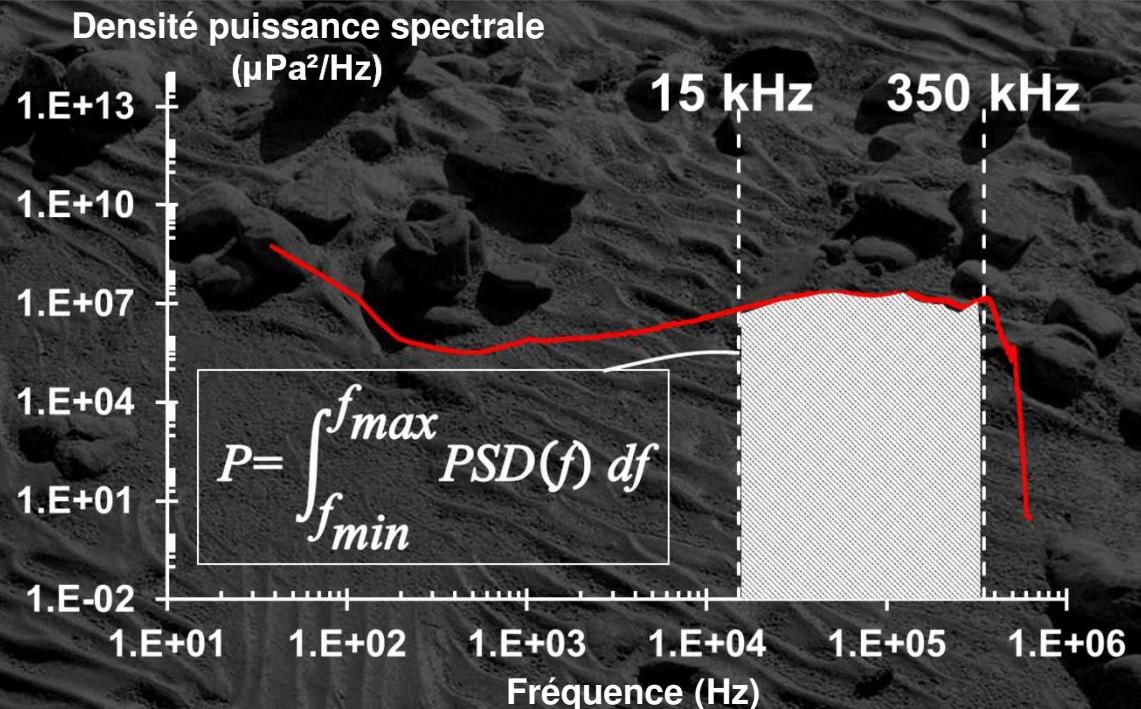
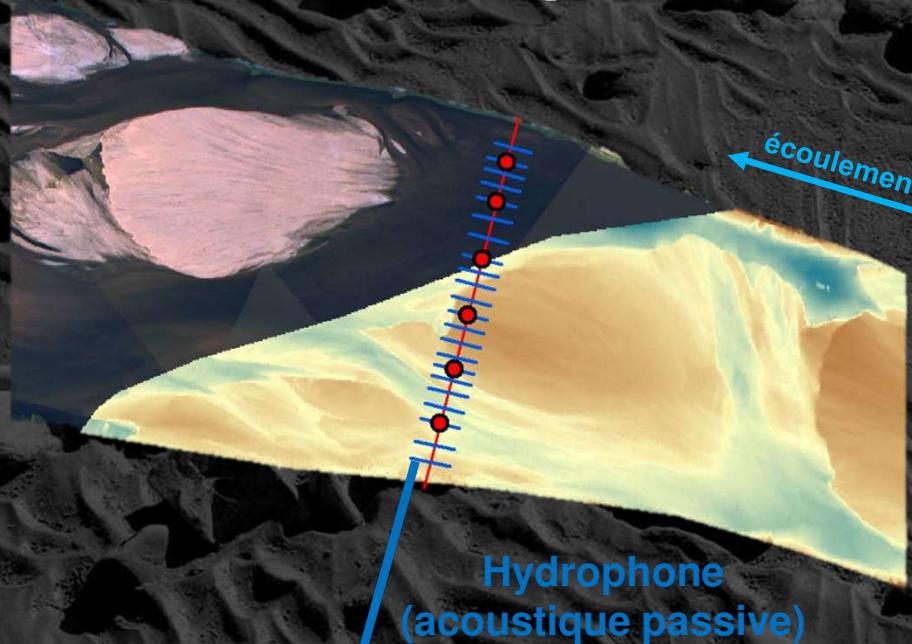


Méthode directe



Méthode indirecte

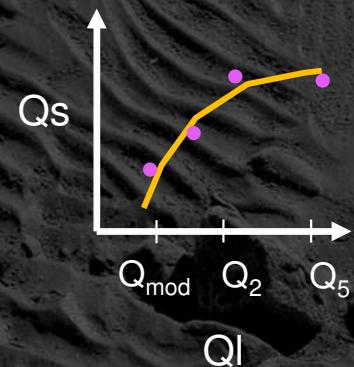
Mesure indirecte chargement = calibration



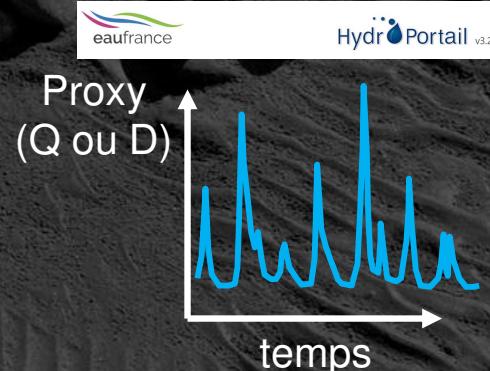
(Geay, 2013)

Comment établir des chroniques de flux solides de fond dans les grands cours d'eau ?

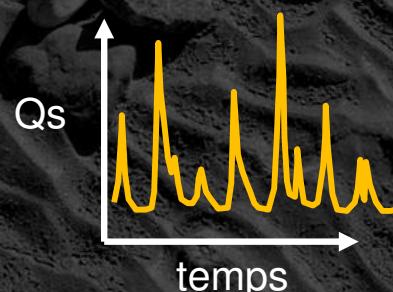
Courbe de tarage solide



Chronique débits



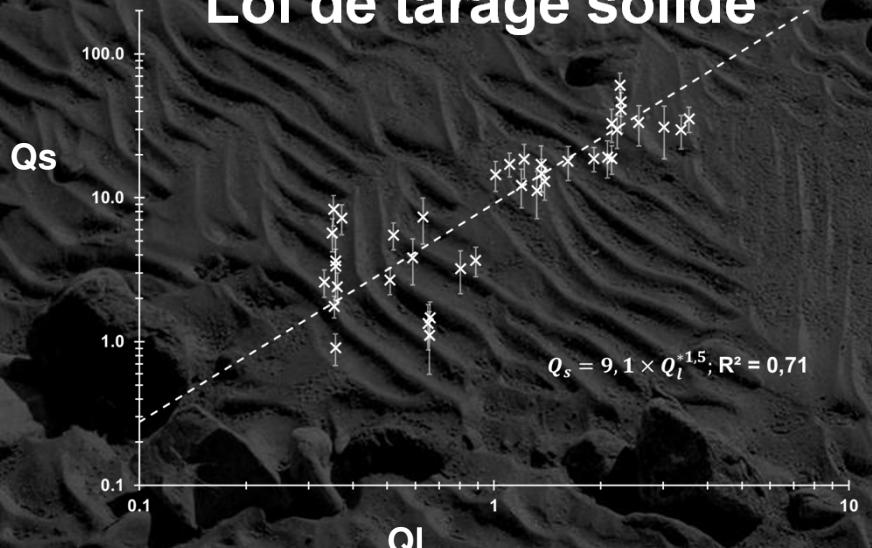
Chronique débit solide



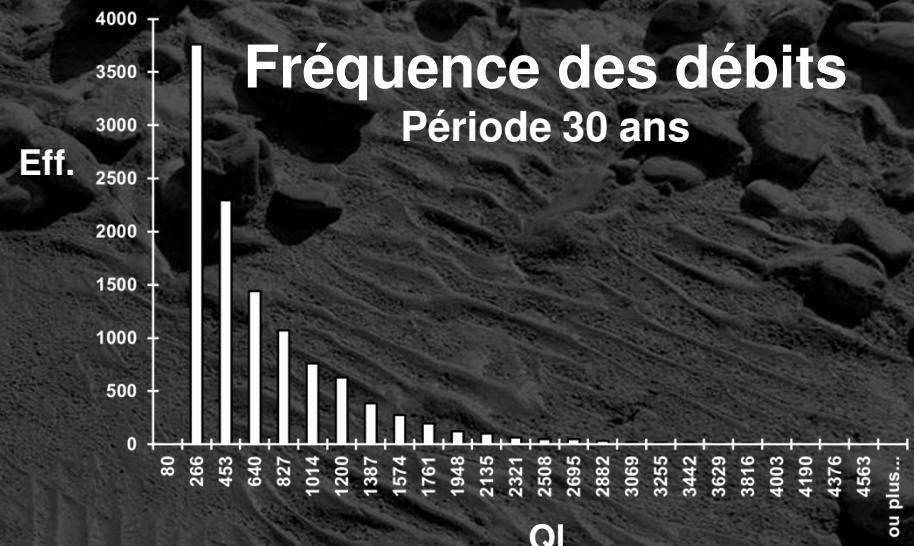
Flux moyens annuels de charriage [2000-2024]

Un exemple : courbe tarage solide - St Mathurin sur Loire [49]

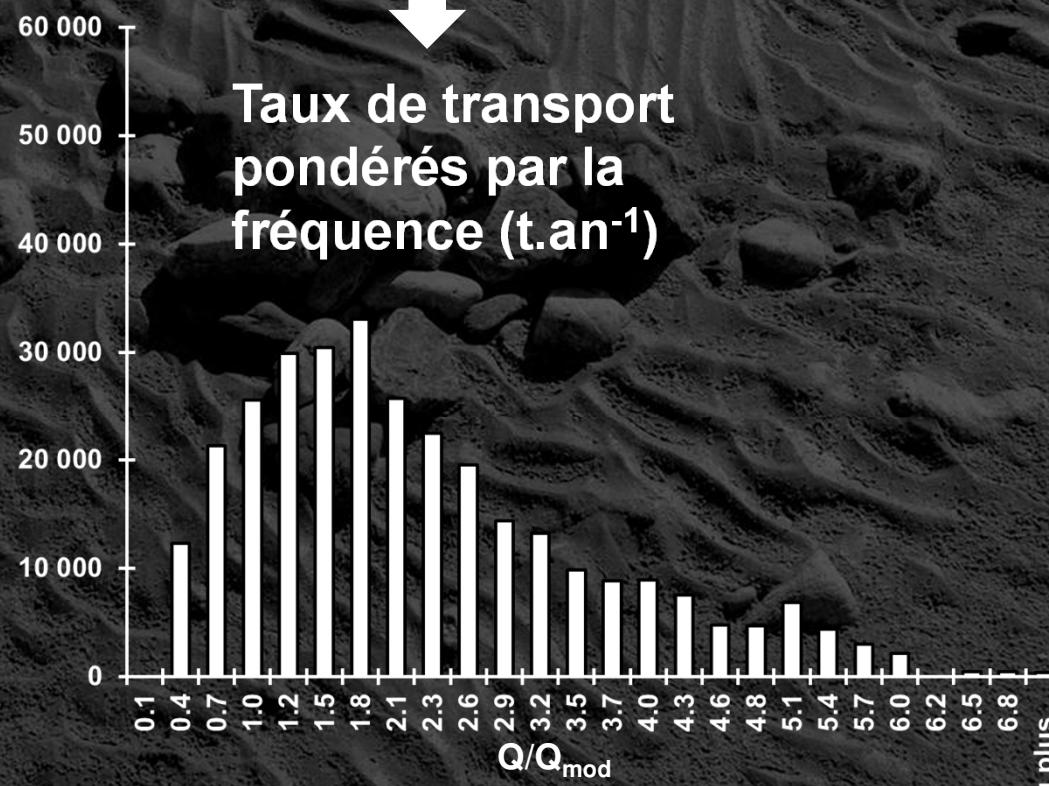
Loi de tarage solide



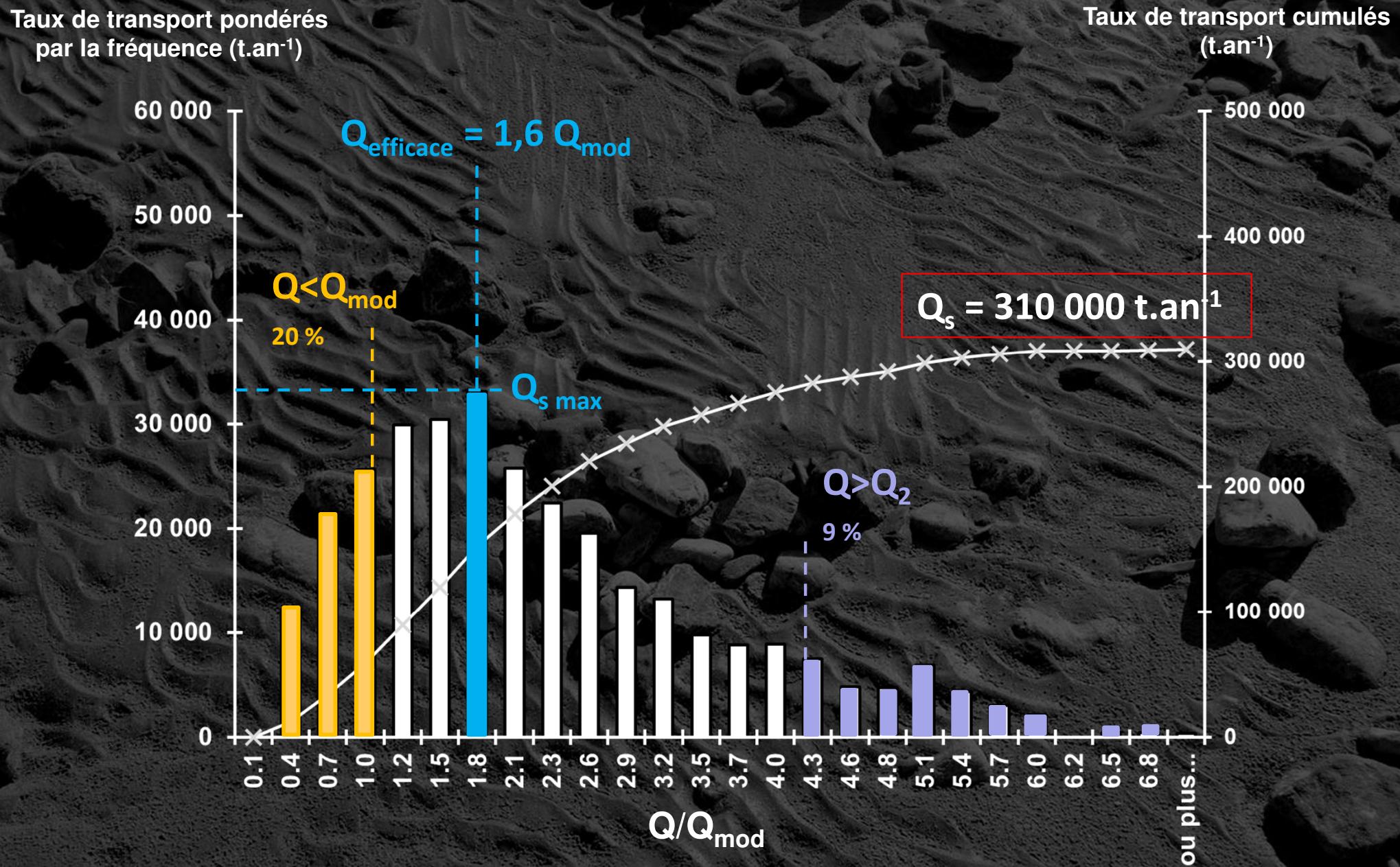
Fréquence des débits
Période 30 ans



Taux de transport
pondérés par la
fréquence (t.an⁻¹)

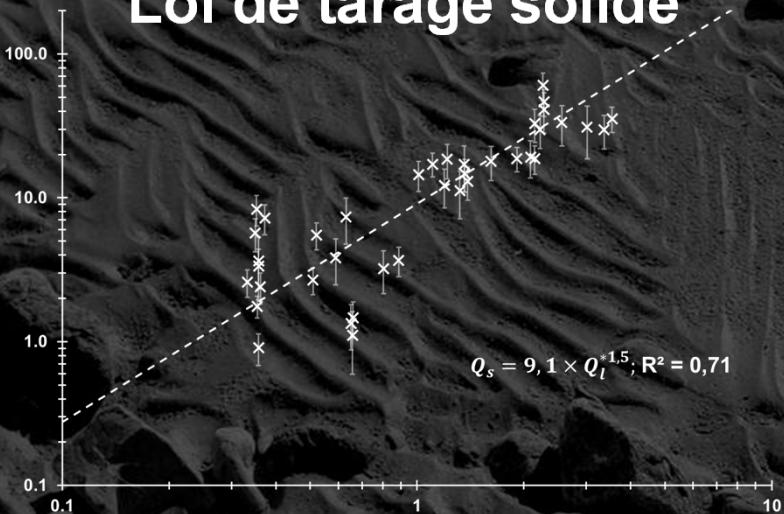


Un exemple : courbe tarage solide - St Mathurin sur Loire [49]



Question scientifique & hypothèses

Loi de tarage solide



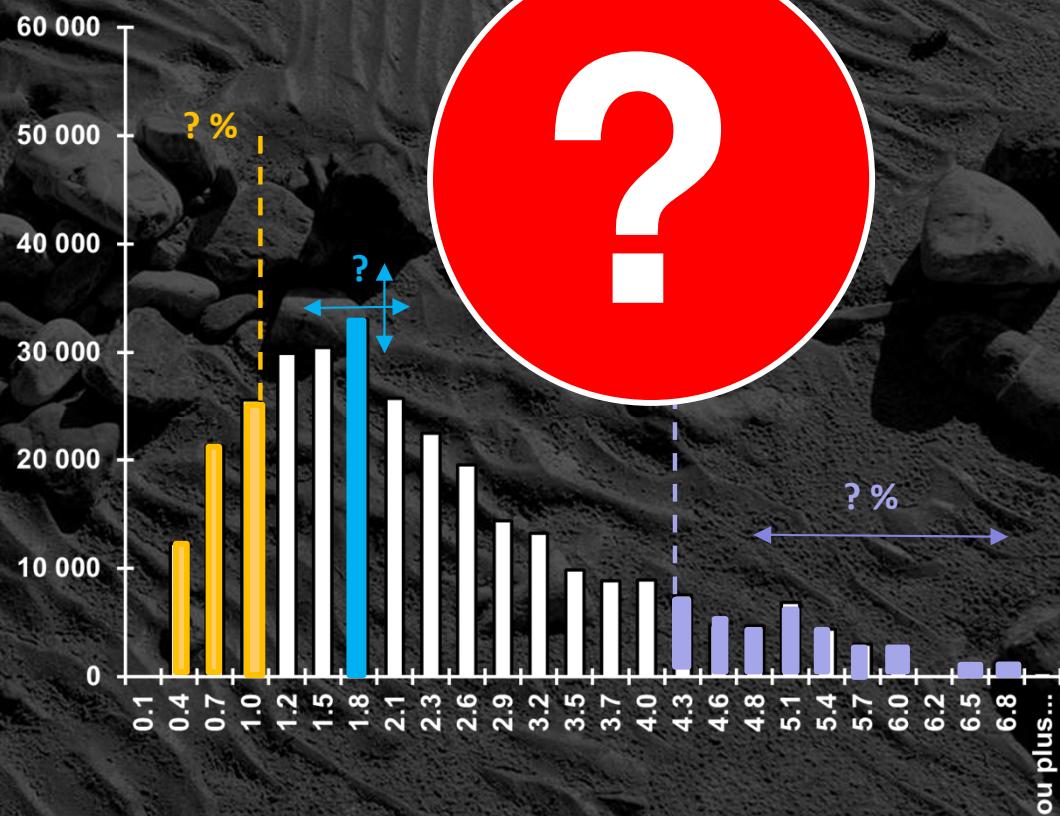
✗

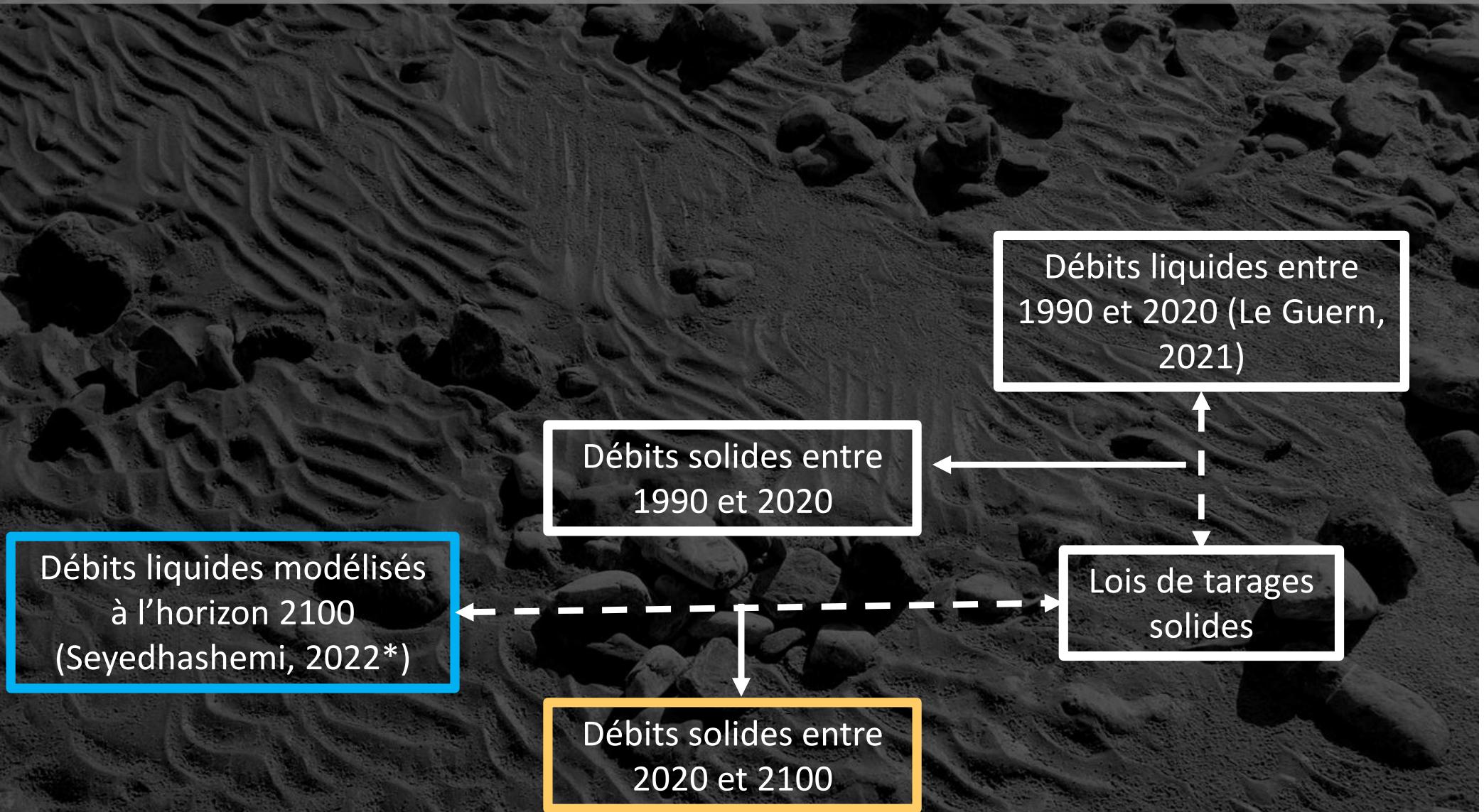
Fréquence des débits



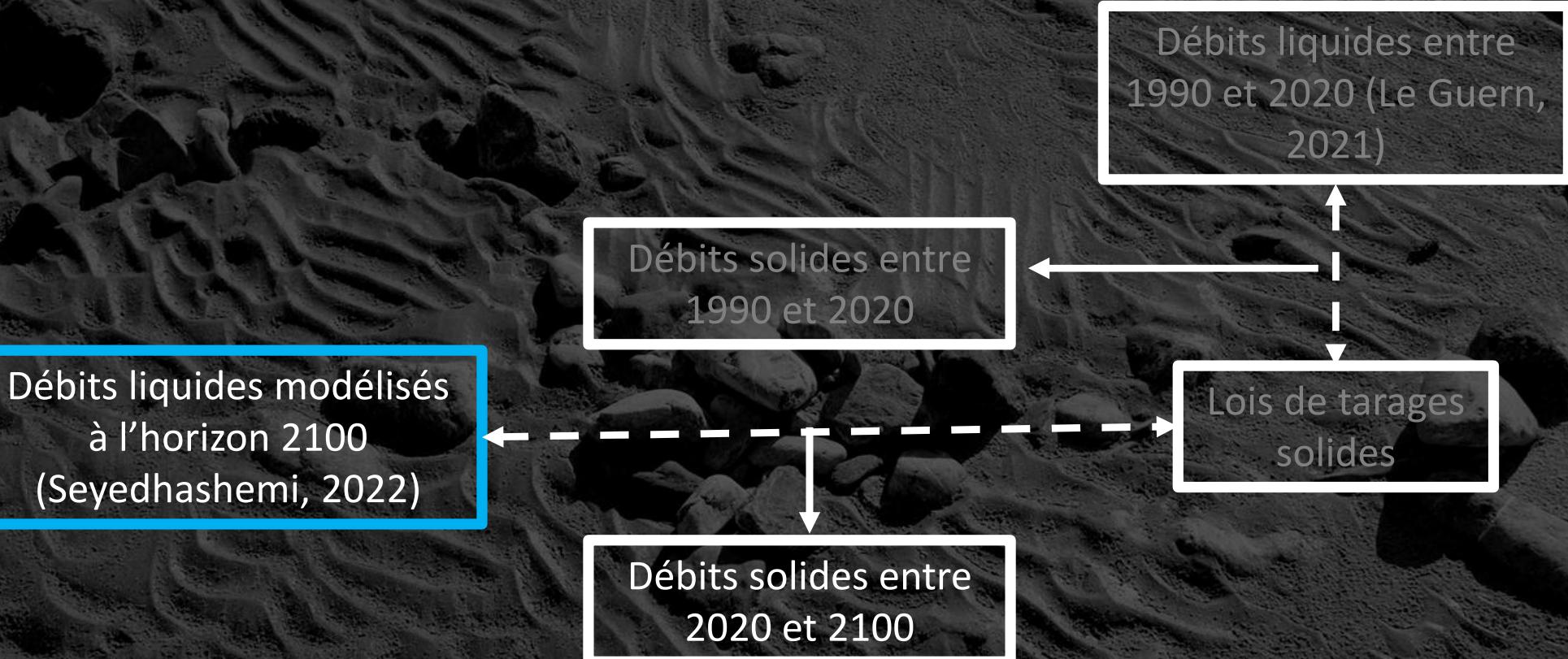
Changement climatique :

- H1 : Modifiera le régime des crues
- H2 : Modifiera le débit efficace
- H3 : Modifiera le % de transport pour des classes de débits inférieures au module

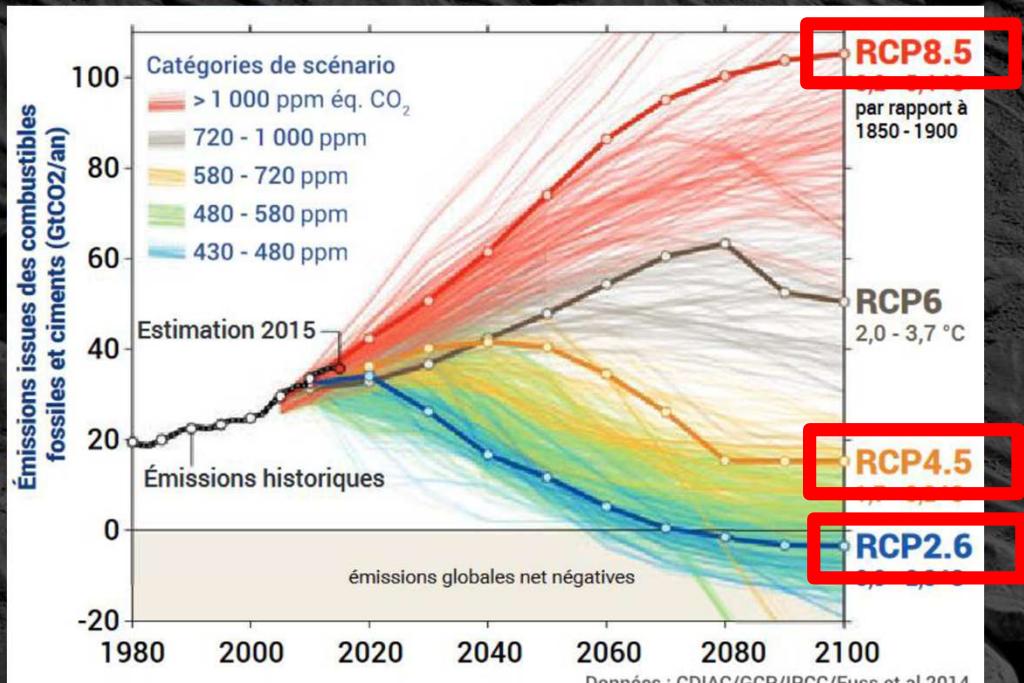




* : « *Influence des retenues d'eau et du changement climatique sur la température des cours d'eau : modélisation à haute résolution et application au bassin de la Loire* »



Modèles climatiques



5^{eme} rapport GIEC



Scénarios GCM / RCM

IPSL : chaud et humide

CNRM : intermédiaire

Had : chaud et sec

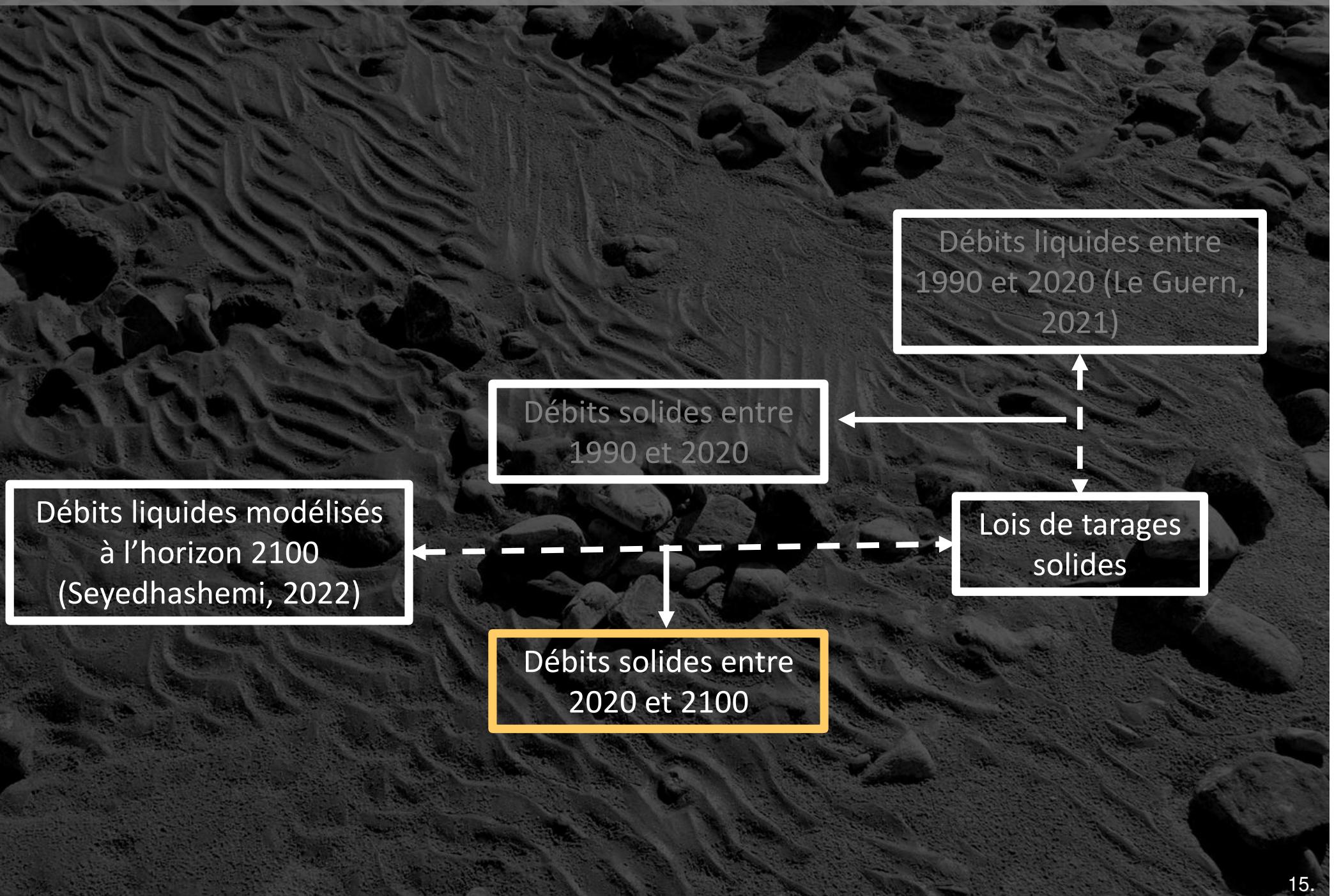
Coupled Model Intercomparison Project, 5^{ème} phase

Modèle hydrologique EROS (Thiéry et Moutzopoulos, 1992)

Débits liquides journaliers modélisés à l'horizon 2100 sur l'ensemble de la Loire

	CODE_STAT	nom	Date	year	month	Model	rcp26	rcp45	rcp85
1	K4180001	La Loire [avant Villerest] à Gien	2020-01-01	2020	1	HadGEM2/CCLM4-8-17	NA	1407.3685	331.7324
2	K4180001	La Loire [avant Villerest] à Gien	2020-01-01	2020	1	CNRM-CM5/ALADIN63	615.4223	258.8097	156.9584
3	K4180001	La Loire [avant Villerest] à Gien	2020-01-01	2020	1	IPSL-CM5A/WRF381P	NA	1237.4163	479.0337
4	K4180001	La Loire [avant Villerest] à Gien	2020-01-02	2020	1	HadGEM2/CCLM4-8-17	NA	1471.2958	316.3979
5	K4180001	La Loire [avant Villerest] à Gien	2020-01-02	2020	1	CNRM-CM5/ALADIN63	649.3197	243.3684	153.9007
6	K4180001	La Loire [avant Villerest] à Gien	2020-01-02	2020	1	IPSL-CM5A/WRF381P	NA	1313.9475	488.9293

Seyedhashemi, 2022



Sites	Modalité de mise au point de la loi de tarage solide	Loi de tarage (kg/s)	Localisation des stations pour la prise de QI (chroniques effectuées entre 1990 et 2021)
Belleville-sur-Loire (18)	Modèle physique EDF (Sugny, 1979)	$Q_s = 6,3 \times 10^{-5} Q l^{2,06}$	Givry (71)
Bréhémont (37)	Issu de mesures in-situ de Claude (2012) mise à jour par la méthode de régression RMA	$Q_s = 4 \cdot 10^{-2} Q l^{0,96}$	Langeais (37)
Saint-Maturin-sur-Loire (49)	Mesures réalisées par Le Guern (2021)	$Q_s = 4,5 \cdot 10^{-4} Q l^{1,5}$	Saumur (49)

Obtenir un débit solide en t/an par classe de débit liquide entre 2020 et 2100.

Loi de tarage solide

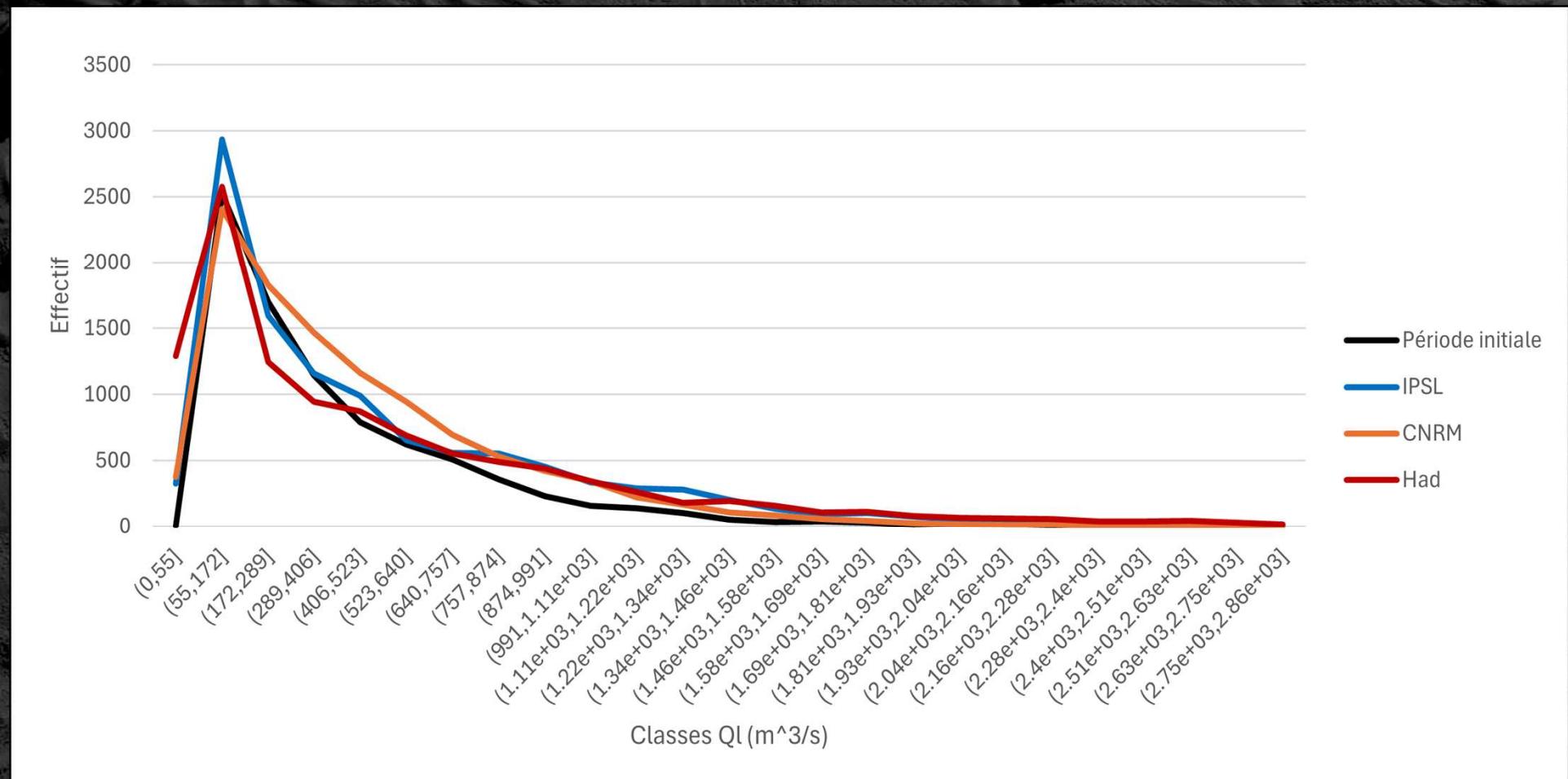
Débits liquides modélisés
(Seyedhashemi, 2022)

$$Q_{S_i} = \frac{a * MedQl_i^B * EffQl_i * 24 * 3600}{1000 * N_{année}}$$

Débit solide fond par classe de Ql

- 2020 - 2039 = 20 ans
- 2040 - 2069 = 30 ans
- 2070 - 2099 = 30 ans

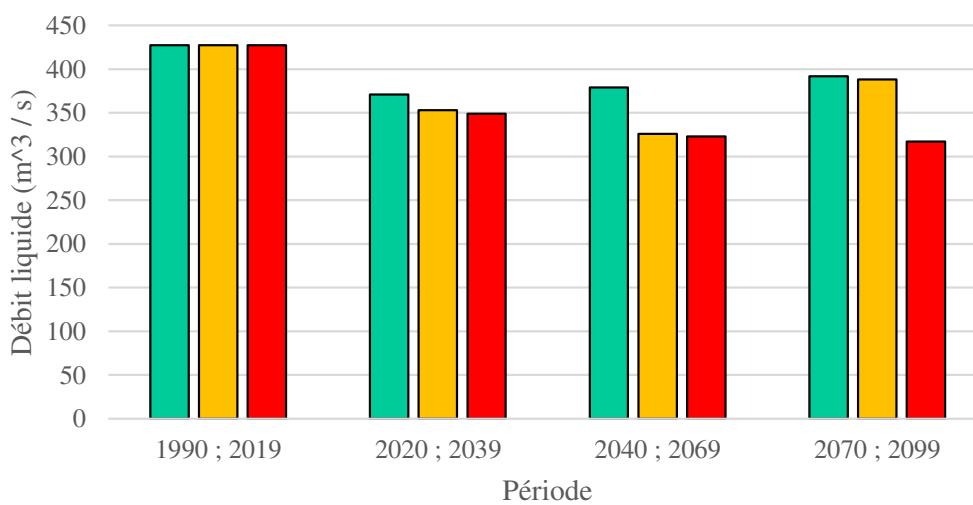
Baisse module, étiages sévères & crues plus nombreuses



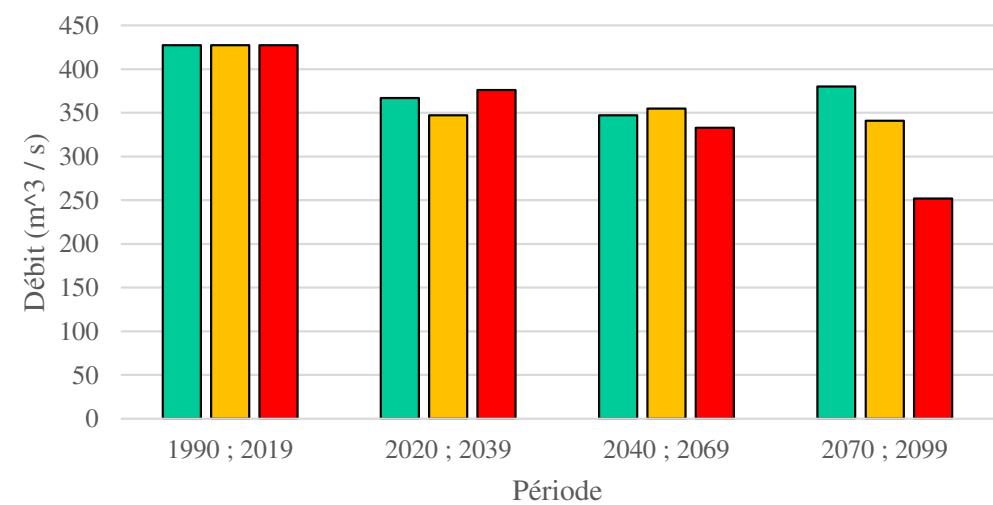
Effectif des classes de débit liquide sur le site de Langeais en fonction de scénarios GCM sous un RCP 8.5 sur la période 2040 ; 2069. Source : P.Louet

Baisse module (forte pour Had), disparité en fin de siècle, étiages sévères

Evolution du Q_mod sur la station de Langeais à l'horizon 2100 en fonction des scénarios GCM sous un RCP 4.5

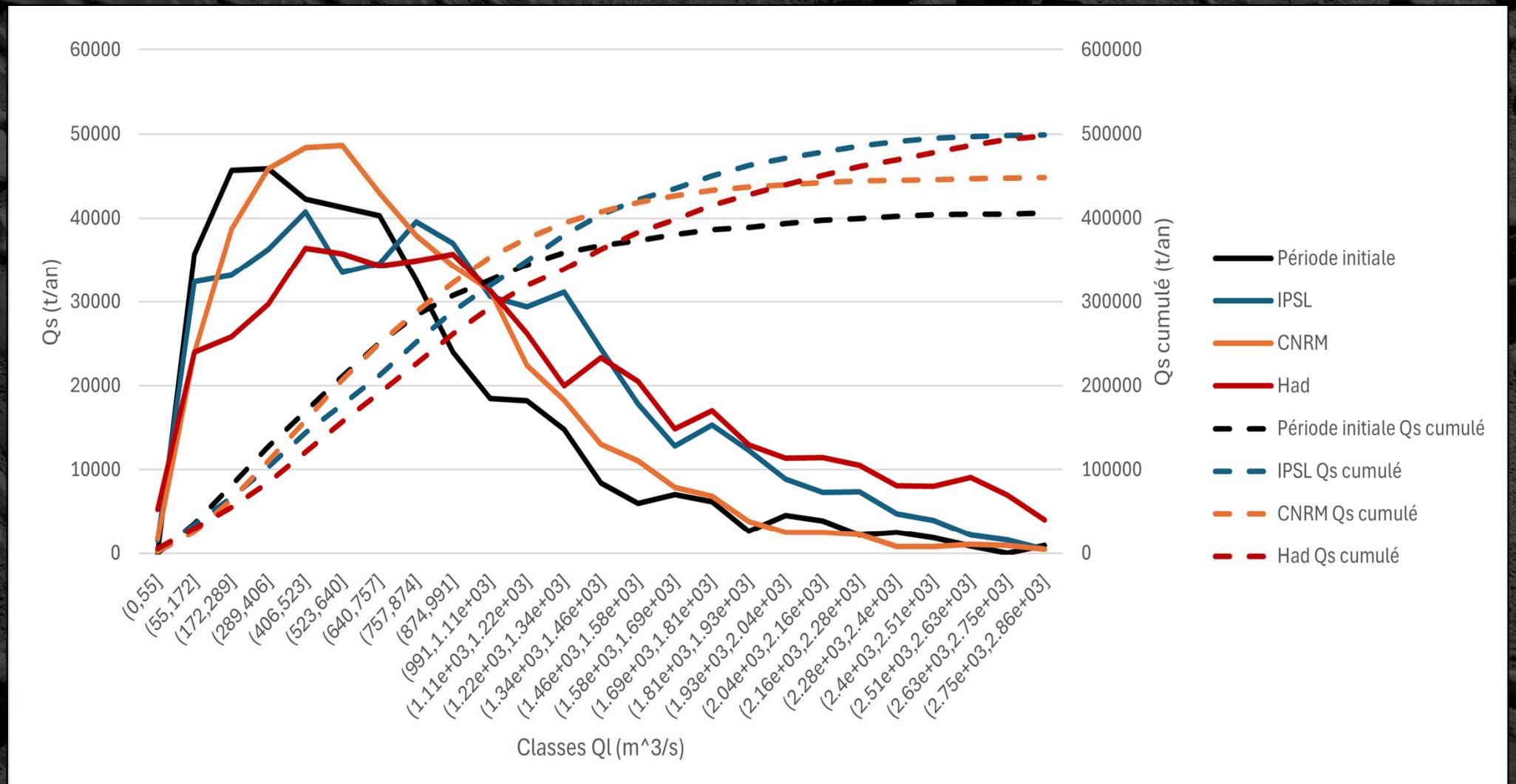


Evolution du Q_mod sur la station de Langeais à l'horizon 2100 en fonction des scénarios GCM sous un RCP 8.5



IPSL : chaud et humide
CNRM : intermédiaire
Had : chaud et sec

Augmentation contribution crues ; augmentation totale Q_{sf}

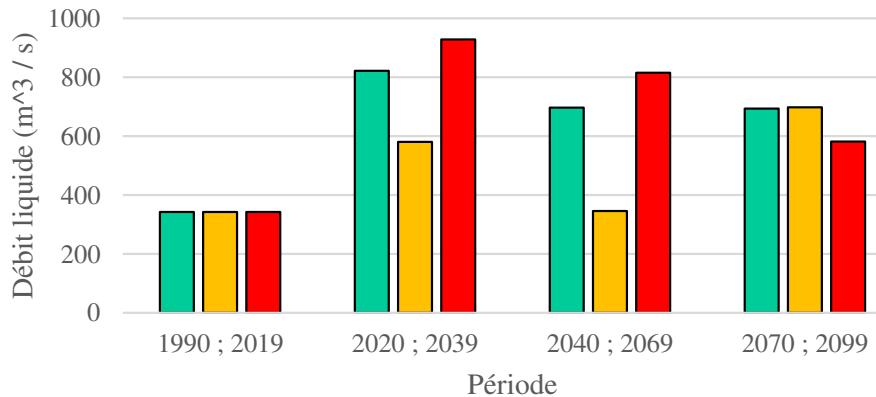


Débit solide de fond en fonction du débit liquide, station de Langeais entre 2040 ; 2069, RCP 8.5. Source : P.Louet

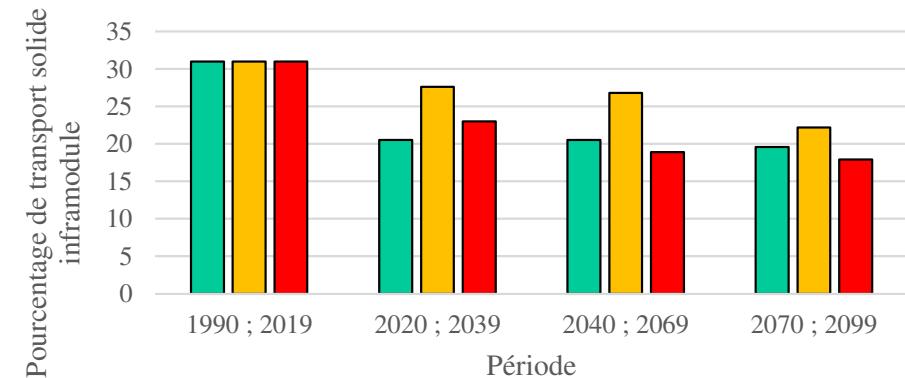
Augmentation Q_{eff} ; Diminution contribution $Q < Q_{\text{mod}}$

IPSL : chaud et humide
CNRM : intermédiaire
Had : chaud et sec

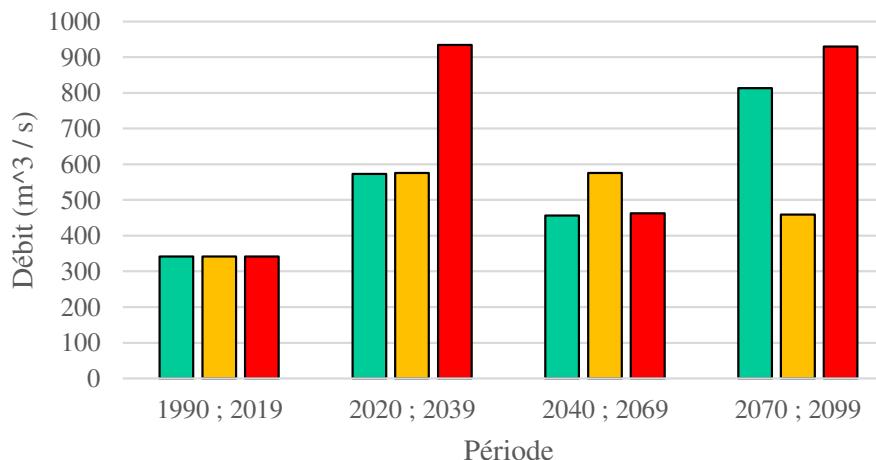
Evolution du Q_{eff} sur la station de Langeais à l'horizon 2100 en fonction des scénarios GCM sous un RCP 4.5



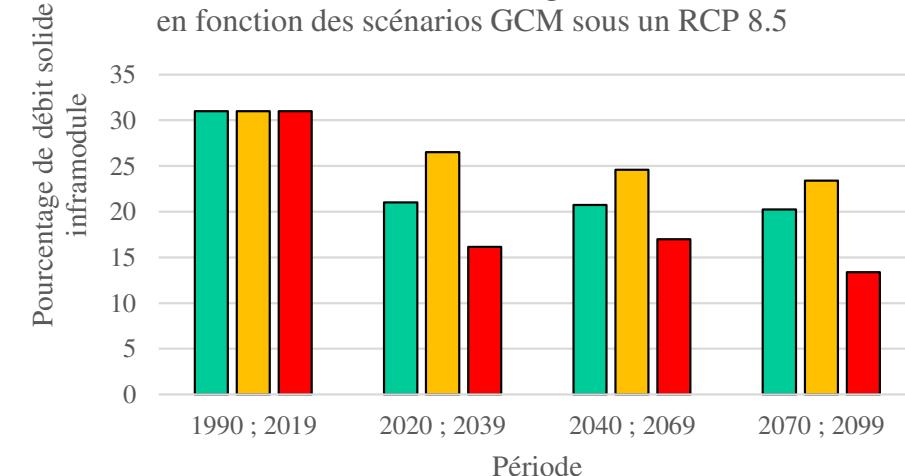
Evolution du pourcentage de transport solide inframodule sur la station de Langeais à l'horizon 2100 en fonction des scénarios GCM sous un RCP 4.5



Evolution du Q_{eff} sur la station de Langeais à l'horizon 2100 en fonction des scénarios GCM sous un RCP 8.5



Evolution du pourcentage de transport solide inframodule sur la station de Langeais à l'horizon 2100 en fonction des scénarios GCM sous un RCP 8.5



Discussion

Evolution morphologique : renforcement tendance à chenalisation ? → nécessité d'assurer apports amont.

Moins de flux de fond estivaux → impact sur dynamique des barres sédimentaires, perturbation végétalisation chenal principal ? Impact sur microtopographie et implantation ?

Plus de flux en crue → Apports solides aux annexes hydrauliques (eau + sediments) ? sollicitation ouvrages ?

Limites approche (stabilité courbes de tarages solides, MES, prise en compte totalité bassin, incertitudes sur fréquence et intensité des crues, invariabilité des cours de tarages solides ?...)

T. Handfus, programme R-TEMUS2, UMR CNRS CITERES - Université de Tours

Conclusions / perspectives



Conclusions / perspectives

Etude « Milieu », démarche HMUC (AELB)

Réseau de mesure du charriage acoustique passive

Visualisation et analyse des données de charriage dans les rivières françaises



SEDIPORTAIL
French River Bedload Monitoring Network

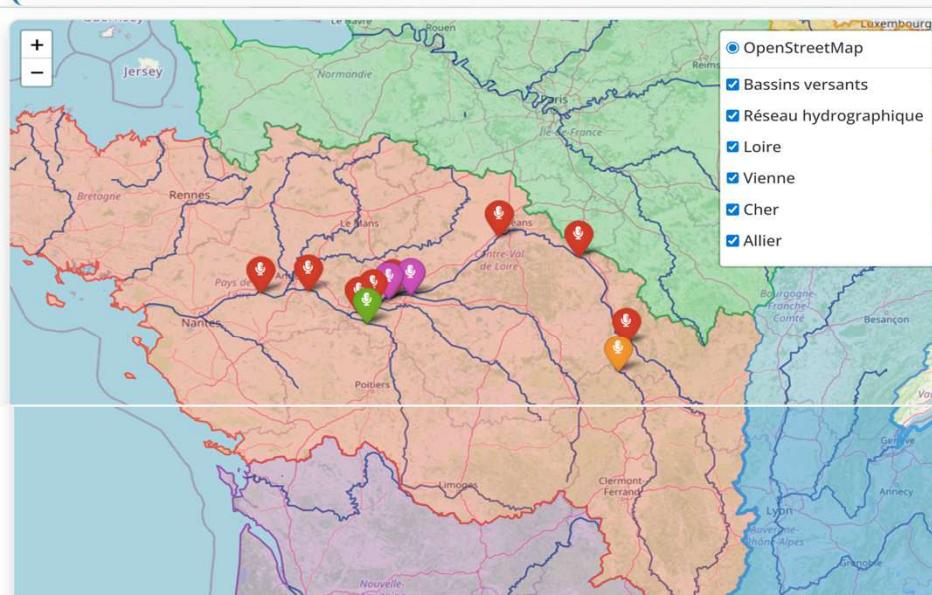
Carte Statistiques Analyse À propos Administrateur

1. Sélectionner un bassin versant : 2. Sélectionner une station acoustique : 3. Sélectionner une période d'analyse :

Loire-Bretagne Sélectionnez une station 2020-11-13 à 2025-11-12

ACTUALISER LEXIQUE

OpenStreetMap Bassins versants Réseau hydrographique Loire Vienne Cher Allier



Astuce : Utilisez Ctrl + molette pour zoomer sur la carte, ou double-cliquez pour zoomer.

Projet APR-IR porté par UMR CNRS 7324 CITERES & Université de Tours et financé par la Région CVL © 2023-2025

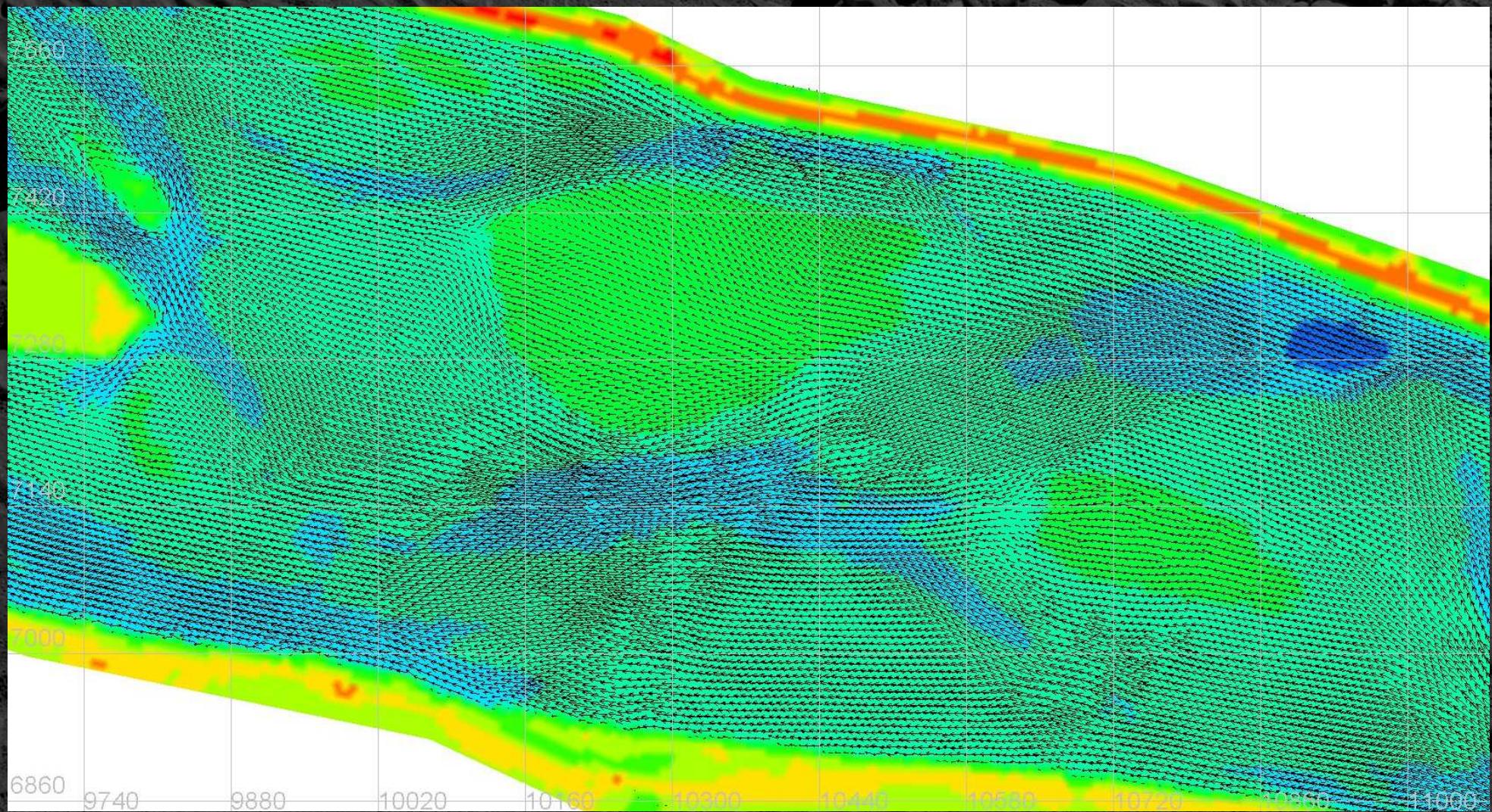


Application développée par J. Le Gue

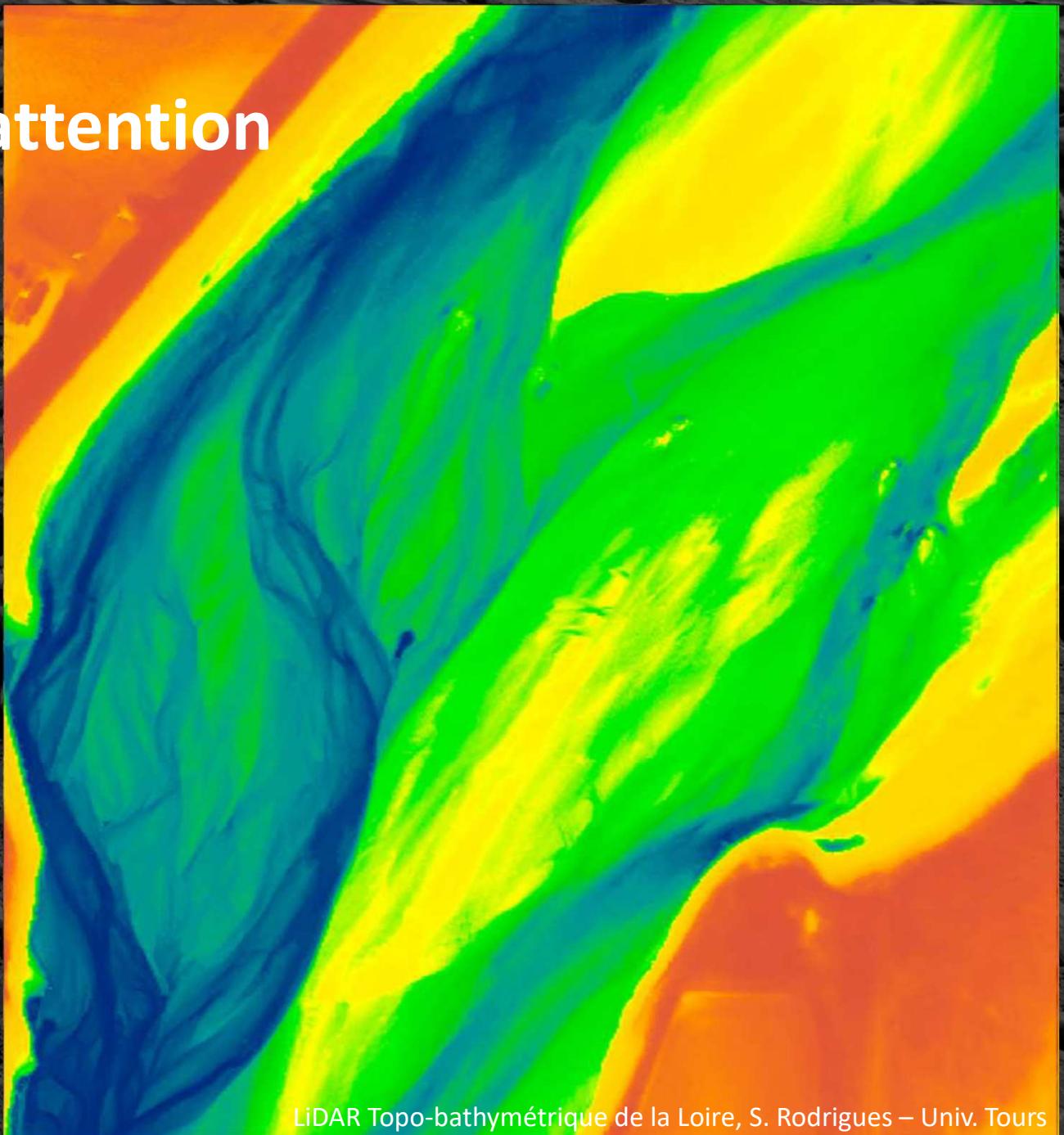
Conclusions / perspectives

Hydraulique : 2D SWE (de Saint Venant, 1871)

Sédiment : Equation d'Exner



Merci pour votre attention



LiDAR Topo-bathymétrique de la Loire, S. Rodrigues – Univ. Tours