

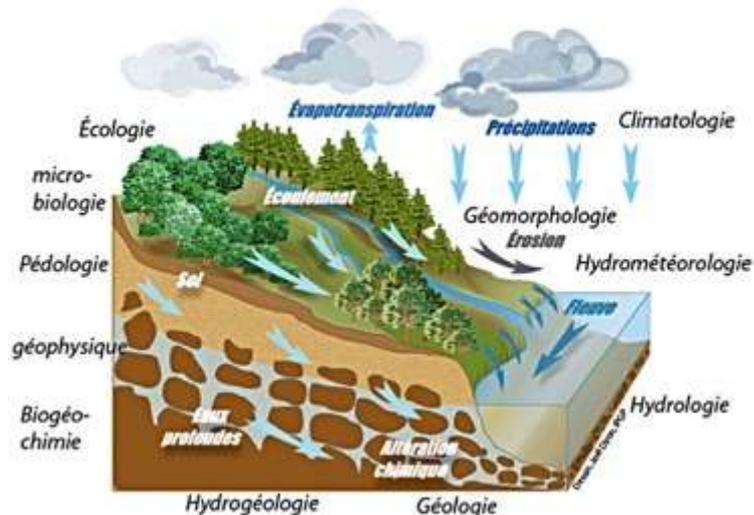


Bilan à mi-parcours des activités de recherche 2017-2020 au GéHCO



E.A. 6293 GéoHydrosystèmes continentaux

Dynamique et transferts de matières dans les systèmes fluviaux : sources, flux et bilans



Modifié d'après Gaillardet et al. 2017

Réalisé à partir des titres des articles et congrès présentés par les membres du GéHCO 2017-2020



E.A. 6293 GéoHydrosystèmes continentaux

Les questions scientifiques générales du GÉHCO

-Etats de référence et identification de traceurs ?

Eutrophisation, colmatage des têtes de bassin

Urbanisation, déprise industrielle et minière, molécules émergentes

Crues, effondrement berges, évènements exceptionnels

-Mécanismes et quantification des transferts d'un réservoir à 1 autre ?

transferts des nutriments

transferts de contaminants

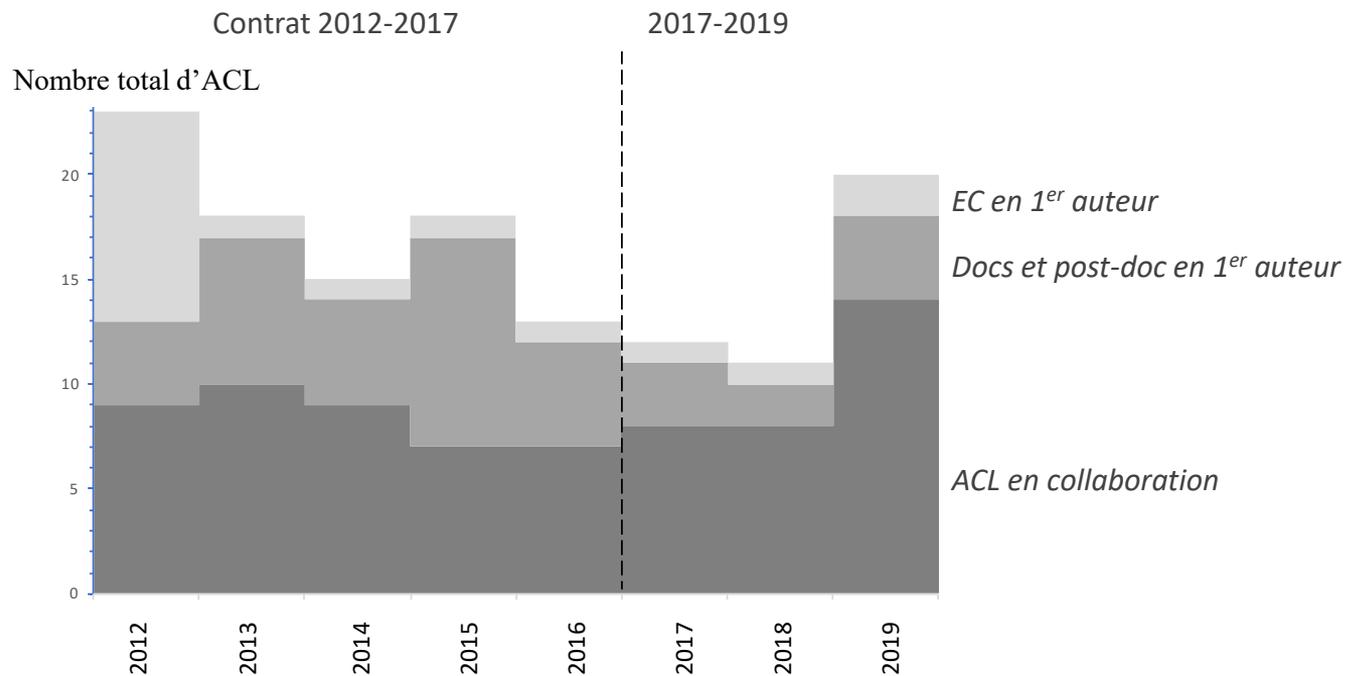
transferts de sédiments

=> **Mise en évidence de la résilience des systèmes fluviaux et BV : importance, temporalité, rémanence**

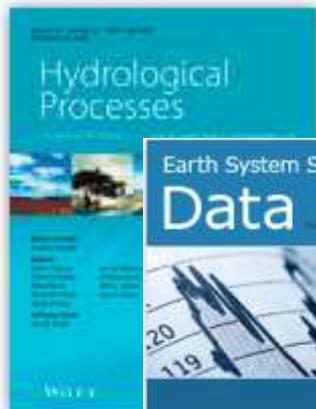


Indicateurs des activités de recherche

Publications : 2.7 ACL/ETP/an sur 2017-2020



Indicateurs des activités de recherche



IF = 3.1



IF = 9.7



IF = 5.6



IF = 6.8



IF = 4.3



IF = 4.0

SCIENTIFIC REPORTS

nature research

IF = 4.0



water

IF = 2.5

PHYSICAL REVIEW FLUIDS

IF = 2.5

<https://hal.archives-ouvertes.fr/GEHCO>



Laboratoire GéoHydrosystèmes Continentaux



Indicateurs des activités de recherche

Rayonnement régional, national et international du GÉHCO

Collaborations au sein de l'UT avec

EA 2106 BBV (biochimie de la vigne, microbiologie)

UMR 7261 IRBI (qualité biologique des milieux)

UMR7247 PRC (écotoxicologie)

UMR 7324 Citeres (archéologie et dynamique sédimentaire)

UR 7496 IRJI (économie des mégapôles)

UMR 7013 IDP (modélisation numérique)

UMR 7347 GREMAN (capteurs et DRX)



Indicateurs des activités de recherche

Rayonnement régional, national et international du GÉHCO



UMR8212 LSCE (*traçage de l'érosion, contaminants*)
 UMR MA 102 LeeSU (*microplastiques/émergents en milieu urbain*)
 UMR 8148 GEOPS (*traceurs isotopes stables de l'eau*)
 UMR 6143 M2C (*contaminants dans le continuum terre-mer*)
 UMR 7327 ISTO (*échanges dans la zone critique*)
 BRGM (*modèles d'érosion*)
 UMR 6112 LGP (*caractérisation de matériaux*)
 UMR 1069 SAS (*nutriments, modélisation numérique*)
 IC2MP UMR 7285 (*contaminants organiques*)
 UMR 5023 LEHNA (*contaminants organiques et dynamique sédimentaire*)
 INRAe RiverLy (*modélisation des flux*)
 UMR 5805 EPOC (*contaminants dans le continuum terre-mer*)
 UMR 5502 IMFT (*modélisation théoriques*)

Collaborations non académiques

AESN, OFB

Parc de Chevreuse

Réseaux scientifiques : InterZA, FIRE, LTER, OZCAR

Indicateurs des activités de recherche

Rayonnement régional, national et international du GÉHCO

Collaborations sur projets – cotutelles de thèse



Canada

UQAM

Inde

Anna U.

IFP

Chine

CSU

HUNAU

Vietnam

HCMC Polytechnic U.

Laos

Souphanouvong U.

Thaïlande

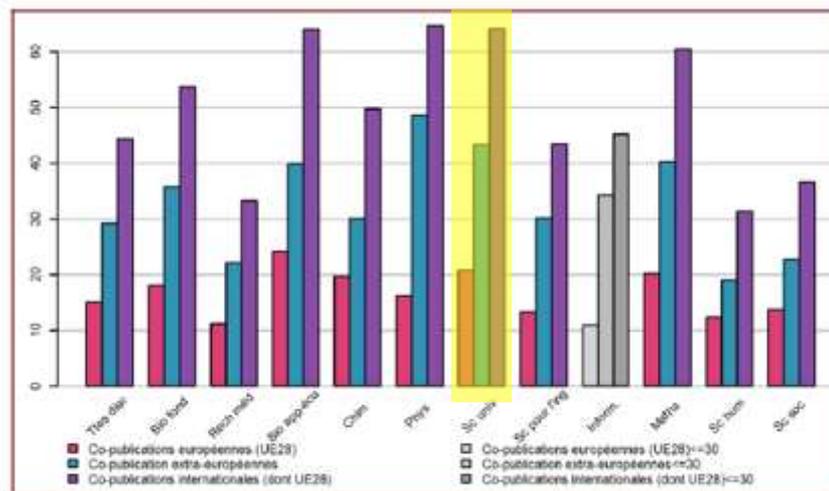
En cours



Indicateurs des activités de recherche

Rayonnement régional, national et international du GÉHCO

1^{er} ex-aequo avec
d'autres champs disciplinaires
de l'UT



Données WoS - traitement ODT.

% des co-publications européennes et internationales de l'UT
sur la période 2016-2018 (fiche HCERES 2020 de l'UT)



Bilan scientifique

Questions scientifiques

- identification de traceurs et d'états de référence ?
- quantification des mécanismes de transfert d'un réservoir à 1 autre ?

Trois chantiers à des échelles de temps et d'espace spécifiques

Porte-parole

- Transferts continus de matières dans les têtes de bassins *S. Salvador-Blanes*
- Transferts instantanés de matières dans le corridor fluvial *L. Girolami*
- Modalités de transferts des contaminants à différentes échelles spatio-temporelles

N. Gassama





CHANTIER 1

Etude des transferts de matières dans les têtes de bassins



Le bassin versant du Louroux : un site instrumenté de référence en contexte de plaine

Indre-et-Loire, 25 km²

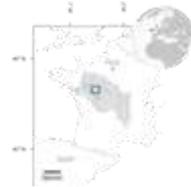
Pente : 0,4%

Terres arables (>70%)

Après 1950 :

- importants remembrements
- >50% surface drainée
- création/recalibration 30 km cours eau

Site Labellisé RZA (CNRS INEE), intégré
iILTER + en cours IR OZCAR



Etang Louroux (XIe s.) :
Etude transferts passés



7 stations instrumentées :
Etude transferts actuels



1 – Quantification des transferts particuliers

Les acquis (<2017) : flux passés

carottages (Foucher et al., 2014)

- Très forte augmentation flux (post-1950)
- Actuellement flux 60x>pré-1950
- 'durée vie' étang : 50-100 ans.

Flux actuels

Quantification flux MES

par mesure haute fréquence (1 mn) :

- Niveaux eau → débit
- Turbidité → [MES]

7 stations instrumentées :

- Tributaires étang, sous-BV + sortie drains

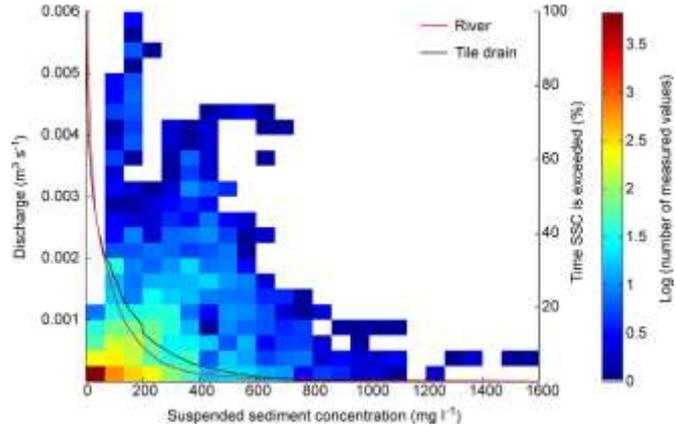
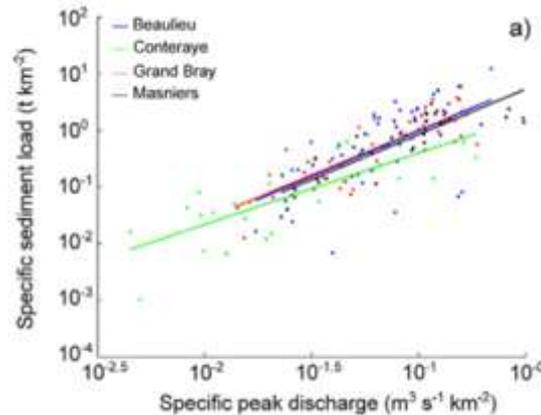


1 – Quantification des transferts particuliers

Flux actuels

- 0,01-0,51 t/km²/an - faibles
- Flux centrés sur crues (79%)
- Crues hiver contributives, crues autres saisons marginales
- 80% flux sur 6 jours cumulés, ‘flushs de sédiments’
- Comportement similaire des sous-bassins

	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020
CY		0.015	0.065	0.004	0.03	0.05	0.06
PI	0.51	0.04	0.22	0.01	0.04	0.04	0.44
BE	0.36	0.13	0.18	0.02	0.15	0.16	0.35
GB	0.41	0.12	0.26	0.10	0.20	0.12	0.49
MA	0.24	0.13	0.22	0.04	0.15	0.11	0.37



2 – Détermination des sources de matière : contribution des berges

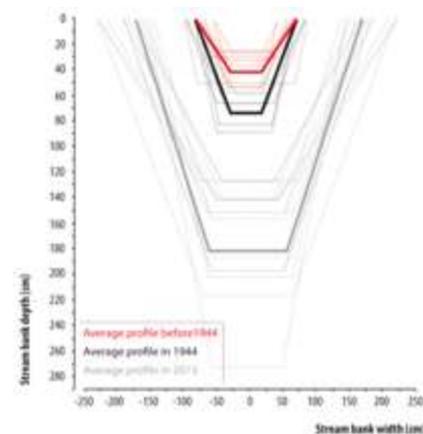
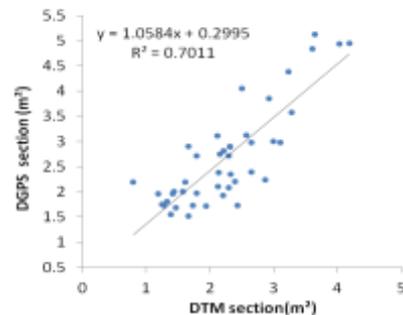
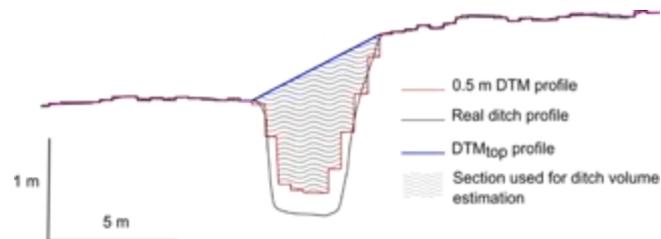
Acquis (<2017) :

Traçage 137Cs sédiments étang : contribution faible
<20% 2003-2013 (Le Gall et al., 2016)

Une meilleure quantification historique et intra-annuelle

Approche traçage morphologique multi-proxies :
Profils de berges DGPS, plans historiques recalibrage,
MNT LIDAR, érosion pins

Résultats : une contribution probablement très élevée
avant 2003, qui reste significative dans certains sous-BV



2 – Détermination des sources de matière : contribution des drains vs. rigoles

Acquis (<2017)

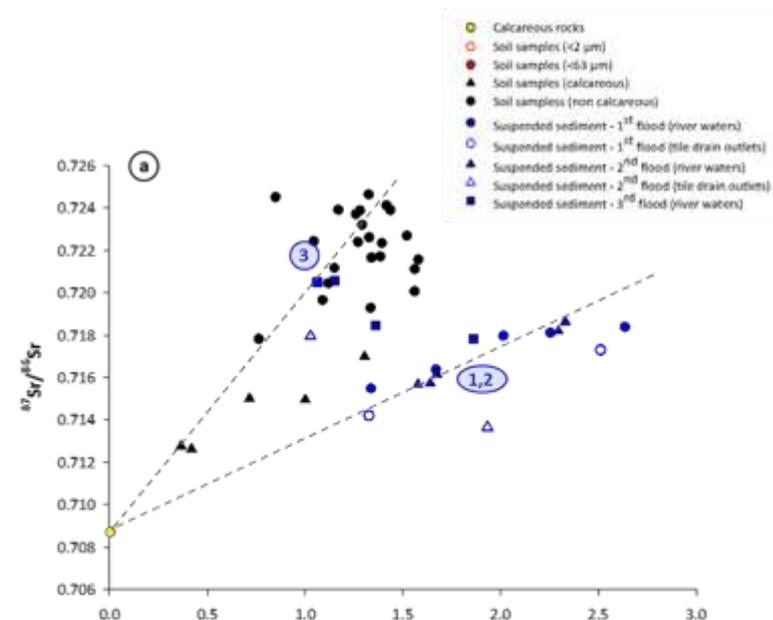
Traçage ^{137}Cs drains vs. rigole : non discriminant, particules issues de la surface du sol dans les deux cas (Foucher et al., 2016)

Des sources mieux distinguées

Approche traçage isotopique $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, Rb/Sr + granulométrie MES sur épisodes de crue :

Identification deux sources de sédiments différentes selon intensité crue :

- sédiments fins (crues d'intensité modérée) vs. export drains
- source sédiments plus grossiers (crues plus intenses), origine plus superficielle

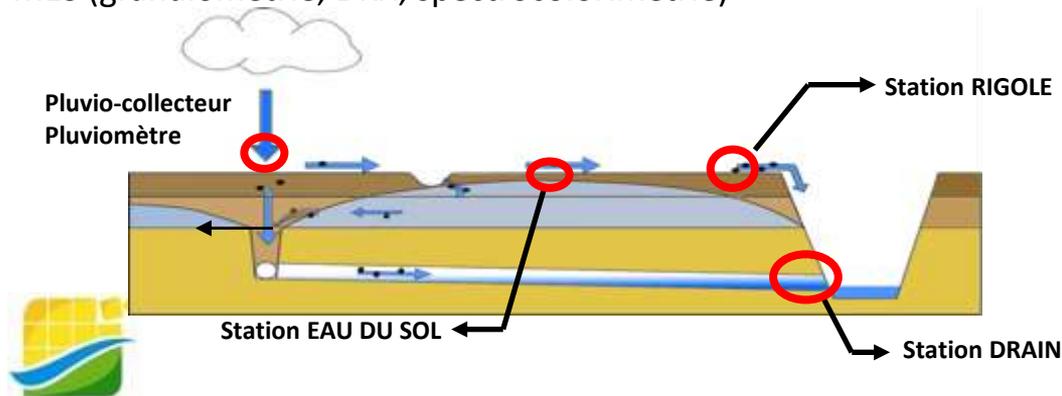


2 – Détermination des sources de matière : contribution des drains vs. rigoles

Nouvelle instrumentation sortie drain vs. sortie rigole

→ Ratio des flux hydrosédimentaires entre ruissellement de surface et drainage agricole, variabilité temporelle (suivi continu débit/turbidité)

→ Identification de nouveaux traceurs de ces sources
Approche couplée traçage eau (isotopie, géochimie) et MES (granulométrie, DRX, spectrophotométrie)



2 – Détermination des sources de matière : contribution des drains vs. rigoles

Nouvelle instrumentation sortie drain vs. sortie rigole

Ecoulement drain : continu nov-mars

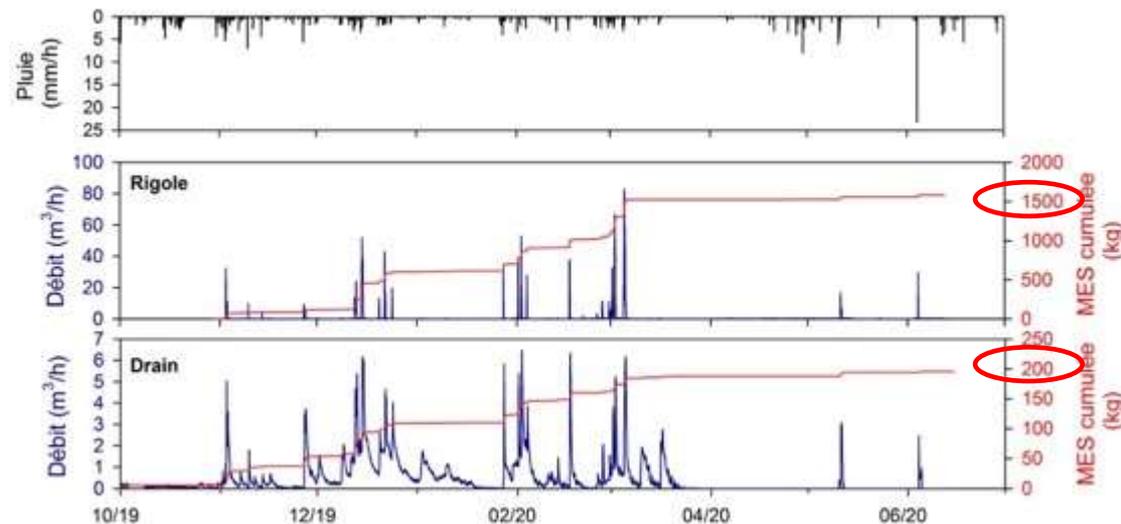
Ecoulement rigole : ponctuel (tot. 9 j)

→ Flux eau rigole = drains

→ Flux MES rigole >> drains



Du 1 ^{er} octobre 2019 au 3 juin 2020		
	Volume (m ³)	MES (kg)
DRAIN	44 % (2669)	11 % (193,2)
RIGOLE	56 % (3372)	89 % (1560,6)
TOTAL	6041 (147mm)	1754



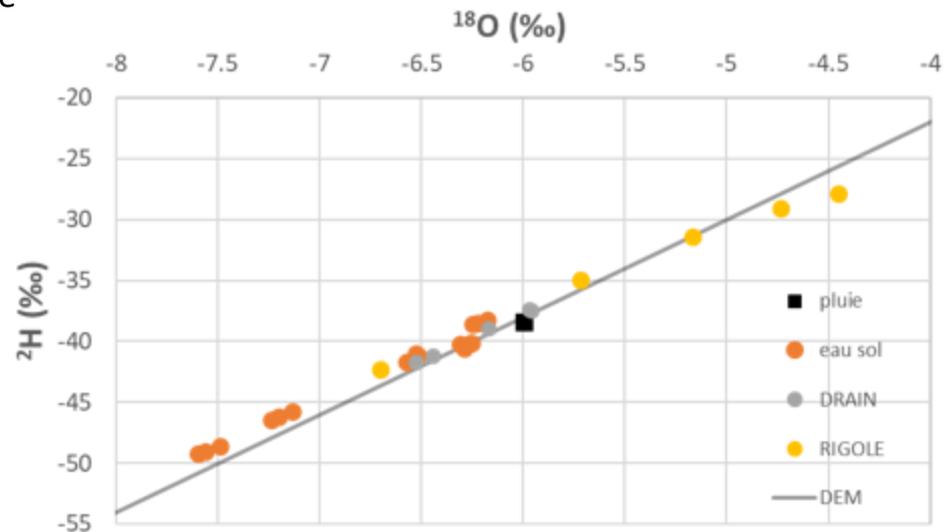
2 – Détermination des sources de matière : contribution des drains vs. rigoles

Signature isotopique eaux drains vs. rigole

- identifier différences signatures isotopiques pour déconvoluer signal drain vs. rigoles dans cours d'eau.
- définir modalités transfert eau au sein parcelle (isotopie pluie, eau du sol, drain, rigole), comparaison avec modalités transfert MES

1ers résultats :

- rigole : signal pluie + évaporation
- drain : signal mixte pluie – eau du sol





CHANTIER 2

Transferts de sédiments dans les rivières : érosion, transport, dépôt de sédiments, identification des paramètres de contrôle, complémentarité terrain-modèles analogiques-modèles numériques.



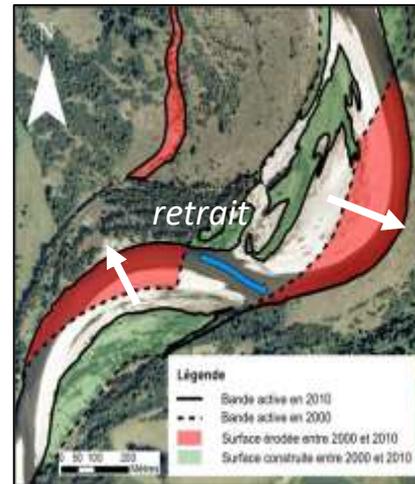
Chantier 2 : Transport de sédiments dans les rivières



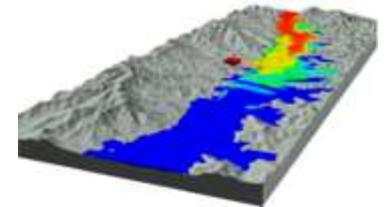
Intérêts : Érosion des berges et coulées de boue



Enjeux : Prédiction du retrait des berges et des surfaces affectées par les écoulements



T. Bulteau, 2018



C. Soullaine (ISTO, 2018)



Carte de risques (csem.morbihan.fr)

Chantier 2 : Érosion des berges et coulées de boue

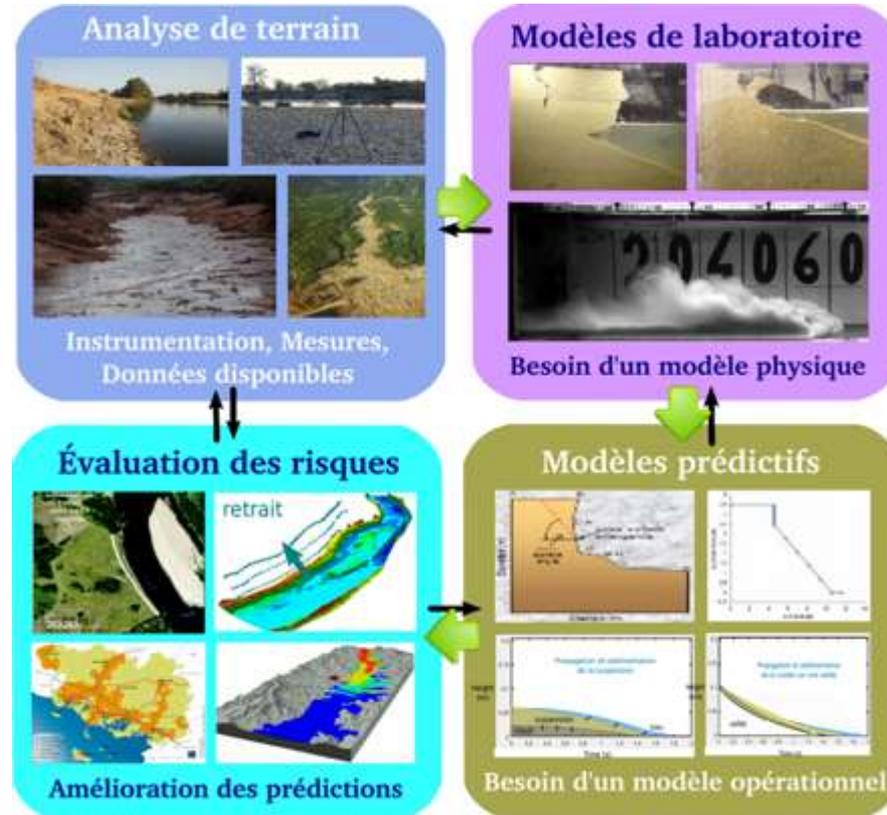
Verrous scientifiques :

- Quels sont les paramètres physiques qui contrôlent les mécanismes d'érosion, de transport, et le dépôt des sédiments sur des échelles de temps et d'espace variables ?
- Quelle est la cinématique/dynamique de ces instabilités/écoulements ?
- Comment peut-on prédire ces phénomènes ?



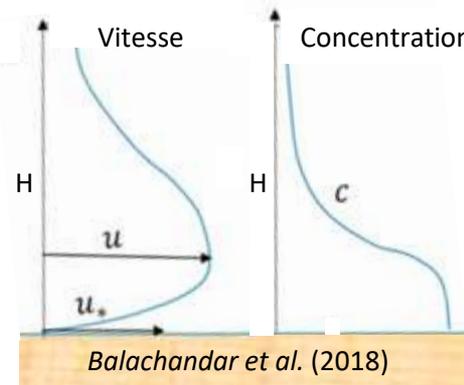
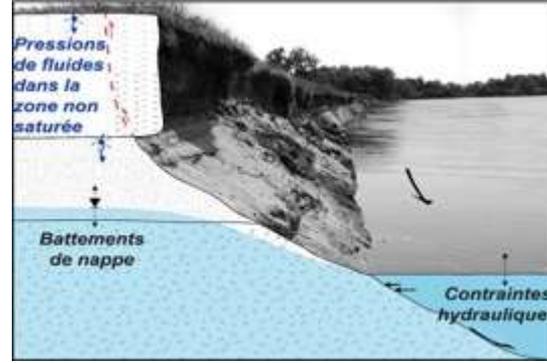
Couplage entre les différentes approches pour le développement de modèles prédictifs

- Projets Région-IA
- Projet Région-IR
- Projets FEDER



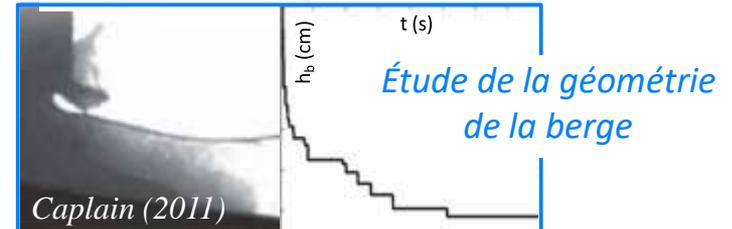
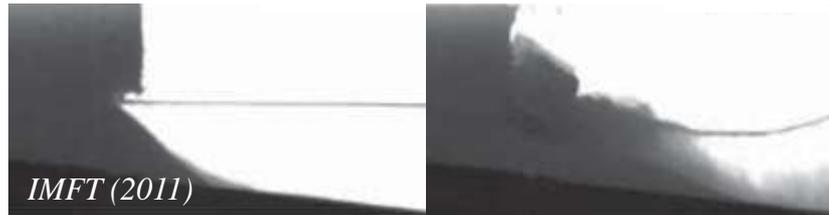


Observations, instrumentation, et mesures réalisées sur les systèmes naturels

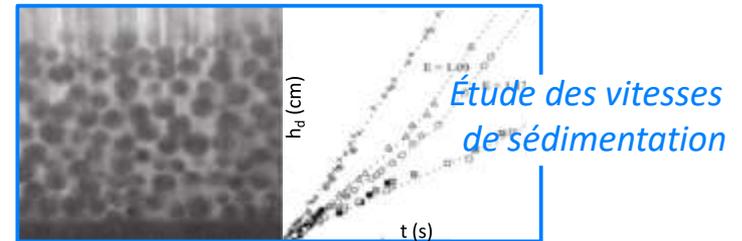
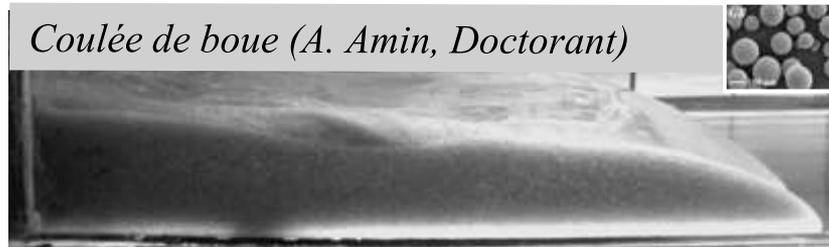


Reproduction des processus physiques en laboratoire

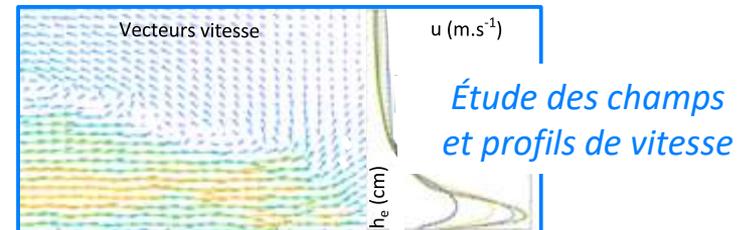
Érosion des berges (Projet Région-IR)



Coulée de boue (A. Amin, Doctorant)



Courant hyperpycnal (K. Conan, M2)



Amélioration et développement de modèles prédictifs



Utilisation et amélioration d'un modèle pré-existant

National Sedimentation Laboratory, Oxford (USA)

Station Elevation

Point	Station (m)	Elevation (m)	Top of
A	1.00	4.50	4.50
B	4.50	4.50	4.50
C	1.50	3.75	3.75
D	4.50	4.30	4.30
E	1.50	3.25	3.25
F	4.50	4.75	4.75
G	4.50	4.75	4.75
H	4.50	3.85	3.85
I	4.50	2.95	2.95
J	4.50	2.95	2.95
K	4.50	2.95	2.95
L	4.50	2.77	2.77
M	4.50	2.77	2.77
N	4.50	2.93	2.93
O	4.50	2.93	2.93
P	1.50	2.93	2.93
Q	1.50	2.93	2.93
R	1.50	2.93	2.93
S	1.50	2.93	2.93
T	1.50	2.93	2.93
U	1.50	2.93	2.93
V	1.50	2.93	2.93
W	1.50	2.93	2.93
X	1.50	2.93	2.93
Y	1.50	2.93	2.93
Z	1.50	2.93	2.93
aa	1.50	2.93	2.93
ab	1.50	2.93	2.93
ac	1.50	2.93	2.93
ad	1.50	2.93	2.93
ae	1.50	2.93	2.93
af	1.50	2.93	2.93
ag	1.50	2.93	2.93
ah	1.50	2.93	2.93
ai	1.50	2.93	2.93
aj	1.50	2.93	2.93
ak	1.50	2.93	2.93
al	1.50	2.93	2.93
am	1.50	2.93	2.93
an	1.50	2.93	2.93
ao	1.50	2.93	2.93
ap	1.50	2.93	2.93
aq	1.50	2.93	2.93
ar	1.50	2.93	2.93
as	1.50	2.93	2.93
at	1.50	2.93	2.93
au	1.50	2.93	2.93
av	1.50	2.93	2.93
aw	1.50	2.93	2.93
ax	1.50	2.93	2.93
ay	1.50	2.93	2.93
az	1.50	2.93	2.93
ba	1.50	2.93	2.93
bb	1.50	2.93	2.93
bc	1.50	2.93	2.93
bd	1.50	2.93	2.93
be	1.50	2.93	2.93
bf	1.50	2.93	2.93
bg	1.50	2.93	2.93
bh	1.50	2.93	2.93
bi	1.50	2.93	2.93
bj	1.50	2.93	2.93
bk	1.50	2.93	2.93
bl	1.50	2.93	2.93
bm	1.50	2.93	2.93
bn	1.50	2.93	2.93
bo	1.50	2.93	2.93
bp	1.50	2.93	2.93
bq	1.50	2.93	2.93
br	1.50	2.93	2.93
bs	1.50	2.93	2.93
bt	1.50	2.93	2.93
bu	1.50	2.93	2.93
bv	1.50	2.93	2.93
bw	1.50	2.93	2.93
bx	1.50	2.93	2.93
by	1.50	2.93	2.93
bz	1.50	2.93	2.93
ca	1.50	2.93	2.93
cb	1.50	2.93	2.93
cc	1.50	2.93	2.93
cd	1.50	2.93	2.93
ce	1.50	2.93	2.93
cf	1.50	2.93	2.93
cg	1.50	2.93	2.93
ch	1.50	2.93	2.93
ci	1.50	2.93	2.93
cj	1.50	2.93	2.93
ck	1.50	2.93	2.93
cl	1.50	2.93	2.93
cm	1.50	2.93	2.93
cn	1.50	2.93	2.93
co	1.50	2.93	2.93
cp	1.50	2.93	2.93
cq	1.50	2.93	2.93
cr	1.50	2.93	2.93
cs	1.50	2.93	2.93
ct	1.50	2.93	2.93
cu	1.50	2.93	2.93
cv	1.50	2.93	2.93
cw	1.50	2.93	2.93
cx	1.50	2.93	2.93
cy	1.50	2.93	2.93
cz	1.50	2.93	2.93

Bank layer thickness (m)

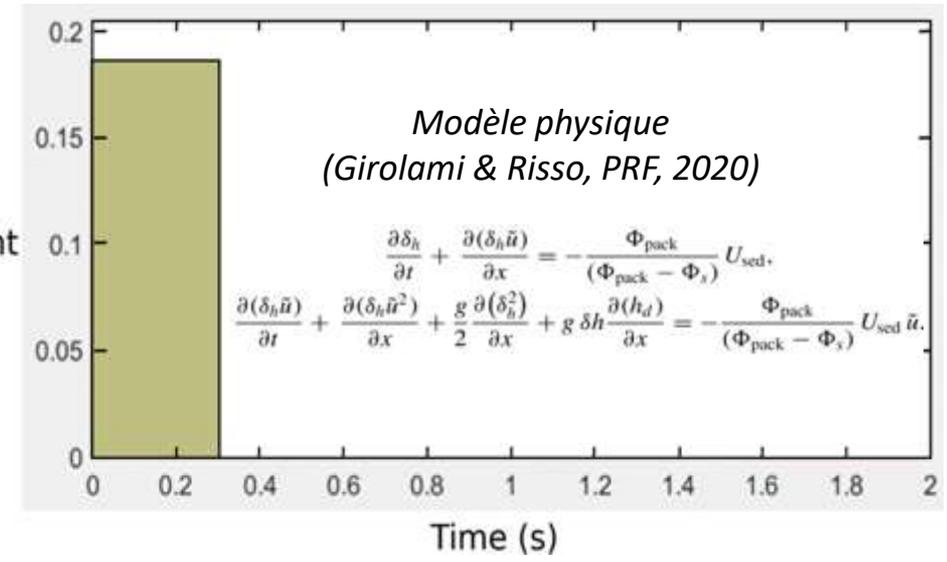
Layer	Thickness (m)	Angle
Layer 1	0.20	0.00
Layer 2	1.00	0.00
Layer 3	2.50	0.00
Layer 4	0.00	0.00
Layer 5	0.00	0.00

Definition of points used in bank profile

Données hydro en entrée ?
 Variation de la cohésion : pression de fluides ?
 Aller-retour entre mesures et prédictions

Développement d'un modèle 1D opérationnel

Andrea Bondesan (Post-doc, 2020, Projet Région-IA)



Amélioration et développement de modèles prédictifs



Utilisation et amélioration d'un modèle pré-existant

National Sedimentation Laboratory, Oxford (USA)

Option A: Low water bank

Station	Elevation	Top of
A	4.90	4.90
B	4.90	4.90
C	4.90	4.90
D	4.90	4.90
E	4.90	4.90
F	4.90	4.90
G	4.90	4.90
H	4.90	4.90
I	4.90	4.90
J	4.90	4.90
K	4.90	4.90
L	4.90	4.90
M	4.90	4.90
N	4.90	4.90
O	4.90	4.90
P	4.90	4.90
Q	4.90	4.90
R	4.90	4.90
S	4.90	4.90
T	4.90	4.90
U	4.90	4.90
V	4.90	4.90
W	4.90	4.90
X	4.90	4.90
Y	4.90	4.90
Z	4.90	4.90

Option B: High water bank

Bank layer thickness (m)

Layer	Thickness (m)	Friction angle
Layer 1	0.20	0.00
Layer 2	1.00	0.00
Layer 3	2.00	0.00
Layer 4	0.00	0.00
Layer 5	0.00	0.00

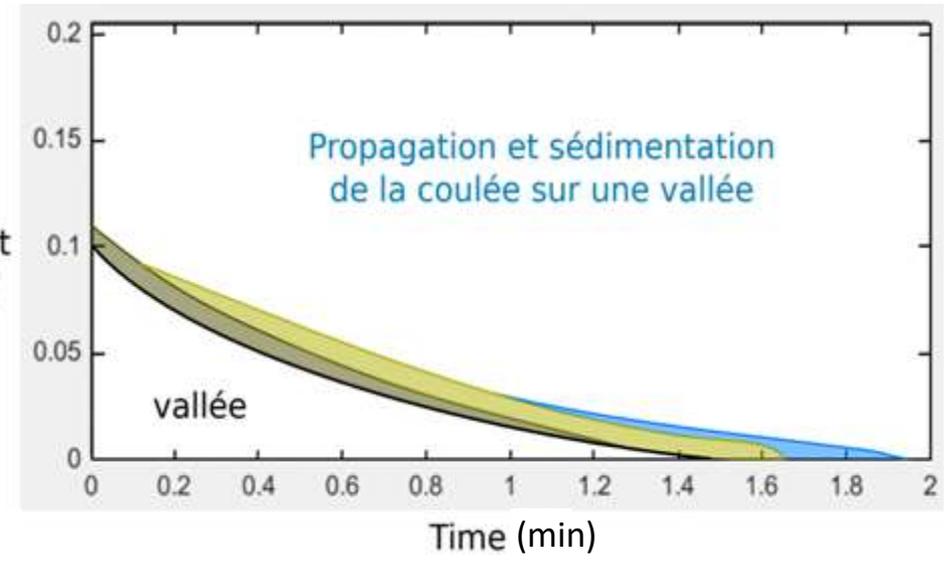
Definition of points used in bank profile

Bank profile

Données hydro en entrée ?
 Variation de la cohésion : pression de fluides ?
 Aller-retour entre mesures et prédictions

Développement d'un modèle 1D opérationnel

Andrea Bondesan (Post-doc, 2020, Projet Région-IA)

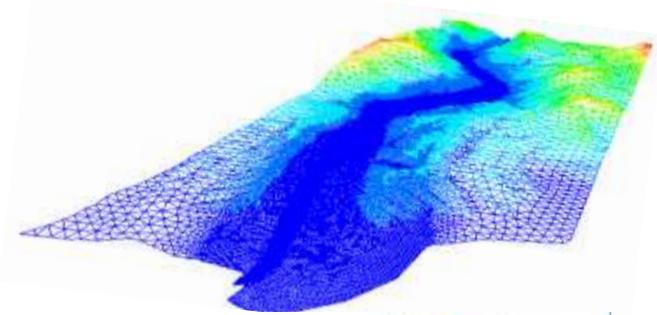


Perspectives : ... et à plus large échelle ?

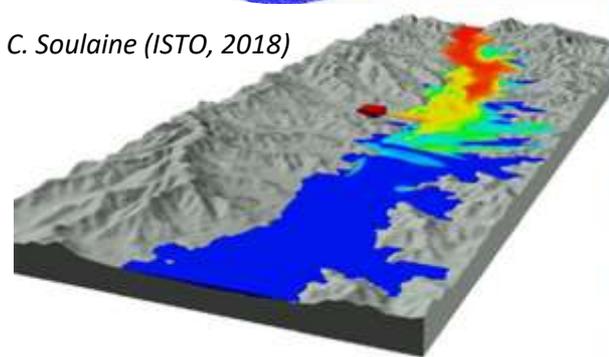


Prédiction du retrait des berges sur 10 ans

Prédiction des surfaces affectées par les coulées



C. Soulaire (ISTO, 2018)





CHANTIER 3

Modalités de transferts des contaminants à différentes échelles spatio-temporelles : sources, gradients et transferts vers les différents réservoirs abiotiques et biotique



Verrous scientifiques

Temps de réponse des hydrosystèmes face à ces apports?

⇒ Résilience des hydrosystèmes

Reconstitution de chroniques à l'échelle du 20^{ème} siècle des apports anthropiques, urbains et agricoles : nutriments, ETM, molécules émergentes

Chroniques issues des archives, quelle est la représentativité des apports calculés (ponctuels) par rapport à un signal intégré à l'échelle du bv?

⇒ Extrapolation de la signature géochimique à l'échelle du bv

Modélisation des mécanismes de transferts de contaminants depuis sa source (sols ou sédiments) vers la masse d'eau

Qualité de la séquestration des contaminants et part des différents facteurs de contrôle dans le transfert des contaminants entre les réservoirs?

⇒ Processus biotiques/abiotiques

Expérimentations en batch – collaboration en microbiologie + écotoxicologie

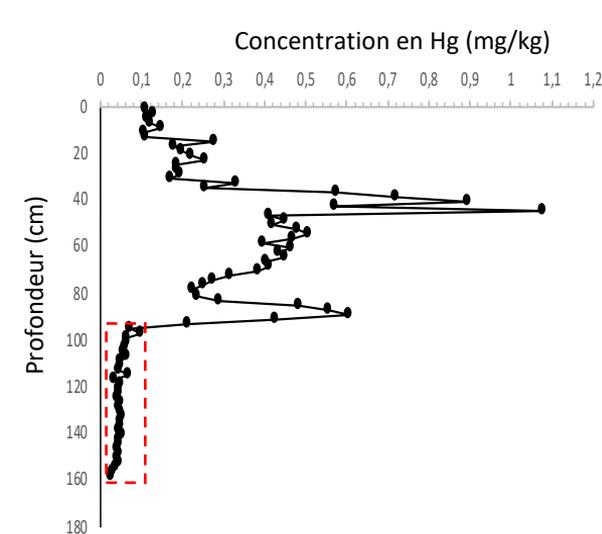


Reconstitution de chroniques à l'échelle du 20^{ème} siècle des apports anthropiques, urbains et agricoles : nutriments, ETM, molécules émergentes

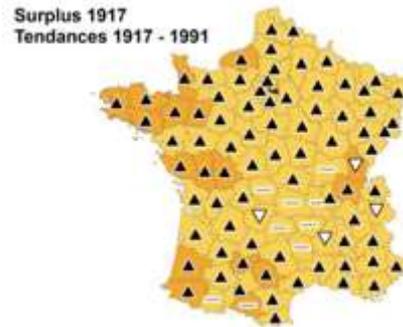
- 1) Collecte de données à partir d'archives (archives agricoles, sédimentaires) ou par la mesure directe (suivi long terme et/ou grande échelle)
- 2) Détermination d'un état de référence permettant d'identifier et quantifier les apports anthropiques
- 3) Identification des sources et des facteurs de contrôle



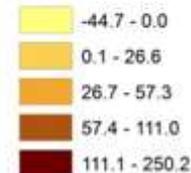
Déterminer un niveau de référence



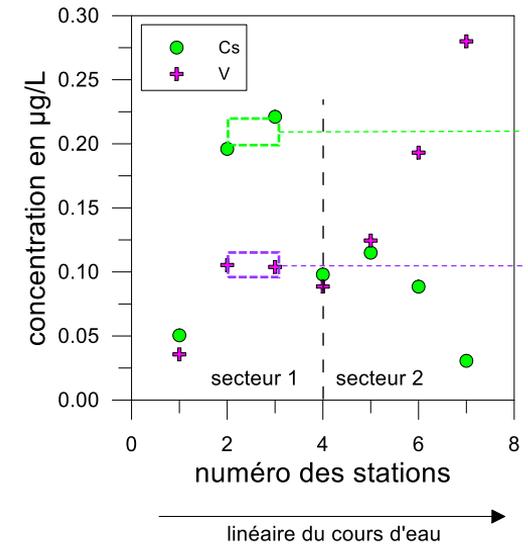
Définition d'un niveau de référence à partir d'un état ancien suffisamment renseigné
(Dhivert et al., 2016 ; Poisvert, 2018)



Surplus azoté
(kgN/haSAU/an)



Tendances
statistiques

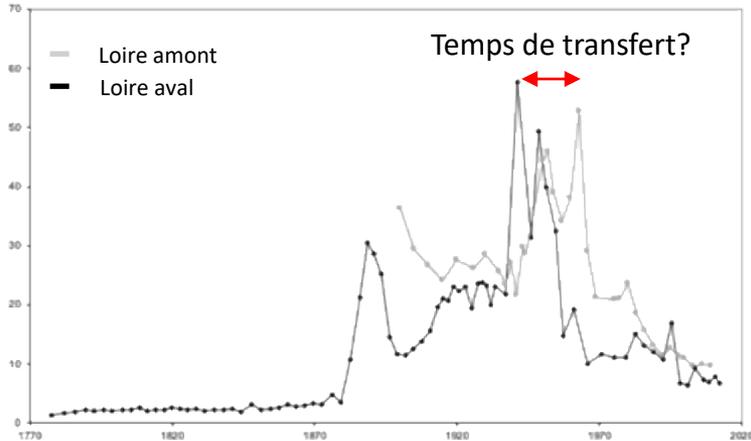


Bv à faible impact anthropique local
Fond Géochimique Naturel en ETM (dissous)
⇒ Sectorisation du bv (Gassama et al., in
prép.)

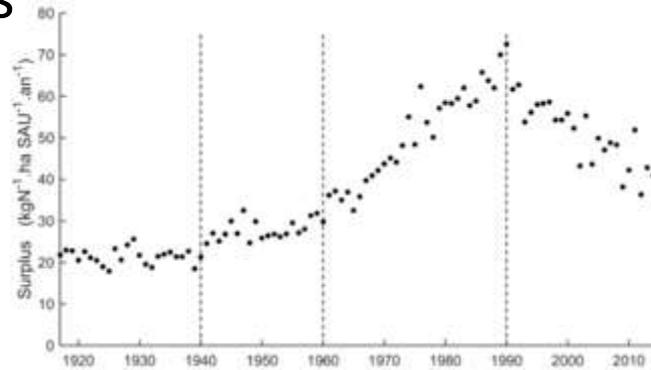


Chroniques de contaminants

Facteur d'enrichissement du Hg

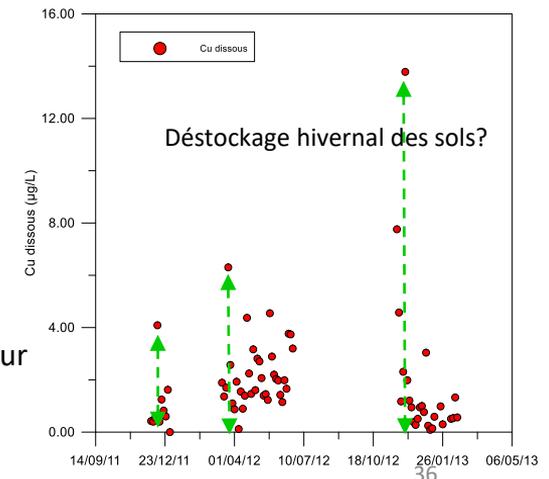


ETM dans la phase solide Hg – bv de la Loire 1900-2018
(Dhivert et al., 2016)

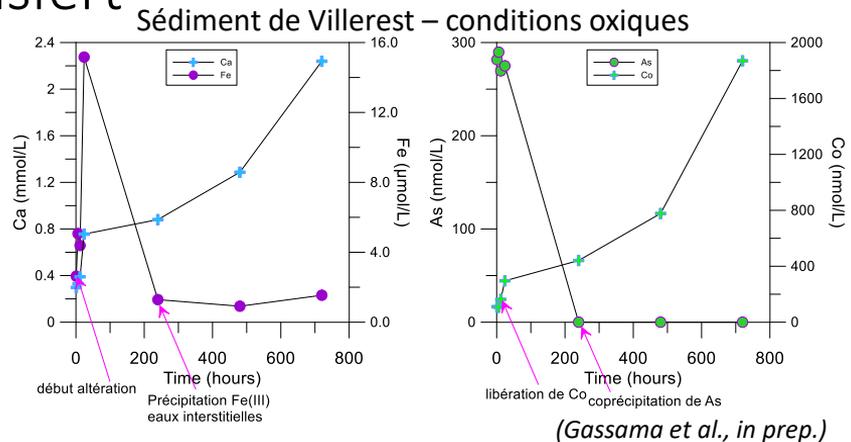
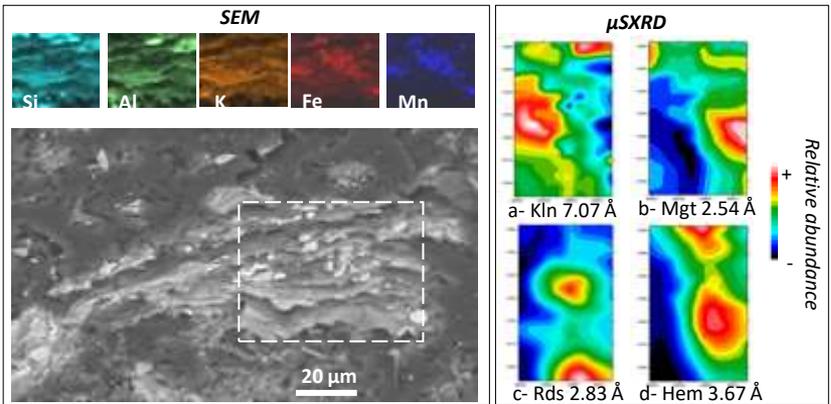


Nutriment - Surplus azotés d'origine agricole en France métropolitaine 1917-2015
(Poisvert, 2018)

ETM dissous Cu – Loire à St Satur
décembre 2011 à mars 2013



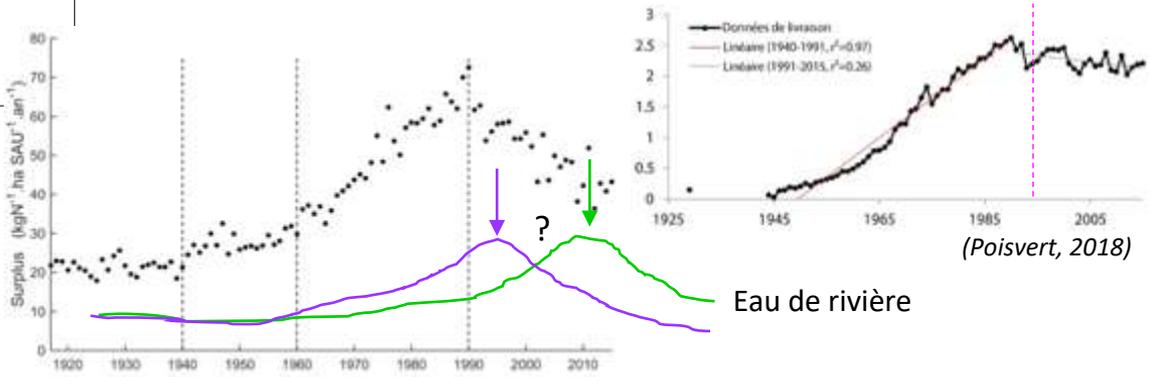
Identification des mécanismes de transfert



(Gassama et al., in prep.)

EPMA	in Fe oxyhydroxydes	in silicates	in Fe oxyhydroxydes	in silicates
Si (%)	1.8-7.5	9.2-18.4	As (ppm)	-
Al (%)	1.2-5.9	6.4-7.4	Cu (ppm)	up to 1200
Fe (%)	22.2-35.2	2.3-10.6	Pb (ppm)	up to 1300
Mn (%)	3.2-7.5	0.1-4.4	Zn (ppm)	up to 2400
				up to 2300

(Grosbois et Courtin-Nomade, 2019)



(Poisvert, 2018)





LE GÉHCO d'hier et de demain - MERCI A TOUS

