

Annexe 9-3

VOLET C1 – B3 : MESURE DES CONCENTRATIONS ET DES FLUX DE MATIÈRES EN SUSPENSION À L'EXUTOIRE DE LA THIO

Contributions : UMR 5600 et 5601 Univ. Lyon (Navratil O.)

:

SOMMAIRE :

1. INTRODUCTION.....	2
2. INSTRUMENTATION ET ANALYSES	2
3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	3
4. SYNTHÈSE ET PERSPECTIVES.....	6

1. INTRODUCTION

La quantification des rejets de matières en suspension sur terrain minier lors des temps de pluie est essentielle et exigée par la réglementation (*ie.* Projet CNRT « Petits bassins miniers »). Toutefois, elle ne répond pas à la question des flux et concentrations de MES arrivant dans les milieux aquatiques plus à l'aval, *ie.* Thio, son delta et son lagon.

Couplée aux méthodes de traçage sédimentaire, l'estimation des concentrations et des flux de MES à l'échelle du bassin de la Thio revêt des enjeux importants en matière de suivi et d'évaluation environnementale des impacts des activités minières dans les zones à forts enjeux que ce soit pour l'agriculture (dépôt de boue dans les champs), pour les inondations (travaux importants de nettoyage et pertes de biens), pour la pêche (diminution des ressources par colmatage du substrat et risques de contamination liés aux substances chimiques associées aux particules fines).

Nous présentons ici les premiers résultats issus d'une station de mesure de la turbidité installée à proximité de l'exutoire de la Thio dans le cadre du programme IMMILA de 2015 à 2018. Ce suivi permet d'estimer les concentrations de MES à haute fréquence, ainsi que les flux de MES rejetées lors des crues dans la Thio, le delta et le lagon. Ces informations sont essentielles pour une connaissance approfondie des biocénoses en milieux dulçaquicoles et marins et les activités humaines afférentes.

2. INSTRUMENTATION ET ANALYSES

La station de jaugeage de Thio Saint Michel a été équipée par la en 1981 d'un capteur pour mesurer en continu le niveau d'eau. Les débits (noté Q , en $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) sont estimés à l'aide d'une courbe de tarage. En 2015, nous avons complété cette station par un turbidimètre néphélométrique (WTW Visolid® 700-IQ) pour mesurer la turbidité à un pas de temps de 10 minutes. Ce signal est enregistré par une station environnementale Campbell Scientific (CR1000). Cette station se trouve à l'aval de la Thio, en aval du Creek Mué et Tomuru. Ces mesures ont été complétées par une mesure de la hauteur d'eau afin d'estimer l'hydrogramme de crue au droit de cette station de mesure. En 2017, nous avons complété cette mesure par une sonde de mesure de la couleur de l'eau de la rivière (pas de temps de 10 minutes).

Des sédiments en suspension ont été collectés à l'aide de pièges passifs afin de caler les mesures du turbidimètre et obtenir des concentrations en MES [g L^{-1}]. Une relation turbidité-SSC a été construite à partir d'un ajustement polynomial pour obtenir des mesures de concentration en sédiment. Les rendements en sédiments en suspension (SSY en tonnes, t) pour chaque événement de crue, ont été calculés comme suit :

$$SSY = \int_{t_0}^{t_f} Q \cdot SSC \cdot 10^{-3} dt \quad [4]$$

avec t_0 et t_f correspondant respectivement au début et à la fin de chaque crue de 2015 à 2018 ; SSY, les flux de MES en t/s ; SSC, la concentration en g/L et Q , le débit en m^3/s .

3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Deux évènements de crue de faible intensité ($<200 \text{ m}^3/\text{s}$) ont pu être mesurés lors de ce projet (2015-2017).

L'analyse des pollutogrammes mesurés à l'exutoire de la Thio nous a permis de mesurer des concentrations élevées pour cette gamme de bassin versant (SSC max $> 1\text{g/L}$ pour de petits évènements de crue ; Figure 1). Cet ordre de grandeur est souvent observé à l'exutoire de bassin alpins de taille similaire (Navratil *et al.*, 2010).

L'analyse des relations entre les concentrations en MES (SSC) et le débit permet de mettre en évidence des hystérésis horaires marquées (Figure 2- a). Pour la première crue, l'augmentation des SSC est rapide et en avance sur l'augmentation des débits, puis les concentrations diminuent de façon linéaire avec la diminution du débit (Figure 3 - b ; crue du 10/02/2017). Cette relation traduit un apport de bassins versants très proches de l'estuaire (comme la Mué ou la Tomuru) avec des eaux très chargées dès le début de la crue (de l'ordre de 1g/l). Pour la seconde crue, la relation SSC-débit est plus linéaire en début de crue (Figure 2- c ; crue du 18/02/2017), avec la présence d'une petite hystérésis horaire en milieu de crue (juste avant le pic). La relation forte dans la seconde partie de crue entre Q et SSC pourrait s'expliquer par une reprise des sédiments du lit de la rivière ; ie. Plus le débit augmente, plus les sédiments sont rapidement remis en suspension.

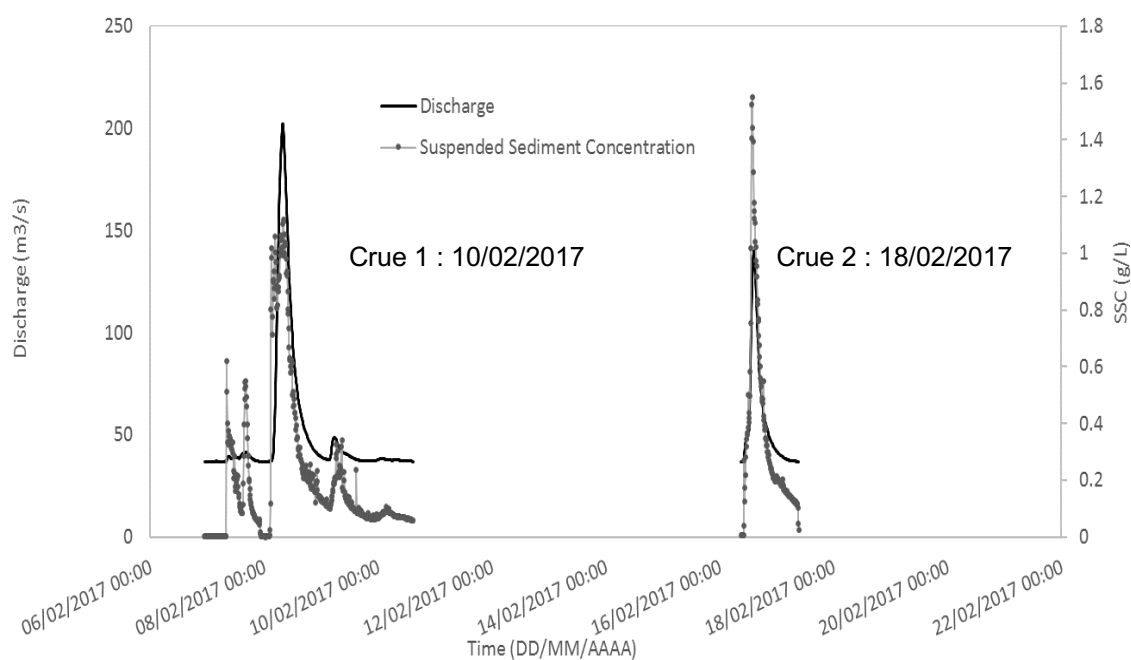


Figure 1 : Évolution des débits et des concentrations en MES pour deux évènements de crues de faible intensité sur la Thio (hauteur max : 2m) en 2017

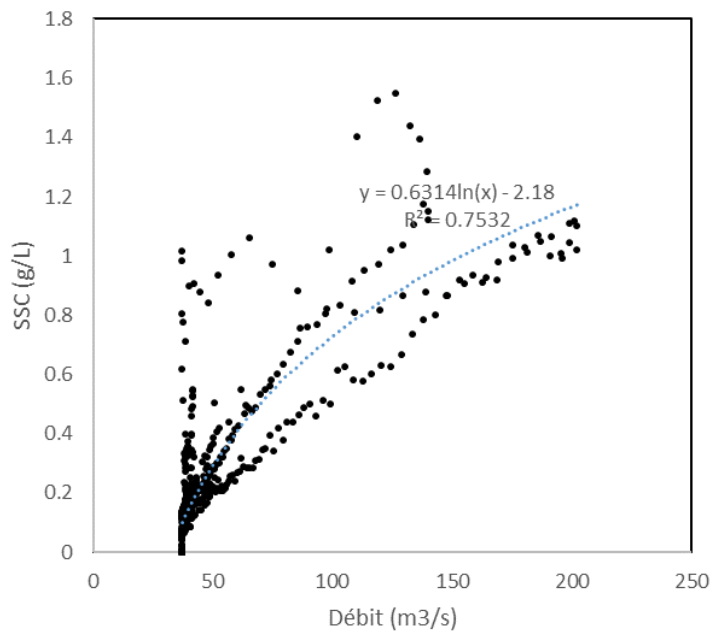


Fig. 2 – (a)

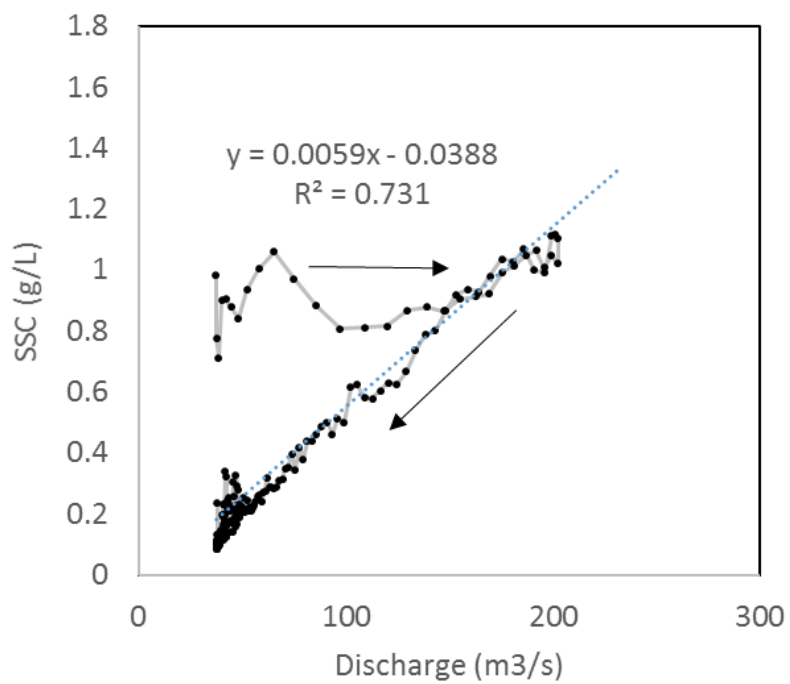


Fig. 2 (b)

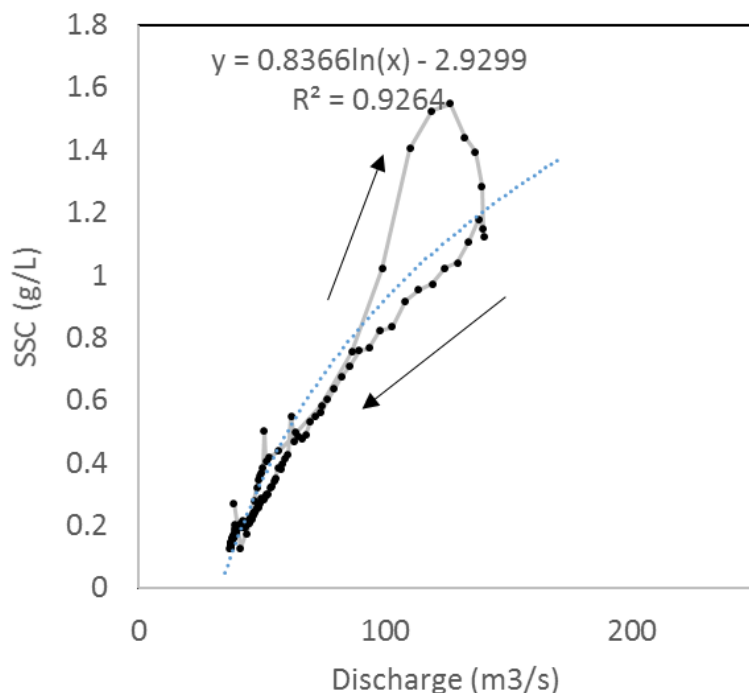


Fig. 2 (c)

Figure 2 : Relations entre les concentrations en MES (SSC) et le débit et mise en évidence des hystérésis horaires marquées

Les flux sédimentaires pour ces deux crues sont de l'ordre de 2600 – 5500 tonnes de MES (Tableau 1). Ces flux sont du même ordre de grandeur que les cumuls estimés de sédiments fins dans le lit de la Thio (8 500 tonnes/10 cm). Ces flux correspondent à 8 et 16 t/km² respectivement pour les crues du 18/02 et 10/02/2018.

Tableau 1 : Estimations des différents paramètres de crue et de transport de MES au cours de 3 évènements de crue

Date	Qmax (m ³ /s)	Concentration max (g/L)	Flux max (kg/s)	Débit cumulé (t)	solide	Mesure/estimation
10/02/2017	200	1.1	220	5 500		Mesure
18/02/2017	140	1.5	190	2 600		Mesure
25/02/2015	3 490	2.9	10 000	440 000		Estimation

La relation de la Figure 2 a été reprise et utilisée pour estimer les concentrations et flux pour la crue de 2015. Les résultats montrent des concentrations <3g/L et des flux globaux à l'échelle de l'évènement de l'ordre de 440 000 tonnes de MES. Ces flux correspondent à 1 000 t/km² pour la crue du 25/02/2015 (pluie de période de retour 20 ans). Cette valeur est du même ordre de grandeur que

les mesures réalisées par Danloux et Lagagnier (1991) sur la Ouenghi (Tableau 2) pour des débits spécifiques similaires (crue du 7/3/1975, correspondant au cyclone Alison).

Ces estimations pour la crue du 25/02/2015 constituent toutefois des estimations indirectes à considérer avec une grande prudence et doivent être validées par des mesures directes de la turbidité et des concentrations.

Tableau 2 : Information des crues mesurées sur la Ouenghi (245 km²) par Danloux et Lagagnier (1991)

Date	Débit maximum Q. Max m ³ /s	Volume ruisselé 10 ⁶ m ³	Hmm ruisselé	Temps de base mn	Débit moyen ruisselé m ³ /s	Tonnage transporté Qs en t
03-05/02/74	1 590	119	486	3 090	642	215 000
12-12/02/74	377	9	38	1 200	129	5 600
07-08/03/75	2 070	105	429	2 190	799	182 000
17-18/04/75	420	12	48	1 260	155	4 170
14-19/01/76	1 260	117	478	6 300	310	83 100
27-27/16/77	64	1	4	630	27	56
06-08/01/78	608	38	156	3 435	185	40 300
12-14/03/80	282	7	29	2 640	44	19 200
12-13/02/81	1 280	53	218	1 380	644	40 700
06-07/03/81	436	13	52	2 020	106	4 420
24-25/12/81	1 660	59	240	1 710	572	40 300

4. SYNTHÈSE ET PERSPECTIVES

Une station environnementale de mesure à l'aval de la Thio est en place depuis 2015 et permet de mesurer la hauteur d'eau et la turbidité à un pas de temps de 10 minutes. Cette station de mesure a permis de réaliser des sédiagrammes et hydrogrammes sur la période de 2015-2018, avec toutefois de très nombreuses lacunes.

Les flux spécifiques mesurés pour les petites crues sont de l'ordre de 10 t/km² tandis que le flux spécifique de MES estimé pour la crue de 2015 est de 1000 t/km² (crue de période de retour estimée à 20 ans). Cette dernière estimation devrait cependant être validée par des mesures directes des concentrations.

Depuis 2017, nous mesurons également la couleur de l'eau à cette même station afin de coupler les approches de traçage et de mesure des flux et ainsi d'estimer au cours de la crue les contributions relatives des mines vs. la contribution du reste du bassin. Un travail de couplage avec les mesures de couleur réalisées dans le lagon après chaque événement cyclonique serait également intéressant.