

EVOLUTION ANNUELLE DES FLUX DE MATIERES EN SUSPENSION ET DE LA QUALITE DES EAUX DU FLEUVE ROUGE A L'ENTREE DE SON DELTA (VIETNAM)

Thi Nguyet Minh LUU¹, Didier ORANGE²

1. Faculté de Chimie, Université des Sciences de Hanoi, Hanoi (Vietnam)

2. IRD/IWMI, UR ECU, 57 Tran Hung Dao, Hanoi, Vietnam, orange@ird.fr

Résumé

La concentration en matières en suspension et la conductivité des eaux du Fleuve Rouge ont été suivies hebdomadairement durant un an sur 3 stations à proximité amont de Hanoi. Les matières en suspension, faibles en saison sèche (de 30 mg.l⁻¹ à moins de 10 mg.l⁻¹), augmentent fortement pendant la saison des pluies, pour atteindre des maximum observés de l'ordre de 500 mg.l⁻¹ en 2004. Il semble évident que l'évolution annuelle de la concentration en suspension soit expliquée d'abord par la variabilité saisonnière de la pluie (fortes concentrations en saison des pluies) mais aussi par les activités anthropiques. En effet, les observations montrent que les gravières sont responsables de teneurs en matières en suspension anormalement fortes en octobre 2004. A l'échelle des exportations annuelles de matières en suspension par le fleuve, ces activités auraient provoqué une augmentation de 50 mg.l⁻¹ sur uniquement 10 km de long, ce qui représenterait un excès de 5 millions de tonnes de sédiments sur les 20 millions exportés à la station aval. Enfin, on note que les eaux du fleuve ont des caractéristiques physico-chimiques typiques d'un environnement karstique. La conductivité évolue au cours de l'année en fonction de la saisonnalité climatique. Et il est remarquable que les plus fortes conductivités, et donc les plus fortes concentrations minérales dissoutes, soient observées en saison des pluies, correspondant à la saison des hautes eaux du fleuve.

Mots clés : MES, Erosion fluviale, Fleuve Rouge, Vietnam

Abstract

The suspended matter concentration and the conductivity of the Red River water were followed weekly during one year on 3 stations upstream nearby Hanoi. The suspended matter load, weak in dry season (from 30 mg.l⁻¹ to less than 10 mg.l⁻¹), strongly increases during the rain season, to reach maximum observed about 500 mg.l⁻¹ into 2004. It seems obvious that the annual evolution of the suspended load is explained firstly by the seasonal variability of the rain (strong concentrations in rain season) but also by the human activities. Indeed, the observations show that the gravel pits are responsible for contents of abnormally strong suspended matter in October 2004. With the scale of annual suspended matter exports by the river, these activities would have caused an increase of 50 mg.l⁻¹ out of only 10 km length, which would represent an excess of 5 million tons of sediments on the 22 million exported at the downward station. Lastly, the river water has typical physicochemical characteristics of a karstic environment : conductivity evolves during the year according to the climatic seasonality. And it is remarkable that strongest conductivities, i.e. the strongest dissolved mineral concentrations, are observed in rain season, corresponding to the peak flow season.

Key-words : Suspended matter, Erosion by river, Red River, Vietnam

INTRODUCTION

Cette étude a pour but de mettre en évidence la dynamique actuelle des exportations de matières en suspension (MES) par le Fleuve Rouge (Hong Song River) à l'entrée du fleuve dans son delta, en relation avec l'évolution de la qualité minérales de l'eau suivie uniquement par la conductivité et le pH de l'eau, deux bons indicateurs de la charge dissoute totale transportée par les fleuves (Meybeck, 1984). Dans cet article, nous présentons les premiers résultats d'un suivi hebdomadaire réalisé depuis octobre 2003 afin de préciser les grandes étapes saisonnière de l'évolution des exportations de sédiments par le Fleuve Rouge en dehors de son bassin amont. Le Fleuve Rouge prend sa source dans le Yunnan (Sud-Ouest de la Chine), non loin de la source du Mékong, et draine tout le Nord Vietnam montagneux sur plus de 1000 km avant de déboucher dans un large delta.

La matière provenant des roches et des sols dès qu'elle est engagée dans un processus d'érosion/transport sous forme particulière est généralement appelée sédiment. Ainsi les fleuves exportent vers les océans, en dehors de la matière dissoute, essentiellement des particules de petites tailles (argiles, limons et sables), qui physiquement peuvent être transportées en suspension sur de longues distances. Il est important de noter que les MES sont des particules correspondant à une classe granulométrique et que le terme de suspension est employé pour toute particule arrachée au sol ou au lit de fleuve et mise en mouvement dans la colonne d'eau. Les particules érodées et transportées dans les cours d'eau sont pour l'essentiel de la matière minérale qui a pour origine la désagrégation des roches (Walling et Webb, 1981 ; Meybeck, 1984 ; Orange, 1992 ; Veissy, 1998 ; Cosandey et Robinson, 2000). La formation des suspensions peut être décrite d'un point de vue physique à l'échelle microscopique du sol, c'est-à-dire la formation initiale des suspensions sous l'effet des gouttes de pluie : le rejaillissement. De même, le ruissellement d'eau de surface, lorsque le sol est imperméable ou saturé, provoque une érosion en nappe ou en rigole (formation de ravines) si une concentration des eaux de ruissellement apparaît, qui peut se décrire mécaniquement (Roose, 1994). Enfin, lorsque l'eau de ruissellement atteint le réseau hydrographique (drain, fossé, rivière puis fleuve), une source potentielle de suspension peut être l'érosion des berges et la remise en suspension de sédiments plus anciens stockés dans le lit des cours d'eau.

1. METHODE

Les prélèvements d'eau ont été effectués en 3 points à une dizaine de kilomètres en amont de la ville de Hanoi : le point A (dit « Fleuve Rouge amont ») en amont de la défluence de la rivière Nhué, le point B (dit « Nhué amont ») sur la rivière Nhué qui est un défluent du Fleuve Rouge à son entrée dans Hanoi et le point C (dit « Fleuve Rouge aval ») juste en aval de la défluence. Les échantillons d'eau de 1 litre ont été prélevés manuellement à partir de la berge chaque semaine dans des flacons à large embouchure entre 30 et 50 cm de fond. Le poids de MES est obtenu par filtration de 1 litre d'eau sur filtre actétate de cellulose de 0,45 μm de porosité. Ces filtres ont été séchés préalablement pour les poids vides. Après la filtration, les filtres et les MES sont séchés

dans l'étuve à 50°C pendant 24 heures. Les filtres sont ensuite pesés par une balance analytique. Les pH et conductivités sont mesurés au laboratoire dans les filtrats.

On n'a pas pu vérifier la représentativité de ce mode de prélèvements pour l'ensemble des concentrations observables au sein de la section étudiée. Cependant, on peut assurer que la variabilité hebdomadaire est significative. Ce travail a commencé en octobre 2003. Depuis le 24/09/04, les prélèvements au fleuve Rouge Amont sont interrompus à cause de la construction d'un port fluvial.

2. PRESENTATION DES RESULTATS

Le débit mensuel du Fleuve Rouge, mesuré a Son Tay, quelques 30 kilomètres en amont des points de prélèvements de cette étude, varie de 1000 m³.s⁻¹ en saison sèche (centrée de décembre à avril), à 10-15 000 m³.s⁻¹ en août. La montée des eaux débutent en mai, conséquence des premières pluies d'avril sur le bassin amont, et la décrue est rapide de septembre à octobre. Le Fleuve Rouge est donc un fleuve à régime tropical classique avec une crue annuelle unique bien marquée.

2.1. Evolution hebdomadaire des matières en suspension

Les concentrations de matières en suspension mesurées varient entre 6 mg.l⁻¹ le 26 décembre 2003 sur le Fleuve Rouge amont (point A) et 450 mg.l⁻¹ sur le 3 septembre 2004 sur le Fleuve Rouge aval (point B). Les moyennes arithmétiques sont de 80 mg.l⁻¹, 119 mg.l⁻¹ et 87 mg.l⁻¹ pour respectivement le Fleuve Rouge amont, aval et la Nhué.

L'évolution hebdomadaire au cours de l'année entre les 3 points de prélèvements est relativement semblable. En effet, à l'exception de quelques rares échantillons, on retrouve la même évolution entre les 3 stations (fig. 1).

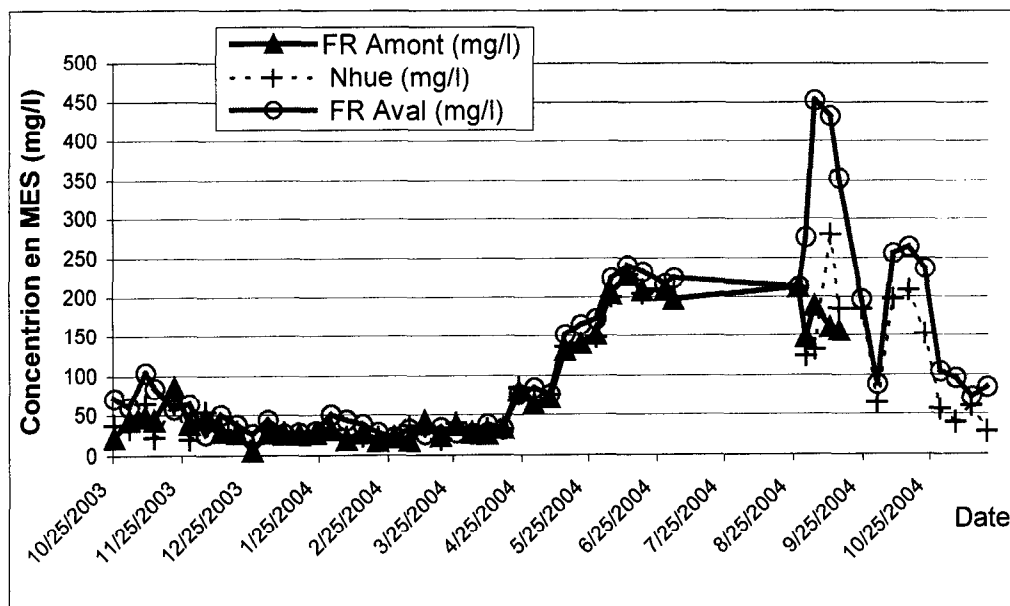


Figure 1. Evolution hebdomadaire des concentrations en matières en suspension (MES en mg.l⁻¹) du Fleuve Rouge avant (point amont) et après (point aval) la défluence avec la rivière Nhué drainant la ville de Hanoi.

On note que les concentrations en MES sont toujours légèrement supérieures au niveau de la station aval, c'est-à-dire après la déflueuse avec la Nhué. Cependant on peut retenir le schéma d'évolution suivant (fig. 2) : durant la saison de basses-eaux (correspondant à la saison sèche), les teneurs en MES diminuent de 50 mg.l⁻¹ à moins de 30 mg.l⁻¹. Les concentrations augmentent à la faveur des premières pluies dès le mois de mai ; les teneurs sont alors de 50 à 100 mg.l⁻¹, elles sont maximales de juillet à septembre durant les mois de pics de crue, où elles dépassent les 200 mg.l⁻¹.

Par contre, si les concentrations étaient relativement semblables aux 3 points de prélèvements de octobre 2003 à août 2004, ce n'est plus du tout le cas à partir de septembre 2004. Ce mois-ci, la teneur en MES à la station aval dépassent les 400 mg.l⁻¹, alors qu'elle reste autour de 200 mg.l⁻¹ aux autres stations de prélèvements. Cette observation est concomitante du début de la construction d'un port fluvial entre les stations amont et aval. On met donc en évidence ici un impact important de la perturbation apportée par l'activité humaine sur la concentration en MES des eaux du fleuve et donc sur le régime de transport de matières en suspension par le Fleuve Rouge. Cependant, étant donné les très forts débits des mois de juin-juillet-août (représentant les 2/3 des flux d'eau annuels), la perturbation liée à la construction du port commencée tardivement en septembre 2004 est non perceptible sur le bilan d'exportation de l'année 2004.

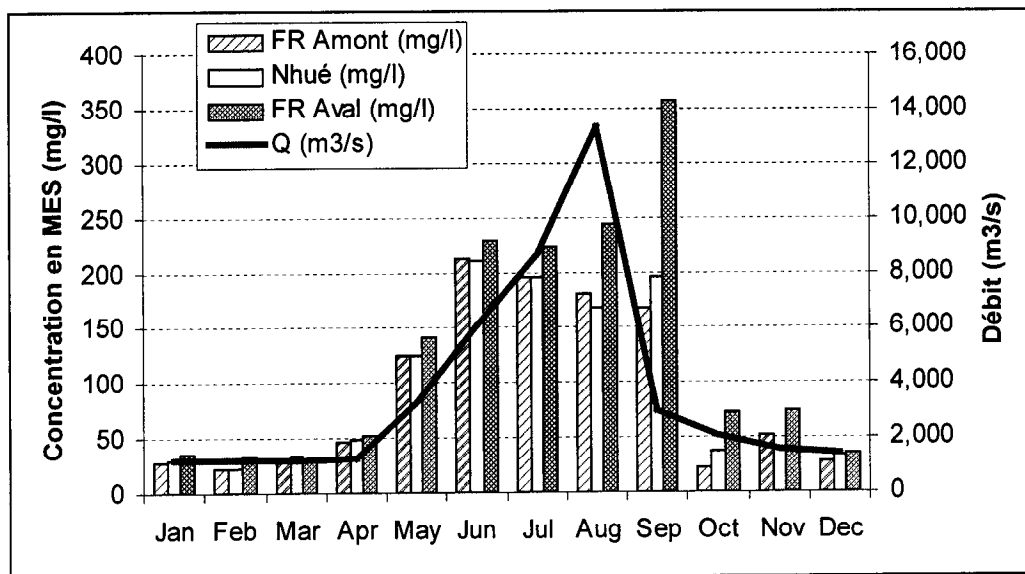


Figure 2. Evolution mensuelle des débits du Fleuve Rouge à Son Tay et des concentrations en matières en suspension (MES en mg.l⁻¹) du Fleuve Rouge avant (point amont) et après (point aval) la déflueuse avec la rivière Nhué drainant la ville de Hanoi.

Finalement, la concentration moyenne annuelle (calculée par pondération des débits) est de 150 mg.l⁻¹ sur les stations Fleuve Rouge amont et Nhué, de 200 mg.l⁻¹ sur la station Fleuve Rouge aval. En terme de flux annuel de matières, cela représente une exportation de 17 millions de tonnes de suspension au point amont pour plus de 22 millions de tonnes au point aval, soit 5 millions de tonnes supplémentaires après 10 kilomètres de parcours seulement. En effet, la concentration en MES plus importante

tout au long de l'année à la station aval malgré la défluence de la Nhué est probablement une conséquence directe de l'activité des gravières, nombreuses entre les deux points de prélèvements.

2.2. Impact sur la qualité des eaux fluviales

La qualité minérale des eaux a été suivie par la mesure hebdomadaire du pH et de la conductivité. Le pH varie entre 6,8 et 7,6 et semble être le plus faible en fin de saison sèche en mars-avril. Mais la forte variabilité hebdomadaire ne permet pas de donner plus de conclusion. Par contre, le suivi de la conductivité est plus informatif.

L'évolution de la conductivité des eaux est semblable sur les 3 stations (moyenne de 178, 171 et 170 μS pour respectivement les stations Fleuve Rouge amont, aval et Nhué, et un écart-type de 20 à 25 μS). Elle est très stable autour de 170 μS de novembre à avril, puis elle augmente fortement à l'arrivée des pluies (fig. 3). Un premier pic est enregistré fin avril 2004 à 225 μS à l'occasion de la première onde de crue puis un second pic en août. Enfin il se pourrait que les travaux de construction du port aient eu un impact sur la qualité minérale des eaux fluviales puisque l'on note une forte variabilité de ce paramètre à partir de septembre 2004.

Pour conclure sur cet aspect, il est à noter que la conductivité des eaux du Fleuve Rouge est relativement élevée, caractérisant l'environnement karstique traversée par ce fleuve. De plus, il est important de remarquer que les conductivités augmentent lors de la crue, ce qui signifie qu'on n'enregistre pas un phénomène de dilution de la charge dissoute minérale avec la forte augmentation des débits, contrairement notamment à un grand nombre de grands fleuves du Monde (Meybeck, 1984 ; Probst, 1992 ; Orange, 1992).

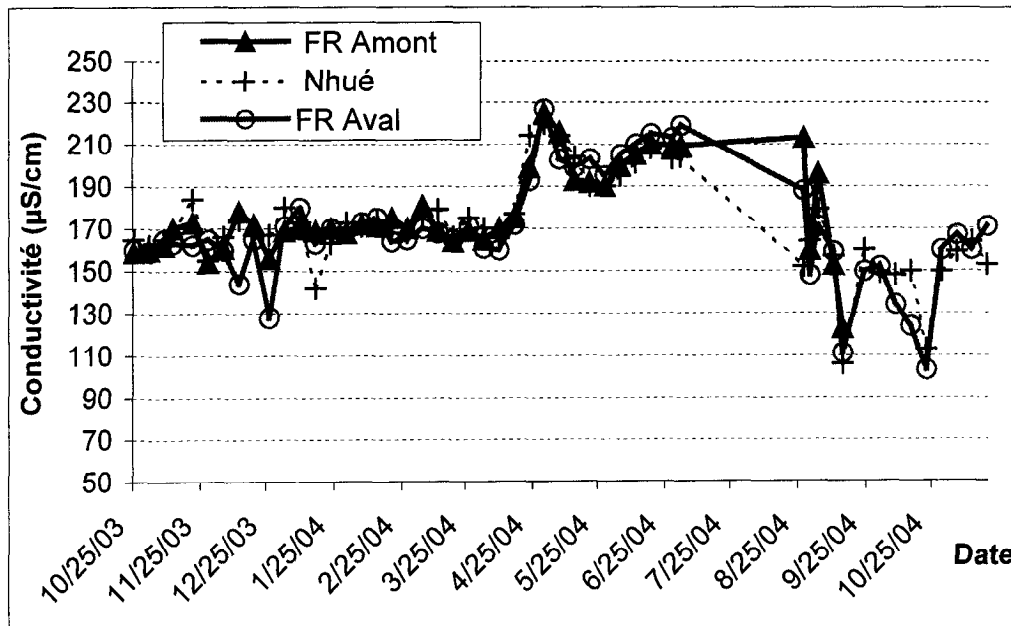


Figure 3. Evolution hebdomadaire de la conductivité (en $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) des eaux du Fleuve Rouge avant (point amont) et après (point aval) la défluence avec la rivière Nhué drainant la ville de Hanoi.

CONCLUSION

Cette étude a donné une première compréhension du comportement des flux de matières en suspension du Fleuve Rouge (au Vietnam). On a vu que la charge en suspension moyenne annuelle de ses eaux a été de 200 mg.l^{-1} en 2004, année à hydraulicité relativement faible. On a vu que les teneurs en matières en suspension augmentent lors de la crue.

Il est apparu que l'activité anthropique des gravières a un impact important sur le bilan annuel d'exportation des matières en suspension du Fleuve Rouge, puisque sur seulement 10 kilomètres de son cours, la teneur moyenne annuelle en MES est augmentée de 50 mg.l^{-1} , soit un apport supplémentaire de sédiments de 5 millions de tonnes à son delta. Cela souligne l'impact important que peut avoir l'activité anthropique le long de l'axe fluvial du Fleuve Rouge sur la fertilité des terres de son delta, grenier à riz du Nord Vietnam.

Enfin, ceci permet de conclure que pour les études ultérieures concernant l'estimation de l'érosion globale sur le bassin versant amont du Fleuve Rouge, il sera important de multiplier les stations de mesures des matières en suspension sur de nombreux biefs tout au long de son cours fluvial afin de pouvoir prendre en compte la part de transport de matières liée aux activités anthropiques.

Par ailleurs, l'augmentation importante de la conductivité des eaux fluviales lors du pic annuel de crue est une autre caractéristique significative du Fleuve Rouge qu'il appartiendra d'explicitier par une étude plus approfondie dans l'avenir.

BIBLIOGRAPHIE

- COSANDEY, C., ROBINSON, M., 2000. *Hydrologie continentale*. Ed. Armand Colin, 360 p.
- MEYBECK, M., 1984. Les fleuves et les cycles géochimiques des éléments. *Thèse Sciences, Univ. Paris VI*, 558 p.
- ORANGE, D., 1992. Hydroclimatologie du Fouta Djallon et dynamique actuelle d'un vieux paysage latéritique (Afrique de l'Ouest). *Thèse Sciences, Univ. Strasbourg, Mém. Sc. Géol.*, n°93, 198 p.
- PROBST, J.-L., 1992. Géochimie et hydrologie de l'érosion continentale. Mécanismes, bilan global actuel et fluctuations au cours des 500 derniers millions d'années. *Thèse Sciences, Univ. Strasbourg, Mém. Sc. Géol.*, n°94, 200 p.
- ROOSE, E., 1994. Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). *Bull. Pédologique FAO*, n°74, 420 p.
- VEYSSY, E., 1998. Transferts de carbone organique, d'azote et de phosphore des bassins versants aux estuaires de la Gironde et de l'Adour (Sud-Ouest de la France). *Thèse Sciences, université Bordeaux 1*, 281 p.
- WALLING, D.E., WEBB, B.W., 1981. The reliability of suspended sediment loads. *IAHS pub.*, 133 : 177-194.