

Étude du transfert des éléments en solution et en suspension dans le bassin de l'Amazonie

Patrick Seyler¹
Patricia Moreira Turcq²
Geraldo Resende Boaventura³

Mots-clés : bassin amazonien – carbone organique – métaux – éléments traces – origine – comportement

Les résultats indiquent que les concentrations dissoutes mesurées sur le Solimões et sur le cours principal de l'Amazonie en amont de la zone estuarienne, à l'exception des environs de Manaus, sont parmi les plus faibles rapportées dans la littérature et caractéristiques de fleuves des régions non contaminées et éloignées des sources de pollution atmosphérique.

Les concentrations en Sr, Ba, V, As, comme les éléments majeurs, décroissent de l'amont vers l'aval, indiquant une dilution progressive des apports des rivières andines par ceux des rivières de la plaine amazonienne. Bien que relativement faibles, les concentrations en Pb, Cd, Ni, Co et Zn mettent en évidence une zone contaminée par des rejets anthropiques au voisinage de Manaus.

Les variations saisonnières des concentrations de carbone dissous dans les principaux affluents accompagnent celles des débits, si bien que les concentrations

mesurées dans l'Amazonie au cours d'un cycle hydrologique sont contrôlées principalement par les apports du Rio Negro. L'essentiel des apports de carbone organique se fait sous forme dissoute. Les flux calculés à Óbidos pour une année hydrologique moyenne (débit liquide de 168 000 m³.s⁻¹), de 26,9 ± 3,0 Tg.an⁻¹ pour le carbone organique dissous et de 5,8 ± 0,3 Tg.an⁻¹ pour le carbone organique particulaire, sont remarquablement proches des valeurs proposées 10 ans plus tôt par Richey *et al.* (1990), et posent la question de l'impact réel de la déforestation sur le flux de carbone transitant par les rivières.

1 UR IRD 154 - LMTG - UMR 5563, 14, avenue Édouard Belin, 31400 Toulouse, France

2 Departamento de Geoquímica - IRD - UR 154 HYBAM - LMTG, Universidade Federal Fluminense, Morro do Valonguinho s/n - 24020-007 Niterói, RJ, Brésil

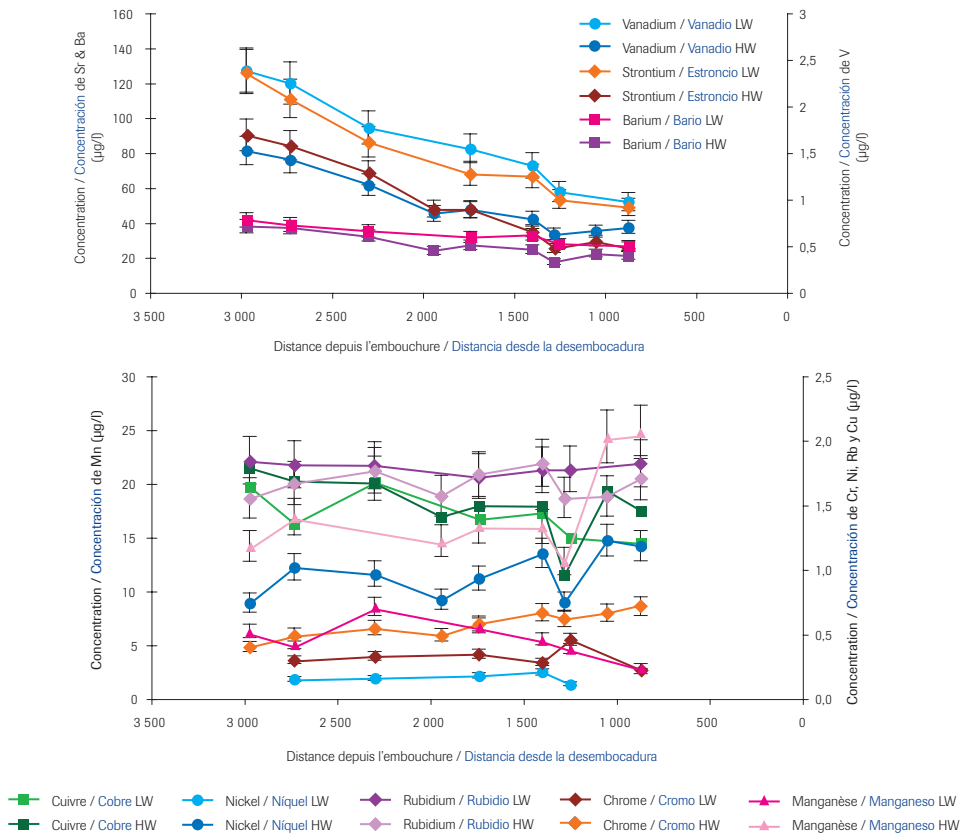
3 Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Laboratório de Geoquímica, Campus Universitário - Asa Norte - Brasília 70910-900, Brésil

Les données acquises montrent également que les mélanges entre les eaux de l'Amazone et celles de ses principaux affluents ne sont pas conservatifs pour le carbone organique comme pour un certain nombre d'éléments traces. Ceci a été

interprété comme le résultat d'une redistribution majeure du COD au niveau de certaines confluences, notamment celle du Rio Negro et du Solimões, entraînant une redistribution de certains éléments traces entre les phases liquide et solide.

Figure 1
Évolution longitudinale des concentrations en V, Sr, B, Cu, Ni, Cr et Mn le long du cours principal de l'Amazone, en période de basses eaux (LW) et de hautes eaux (HW)

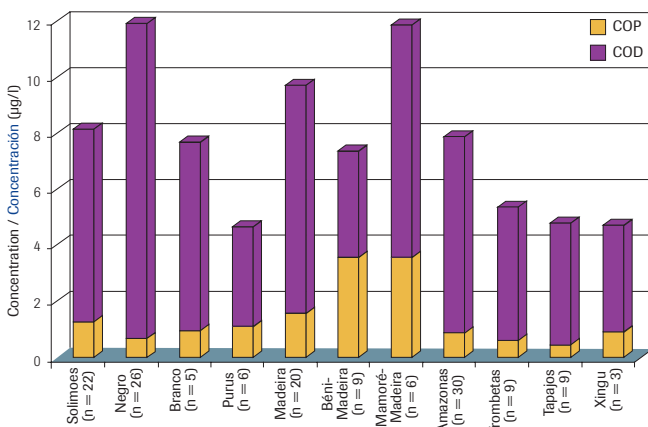
Evolución longitudinal de las concentraciones de V, Sr, B, Cu, Ni, Cr y Mn a lo largo del curso principal del Amazonas, en período de aguas bajas (LW) y de aguas altas (HW)



Afin de connaître l'évolution temporelle des concentrations, un suivi de celles-ci avec un pas de temps mensuel a été mis en place aux exutoires des principaux affluents (Solimões à Manacapuru, Madeira à Fazenda Vista Alegre, Rio Negro à Moura) et à la station d'Óbidos sur le cours principal de l'Amazonie, immédiatement en amont de la zone estuarienne. Les résultats montrent qu'il existe une forte variabilité des concentrations dissoutes. Pour le V et le Mo par exemple, les concentrations varient d'un facteur 2 à 5 et diminuent lorsque les débits augmentent (comme la conductivité). Pour le Mn, le Ba, le Sr ou le Co,

les concentrations varient d'un facteur 2 à 3 et augmentent avec le débit. Ces comportements pourraient être liés à l'arrivée à Óbidos de masses d'eau d'origine différente (andine en mai-juin, plaine amazonienne en juillet), mais aussi à l'influence du stockage temporaire des eaux dans la zone d'inondation, (les conditions redox existant dans les zones de « várzea » permettant la remobilisation des éléments). Ces variations qui n'avaient, jusqu'à présent, pas été prises en compte ont permis de quantifier avec une bonne précision les flux en éléments traces qui sont transférés à l'Océan Atlantique par le système amazonien.

Figure 2
Teneurs moyennes en COD et COP de l'Amazonie et de ses principaux affluents
Contenidos promedio de COD y COP del Amazonas y sus principales afluentes



Référence bibliographique

Richey, J.E., Hedges, J.-I., Devol, A.H. & Quay, P.D. (1990). Biogeochemistry of Carbon in the Amazon River. *Limno. Oceanogr.*, 35: 352-371.

Estudio de la transferencia de los elementos disueltos y en suspensión en la cuenca del Amazonas

Palabras clave: cuenca amazónica – carbono orgánico – metales – elementos trazos – origen – comportamiento

Los resultados indican que las concentraciones disueltas medidas en el Solimões y en el curso principal del Amazonas aguas arriba de la zona de estuario, con excepción de los alrededores de Manaus, son las menores reportadas por la literatura y características de ríos de las regiones no contaminadas y alejadas de las fuentes de polución atmosférica.

Las concentraciones de Sr, Ba, V, As, como los elementos mayores, decrecen de aguas arriba en dirección aguas abajo, indicando una disolución progresiva de los aportes de los ríos andinos por parte de los de la llanura amazónica. Aunque relativamente bajas, las concentraciones de Pb, Cd, Ni, Co y Zn evidencian una zona contaminada por desechos antrópicos en las inmediaciones de Manaus.

Las variaciones estacionales de las concentraciones de carbono disuelto en los principales afluentes acompañan a las de los caudales, por lo que las concentraciones medidas en el Amazonas durante un ciclo hidrológico son controladas principalmente por los aportes del río Negro. Lo esencial del aporte de

carbono orgánico se hace bajo forma disuelta. Los flujos calculados en Óbidos para un año hidrológico promedio (caudal líquido de $168.000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), de $26,9 \pm 3,0 \text{ Tg} \cdot \text{an}^{-1}$ en el caso del carbono orgánico disuelto y de $5,8 \pm 0,3 \text{ Tg} \cdot \text{an}^{-1}$ en el del carbono en partículas, son notablemente cercanos a los valores obtenidos 10 años atrás por Richey y otros (1990), y plantean la interrogante sobre el impacto real de la deforestación en el flujo de carbono que transita por los ríos.

Los datos obtenidos muestran igualmente que las mezclas entre las aguas del Amazonas y las de sus principales afluentes no son conservativas por el carbono orgánico ni por ciertos elementos trazos. Esto se ha interpretado como el resultado de una redistribución mayor del COD a nivel de ciertas confluencias, en especial las del río Negro y del Solimões, que conlleve una redistribución de ciertos elementos trazos entre las fases líquida y sólida.

Con el fin de conocer la evolución temporal de las concentraciones,

se estableció un seguimiento mensual en los cierres de los principales afluentes (Solimões en Manacapuru, Madeira en Fazenda Vista Alegre, Río Negro en Moura) y en la estación de Óbidos en el curso principal del Amazonas, inmediatamente aguas abajo de la zona de estuario. Los resultados muestran que existe una fuerte variabilidad de las concentraciones disueltas. En el caso del V y del Mo por ejemplo, las concentraciones varían en un factor de 2 a 5 y disminuyen cuando aumentan los caudales (así como la conductividad). Tratándose del Mn, el Ba, el Sr o el Co, las concentraciones varían en un factor de 2 a 3

y aumentan con el caudal. Estos comportamientos podrían estar ligados a la llegada de masas de agua de origen diferente (andino en mayo-junio, llanura amazónica en julio), aunque también a la influencia del almacenamiento temporal de las aguas en la zona de inundación (permitiendo las condiciones «redox» existentes en las zonas de várzea una removilización de los elementos). Estas variaciones que, hasta ahora, no habían sido tomadas en cuenta, permitieron cuantificar con una buena precisión, los flujos de elementos en partículas que son transferidos al Océano Atlántico por el sistema amazónico.