

## FLUX ET BILAN DES PRINCIPAUX RADIONUCLÉIDES D'ORIGINE ARTIFICIELLE PRESENTS DANS LE RHÔNE

Frédérique EYROLLE-BOYER<sup>1</sup>, Damien TOURNIEUX<sup>2</sup>, Christelle ANTONELLI<sup>1</sup>

INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE (IRSN),  
PRP-ENV, <sup>1</sup>SESURE/LERCM, BP 3, 13115 Saint Paul Lez Durance, France,  
<sup>2</sup>SESURE/LS3E, 31, Rue de l'Écluse - BP 35, 78116 Le Vésinet, France.

Le Rhône est le réceptacle depuis plus de 50 ans des rejets liquides des différentes industries nucléaires qui se sont implantées le long de ses rives. Au cours de ces décennies l'ensemble du cycle du combustible y a été représenté, exception faite de l'extraction du minerai d'uranium, faisant de ce fleuve l'un des systèmes les plus nucléarisés au monde. Le centre de retraitement du combustible irradié de Marcoule a constitué le terme source prépondérant de radioactivité artificielle pour les eaux du fleuve. En démantèlement depuis 1997, il constitue encore aujourd'hui la principale source de nombreux radionucléides artificiels. Les radionucléides artificiels présents dans le fleuve proviennent également du drainage des sols marqués par les retombées atmosphériques globales et de l'accident de Tchernobyl. Il s'agit dans ces derniers cas principalement de la rémanence du <sup>137</sup>Cs, du <sup>90</sup>Sr et des isotopes du plutonium et de l'américium. Si la composition des rejets industriels a évolué au cours du temps principalement en fonction de l'évolution des procédés de traitement des effluents, le tritium est le radionucléide qui a été le plus rejeté au fil des décennies. C'est aujourd'hui encore le cas avec plus de 295 TBq émis en 2013, toutes installations rhodaniennes confondues, contre moins de 100 GBq rejetés la même année pour l'ensemble des autres émetteurs bêta-gamma (hors <sup>14</sup>C). On estime qu'environ 2/3 du tritium en transit dans le Rhône aval provient des C.N.P.E., et environ 1/3 du centre de retraitement de Marcoule. La proportion de tritium d'origine naturelle dans les eaux du Rhône aval est inférieure à 5%. Pour les autres émetteurs bêta-gamma (hors <sup>14</sup>C), plus de 95% proviennent encore actuellement des rejets liquides du centre de Marcoule.

Au sein des hydro systèmes, les radionucléides se distribuent entre la phase dissoute et la phase particulaire en fonction de leur affinité avec les particules. Les données de la surveillance des eaux du Rhône permettent de connaître les activités d'un très grand nombre de radionucléides naturels et artificiels que ce soit dans les eaux filtrées ou bien dans les matières en suspension (Figure 1). Ces données soulignent que dans le Rhône aval, si le tritium est le radionucléide le plus présent dans les eaux filtrées (en moyenne  $6,3 \pm 2,4$  Bq/L, en 2003), le <sup>14</sup>C est le radionucléide le plus représenté au sein des matières en suspension, avec des niveaux d'activité, exception faite du <sup>40</sup>K, supérieurs à ceux des différents radionucléides naturels (éléments de filiation des chaînes U/Th). On estime que 30 à 50% du <sup>14</sup>C dans les eaux du Rhône aval auraient une origine anthropique.

En termes de flux, les échantillonnages à haute fréquence réalisés au niveau de la Station Observatoire du Rhône en Arles (station SORA) permettent enfin de montrer qu'à l'échelle annuelle les bilans entre les quantités introduites dans le fleuve par les industries et les quantités exportées vers la mer sont globalement équilibrés. Dans le cas du <sup>137</sup>Cs, les mesures enregistrées dans les matières en suspension du Rhône aval montrent que les activités sont toujours en 2013 principalement expliquées par les rejets liquides du centre de Marcoule, même si une proportion de plus en plus importante (10 à 30% en 2012) trouve une origine dans les apports du bassin versant à l'instar du début des années 2000 (Figure 2).

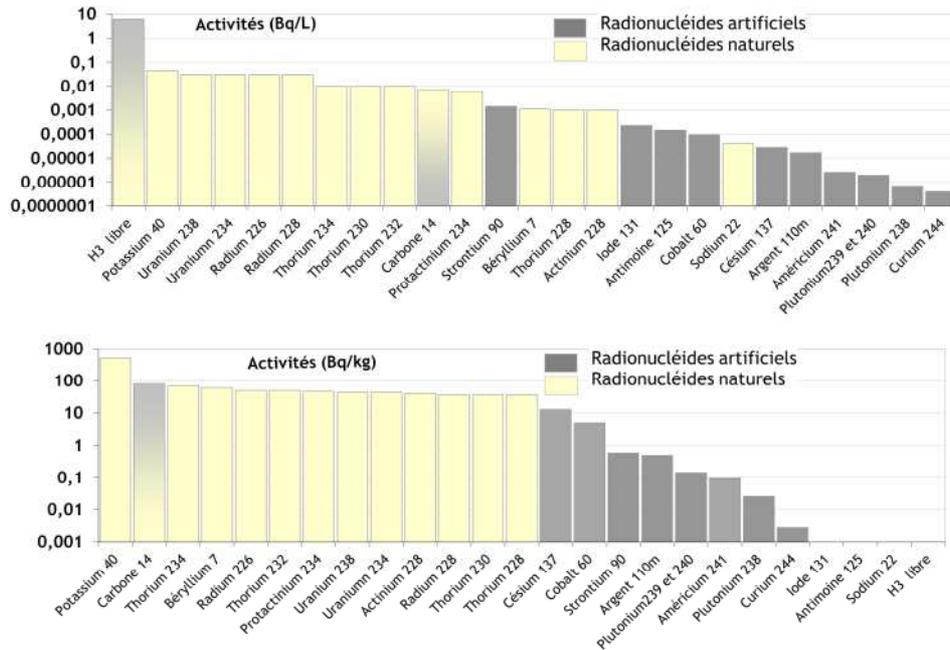


Figure 1 : Niveaux d'activité des principaux radionucléides naturels et artificiels détectés en 2013 dans l'eau filtrée (Bq/L) du Rhône aval (en haut), et dans les matières en suspension du Rhône aval (en bas); Station SORA ; le tritium, l'iode 131, l'antimoine 125 et le sodium 22 sont des éléments qui ne s'associent quasiment pas aux particules (d'après Eyrolle-Boyer et al., 2014).

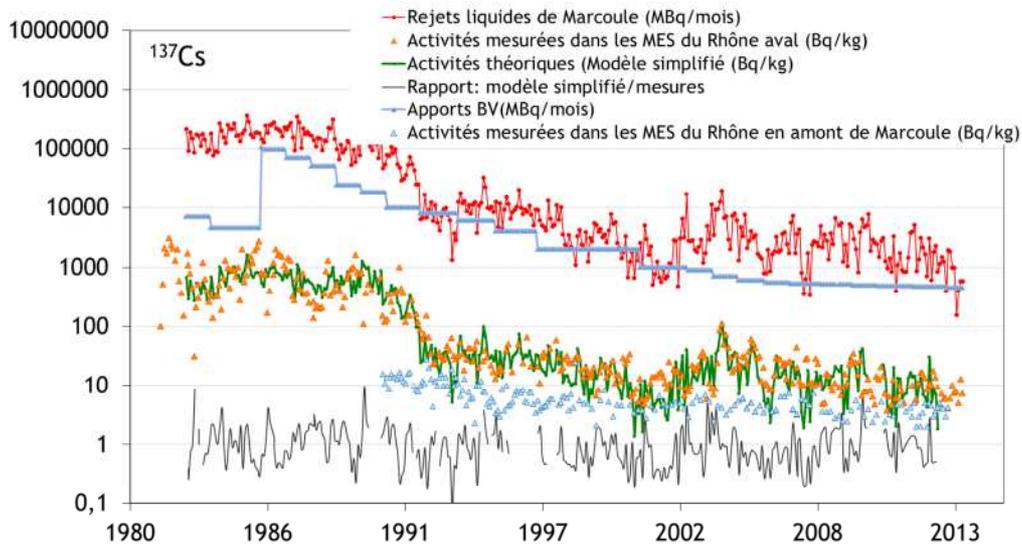


Figure 2 : Chroniques des rejets liquides en  $^{137}\text{Cs}$  de Marcoule et des activités en  $^{137}\text{Cs}$  mesurées pour les MES du Rhône aval. Activités théoriques attendues dans le Rhône aval (modèle simplifié) et rapport activités calculées / activités mesurées (modèle simplifié/mesures). Chroniques des apports en  $^{137}\text{Cs}$  du bassin versant et des activités mesurées en amont de Marcoule (d'après Eyrolle-Boyer et al., sous presse).

#### Références :

EYROLLE-BOYER F., RENAUD P., LE DORE F., TOURNIEUX D., CLAVAL D., BLANCHET J. F., ANTONELLI C., ZBRACKI M., COSSONNET C., BOULET B., Cagnat X., DEVISME A. and GURRIARAN R., 2014, Caractéristiques radiologiques des canaux de transport d'eau – Exemple du réseau hydraulique régional Languedoc Roussillon, Radioprotection, 49, 2, 123-134.

EYROLLE-BOYER F., ANTONELLI C., RENAUD Ph., TOURNIEUX D., 2014, Origins and trend of radionuclides within the Rhône River over the last decades, Radioprotection, sous presse.