

DECONTAMINATION BIOLOGIQUE DE RADIONUCLÉIDES DANS LES EFFLUENTS LIQUIDES PAR DES MICROALGUES RADIORESISTANTES

Corinne RIVASSEAU¹, Diane de GOUVION SAINT CYR^{1,2}, Marina GROMOVA¹,
Ariane ATTEIA³, Christelle WISNIEWSKY⁴, Luc SCHRIVE⁵, Emmanuel FARHI²

¹CEA

17 rue des Martyrs, 38000 Grenoble

²Institut Laue Langevin

71 rue des Martyrs, 38000 Grenoble

³CNRS

31 chemin J. Aiguier, 13000 Marseille

⁴CNRS

15 avenue C. Flahault, 34000 Montpellier

⁵CEA

30200 Bagnols sur Cèze

Email : corinne.rivasseau@cea.fr

Les technologies de l'énergie nucléaire génèrent des radionucléides parmi lesquels le tritium, le carbone 14 et des métaux radioactifs. Elles nécessitent des procédés pour décontaminer les radionucléides à l'intérieur des installations elles-mêmes et dans les effluents liquides et gazeux rejetés dans l'environnement. Les procédés de traitement utilisés fréquemment pour les effluents liquides sont basés sur les méthodes physico-chimiques, incluant l'évaporation, la séparation liquide / solide par filtration, centrifugation ou décantation, éventuellement associée à un processus de précipitation chimique / floculation, l'osmose inverse, l'ultrafiltration, la sorption et l'échange d'ions^{1,2}. Ces méthodes sont efficaces et robustes; cependant, elles n'éliminent pas complètement certains radionucléides tels que le carbone-14 et, appliquées au traitement d'échantillons environnementaux, généreraient des volumes importants de déchets secondaires. Les technologies alternatives sont nécessaires pour réduire les rejets radioactifs dans les effluents aqueux ou pour décontaminer des eaux contaminées accidentellement.

Les technologies de remédiation biologiques, basées sur des organismes vivants ou sur des extraits d'organismes, sont déjà utilisées dans de nombreuses applications industrielles et offrent souvent des avantages en termes d'efficacité, de coût et d'impact environnemental par rapport aux technologies conventionnelles³. Elles peuvent également constituer une alternative intéressante pour décontaminer des effluents liquides radioactifs. Cependant, très peu de biotechnologies ont été proposées dans le domaine nucléaire. Pour une performance maximale de décontamination, ces technologies nécessiteraient des organismes qui accumulent les radionucléides tout en résistant à leur toxicité chimique et radiologique. Les plupart des organismes résistants à l'irradiation décrits jusqu'ici sont des procaryotes, y compris la bactérie *Deinococcus radiodurans*. Mais cette dernière nécessite des modifications génétiques pour acquérir une résistance aux métaux toxiques et des capacités de remédiation⁴.

Nous avons récemment isolé d'une installation nucléaire une nouvelle micro-algue verte qui combine les deux propriétés. Cet organisme extremophile, *Coccomyxa actinabiotis*, résiste à des doses énormes de rayonnements ionisants, jusqu'à 20 000 Gy⁽⁵⁾. La moitié de la population survit à 10.000 Gy⁽⁶⁾, ce qui est exceptionnel pour un eucaryote. Ces doses n'affectent guère le métabolisme cellulaire de la microalgue.

En outre, cette micro-algue accumule très efficacement et rapidement la plupart des radionucléides métalliques contenus dans les effluents nucléaires, y compris ^{238}U , le ^{137}Cs , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, le ^{60}Co , le ^{54}Mn et le ^{65}Zn avec des facteurs de concentration compris entre 450000 et 200⁽⁵⁾. Elle fixe également, par l'intermédiaire de processus métaboliques, des formes organiques et minérales du ^{14}C qui est, avec le tritium, le principal radionucléide présent dans les effluents issus des installations nucléaires. Plus de 85% du $^{14}\text{CO}_2$ peut être décontaminé en quelques heures.

Cette algue est une excellente candidate pour de nouvelles méthodes biotechnologiques de remédiation d'eaux industrielles ou environnementales contaminées par des radionucléides. Nous avons caractérisé ses propriétés d'accumulation et comparé son efficacité de décontamination à celle du traitement physico-chimique utilisé habituellement, sur la base d'expériences de décontamination réalisées à l'échelle du laboratoire et à l'échelle réelle dans une piscine d'installation nucléaire. Le volume de déchets ultimes généré a été évalué. La faisabilité du procédé a été démontrée à la fois pour la décontamination *in situ* des eaux et pour le traitement déporté d'effluents réalisé à l'échelle pilote de laboratoire. Ces technologies à base d'algues pourraient être utilisées à l'intérieur des installations nucléaires, où elles complèteraient les méthodes conventionnelles, au point de sortie des installations nucléaires pour réduire les émissions radioactives dans l'environnement, ou pour la décontamination d'eaux accidentellement polluées, réduisant le volume de déchets radioactifs.

Références

- ¹V.M. Efremenkov (1989) *AIEA Bulletin* 4, 37.
- ²AIEA-TECDOC-1336 (2003)
- ³I.M.M. Gillespie, J.C. Philp (2013) *Trends Biotechnol.* 31, 329.
- ⁴H. Brim *et al.* (2000) *Nat. Biotechnol.* 18, 85.
- ⁵C. Rivasseau *et al.* (2013) *Energy Environ. Sci.* 6, 1230.
- ⁶C. Rivasseau *et al.* (2011) WO2011/098979.