

### Accumulation du Cadmium par une pseudomonadacée marine : influence de certains paramètres physico-chimiques

R.L. CLEMENT, G.N. FLATAU et M.J. GAUTHIER

I.N.S.E.R.M., Unité 303 "Mer et Santé", 1 avenue Jean Lorrain, 06300 Nice (France)

L'un des aspects les plus importants des interactions entre le cadmium et les bactéries réside dans la fixation du métal par les cellules, son accumulation et sa biotransformation sous une forme plus ou moins accessible et utilisable par d'autres organismes. La souche test utilisée au cours de ce travail était une pseudomonadacée halophile, isolée d'un sédiment non pollué par les métaux (Villefranche-sur-mer, France). Cette souche sensible au cadmium (concentration minimale inhibitrice 10 mg/l, sous forme de chlorure) (1) fixait en 24 h plus de 1,5 mg de cadmium par gramme de cellules sèches, à partir d'une solution saline additionnée de 1 mg Cd(chlorure)/l (2). La quantité de métal fixée était 2 à 3 fois plus élevée en eau de mer naturelle ou en solution saline, que dans ces mêmes milieux additionnés de peptone et d'extrait de levure, ou bien en milieu organique complexe. Ceci pouvait être dû à la complexation du métal par les composants organiques de ces milieux de culture (3, 4). La quantité de cadmium fixée par cette souche dépendante du sodium était maximale dans la gamme des salinités proche de l'eau de mer naturelle (30-50 g/l). Aux salinités plus basses, la fixation était plus faible, ce qui pouvait être expliqué par une détérioration du métabolisme dû à un manque de sodium (aucune croissance n'a été observée en l'absence de cet ion) (5), ou par la présence de l'espèce toxique  $Cd^{2+}$  (6). Aux salinités plus élevées, la plus faible fixation pouvait être expliquée par la présence de  $CdCl_3^-$  et  $CdCl_2^-$  moins accessibles que la forme  $CdCl_2$  (6), prédominante en eau de mer (7). La fixation du cadmium était 5 fois plus élevée à 27°C (température de croissance optimale) qu'à 4°C. D'autre part, cette souche aérobie stricte placée en anaérobiose pendant 4 h accumulait 2 fois moins de métal, bien que n'étant pas tuée par le manque d'oxygène. La fixation du cadmium était constante pour de faibles variations de pH (0,5 pH) autour de la neutralité. De plus fortes variations induisaient des modifications dans la fixation du métal. Plusieurs substrats intermédiaires du cycle de Krebs ou donneurs d'électrons, augmentaient l'activité respiratoire de la bactérie, mais ne modifiaient pas le taux de fixation du métal.

Les paramètres physico-chimiques du milieu entraînent la modification des formes du cadmium, le rendant probablement plus ou moins accessible aux micro-organismes (8, 9). Toutefois, les variations drastiques de ces paramètres pourraient aussi induire des modifications du métabolisme des cellules et modifier ainsi l'accumulation du cadmium. Ces observations suggèrent que la fixation du cadmium par cette bactérie halophile sensible au métal était gouvernée non seulement par son état physiologique, mais aussi par les paramètres physico-chimiques du milieu.

#### Références

- Clément, R.L. 1985. Etude écophysiological de la résistance et de l'accumulation du cadmium par les bactéries hétérotrophes marine à Gram négatif. *Thèse de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes*, IIIe Section, Marseille, 68 p.
- Flatau, G.N., Clément, R.L., Mahdyoun, F., Gauthier, M.J., 1987. Répartition du cadmium dans les enveloppes cellulaires d'une bactérie marine. *Chemosphere*, 16(10-12):2623-2626.
- Ramamoorthy, S., Kushner, D.J. 1985. Binding of mercury and other heavy metals ions by microbial growth media. *Microbiol. Ecol.*, 2:162-176.
- Sterritt, R.M., Lester, J.N., 1980. Influence of bacterial growth on the forms of cadmium in defined culture media. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 24:196-203.
- Flatau, G.N., Clément, R.L., Gauthier, M.J., 1986. Influence of salinity and organic matter on cadmium accumulation by a marine pseudomonad. *Microbios Lett.*, 32:141-146.
- Hines, M.E., Jones, G.E., 1982. Microbial metal tolerance in bermuda carbonate sediments. *Appl. Environ. Microbiol.*, 44:502-505.
- Zirino, A., Yamamoto, S. 1972. A pH dependent model from the chemical speciation of copper, zinc, cadmium and lead in seawater. *Limnol. Oceanogr.*, 7:661-671.
- Titus, J.A., Pfister, R.M., 1982. Effects of pH, temperature and Eh on the uptake of cadmium by bacteria and an artificial sediment. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 28:697-704.
- Gutknecht, J., 1983. Cadmium and thallous ion permeabilities through lipid bilayer membranes. *Biochim. Biophys. Acta*, 735:185-188.

### Rôle de certaines bactéries dans la fixation du Cadmium par la Moule (*Mytilus edulis*)

G.N. FLATAU, R.L. CLEMENT et M.J. GAUTHIER

I.N.S.E.R.M., Unité 303 "Mer et Santé", 1 avenue Jean Lorrain, 06300 Nice (France)

#### Introduction :

Le cadmium, comme de nombreux éléments métalliques rejetés en mer, est capable de se lier à des substances organiques ou minérales. Ainsi complexé, ce métal peut devenir plus accessible à certains organismes comme la moule (George et Coombs, 1977) ou au contraire moins accessible à d'autres comme le barnacle (Rainbow et al., 1977). De nombreux travaux ont montré l'accumulation par les bactéries des métaux lourds, dont le cadmium (Doyle et al., 1975 ; Gauthier et Flatau, 1977 ; 1980), et le mercure (Austin et al., 1977). En modifiant la forme physico-chimique du mercure, elles peuvent augmenter son accessibilité en formant des alkylmercures plus assimilables par les animaux marins (Gavis et Fergusson, 1972 ; Fowler et al., 1978) : l'huitre *Crassostrea virginica* fixe par exemple plus de mercure en présence de *Pseudomonas* capables de le réduire ou de le fixer préalablement (Sayler et al., 1975).

Le but de ce travail était de comparer la fixation du cadmium par la moule, le métal étant apporté sous forme ionique ou préalablement incorporé par des bactéries marines (l'accumulant (S) ou l'accumulant peu (R), et d'en déduire le rôle des bactéries sur la fixation de ce métal par des organismes plus évolués.

#### Matériel et Méthodes :

La cinétique d'accumulation du cadmium par des moules a été suivie pendant une dizaine de jours. Le cadmium était fourni sous forme de chlorure (1 mg Cd/l) en présence de bactéries non préalablement cadmiées (R ou S), ou bien fixé par les mêmes souches (équivalent à 20 µg Cd/l). La charge bactérienne était identique dans toutes les expériences.

#### Résultats :

Que le cadmium ait été sous forme ionique ou sous forme fixée par les bactéries, l'accumulation a décliné dans le sens : viscères > branchies > manteau, quelle que soit la souche bactérienne utilisée. Ce résultat avait déjà été décrit par d'autres auteurs dans le cas de certains chélatants (George et Coombs, 1977).

L'accumulation du cadmium par les moules à partir du métal ionique était d'allure non exponentielle et, au bout de 10 jours de contact, elle était 5 à 9 fois moindre qu'à partir du métal préalablement fixé par les bactéries, suivant l'organe concerné (Tableau n° 1). Dans ce cas, les moules pouvaient accumuler le cadmium dissous et le cadmium progressivement fixé par les bactéries (initialement non cadmiées) rajoutées dans le milieu pour équilibrer la charge bactérienne dans les deux types d'expériences. Ceci expliquerait la plus grande accumulation chez les moules en présence de la souche (S) qui fixait plus de métal que la souche R.

Tableau n° 1. Facteur d'accumulation du cadmium par différents organes après 10 jours de contact, le métal étant sous forme "chélatée" par les bactéries, ou sous forme ionique.

Organes	Cd chélaté par les bactéries	Cd ionique
Viscères	1500	170
Branchies	500	60
Manteau	250	50

La plus grande accumulation par les moules à partir du cadmium lié aux bactéries pourrait être due à sa plus grande disponibilité et aussi à l'importante capacité des moules à filtrer l'eau environnante et à en retenir les particules en suspension comme les micro-organismes. Dans ce même cas, l'accumulation plus rapide par les moules en présence de la souche (R) pouvait être due à une fixation plus labile du métal sur la paroi cellulaire de cette bactérie.

Les résultats de ce travail suggèrent donc que les organismes marins filtreurs comme la moule peuvent avoir des réactions différentes en présence de polluants métalliques selon la microflore associée, les micro-organismes pouvant conditionner dans une certaine mesure le devenir des métaux dans la chaîne alimentaire.

#### Références :

- Austin, B., Allen, D.A., Mills, A.L. et Colwell, R.R. 1977. Numerical taxonomy of heavy-metal tolerant isolated from an estuary. *Can. J. Microbiol.*, 23:1433-1447.
- Doyle, R.J., Marshall, R.T. et Pfander, W.H. 1978. Effects of cadmium on the growth and uptake of cadmium by microorganisms. *Appl. Microbiol.*, 29:562-564.
- Fowler, S.W., Heyraud, M. et La Rosa, J. 1978. Factors affecting methyl and inorganic mercury dynamics in mussels and shrimps. *Mar. Biol. (Berlin)*, 46:267-276.
- Gauthier, M.J. et Flatau, G.N. 1977. Concentration et mode de fixation du cadmium par un vibrio marin. *C.R. Hebd. Séances Acad. Sci., Ser. D.* 285:817-820.
- Gauthier, M.J. et Flatau, G.N. 1980. Etude de l'accumulation du cadmium par une bactérie marine en fonction des conditions de culture. *Chemosphere*, 9:713-718.
- Gavis, J. et Fergusson, J.F. 1972. The cycling of mercury through the environment. *Water Res.* 6:989-1008.
- George, S.G. et Coombs, T.L. 1977. The effects of chelating agents on the uptake of cadmium by *Mytilus edulis*. *Mar. Biol. (Berlin)*, 39:261-268.
- Rainbow, P.S., Scott, A.G., Wiggins, E.A. et Jackson, R.W. 1980. Effects of chelating agents on the accumulation of cadmium by the barnacle *Semibalanus balanoides* and complexation of soluble Cd, Zn and Cu. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2:143-152.
- Sayler, G.S., Nelson, J.D. et Colwell, R.R. 1975. Role of bacteria on the bioaccumulation of mercury in the oyster *Crassostrea virginica*. *Appl. Microbiol.* 30:91-96.