

REFLEXIONS SUR LES CONCRETIONS TUBULAIRES DANS LA REGION D'AMBOHIMANDROSO

par RAMBELOSON R.*, RANDRIANASOLO A.*, and RATSIMBA G.*
Maître-assistants

Résumé :

L'étude des concrétions tubulaires dans les sédiments lacustres d'Ambohimandroso nous amène à distinguer deux étapes dans leur processus de formation :

1. Une migration géochimique différentielle du fer et du manganèse sous climat tropical humide.
2. La fixation de ces éléments autour des racines végétales par des bactéries ferro- et mangano oxydantes.

Abstract :

Tubular concretions study in the Ambohimandroso lacustral deposits shows two stages in their formation :

1. Geochemical process where Mn is carried downward further than Fe in the alterite.
2. Biological process by iron and manganese oxidizing bacteria living along roots.

I. -- INTRODUCTION

Une forme curieuse de concrétion métallique a attiré notre attention sur une coupe dans les formations sédimentaires lacustres du bassin d'Ambohimandroso.

Ces concrétions s'avèrent être des mélanges de composés oxydés de Fer et de Mn à l'analyse qualitative. Ces deux éléments présentent des cycles géochimiques analogues, et la séparation de leurs composés par des processus naturels peut conduire à la formation de gîtes d'intérêt économique de Mn.

Dans cette étude, nous allons nous intéresser à une concentration particulière de Mn sous forme de tubes, et nous essaierons de dégager le contexte géologique qui y a prévalu.

* Service de Géologie, EES Sciences, BP 906, Antananarivo.

II. — DONNÉES

II.1. — Localisation

L'affleurement se situe 2 kilomètres avant le village d'Ambohimandroso, sur la RN 7 et à 200 mètres environ après le pont signalé par un panneau de danger de mort.

coordonnées géographiques :

$$X_v = 515,75$$

$$Y_v = 732,8.$$

II.2. Données lithologiques

Il s'agit de formation lacustre récente caractérisée par des sédiments argileux qui ont subi par la suite une phase de latéritisation et de bauxitisation (*fig. 1*).

II.3. Description des concrétions tubulaires

II.3.1. Dans l'horizon bauxitique (niveau 2)

Les concrétions tubulaires prennent naissance dans l'horizon bauxitique (niveau 2). Le diamètre des tubes varie entre 1 et 1,5 centimètres, mais peut atteindre 3 centimètres.

Leur contour est irrégulier. L'épaisseur de leur paroi varie entre 1 et 3 millimètres.

Ces tubes très résistants, de couleur ocre, s'enfoncent verticalement dans l'horizon bauxitique.

II.3.2. Dans les argiles kaoliniques

A la limite entre l'horizon bauxitique et argile kaolinique, les tubes s'étranglent et se subdivisent généralement en deux autres tubes de diamètre plus faible (entre 2 et 7 mm). La paroi de ces tubes plus fins est alors lisse et régulière. Leur section est circulaire

De même couleur que les tubes de l'horizon bauxitique, ils sont moins résistants, mais suivent toujours un trajet subvertical de 60 centimètres. Ce sont ces tubes dans le niveau d'argile kaolinique que l'on remarque d'abord à l'affleurement, car d'une part, leur couleur ocre tranche sur le gris blanchâtre du niveau 3, et d'autre part, ils y sont mis en relief par une faible érosion différentielle.

Des restes de végétaux, probablement de racines, de couleur blanche sont fréquemment emprisonnés dans ces tubes du niveau 3.

II.3.3. Dans les argiles brunes (niveau 4)

Les tubes sont ici de diamètre encore plus faible (2 à 3 mm), mais ils sont dans le prolongement vertical des précédents.

De contour régulier, à section circulaire, ces tubes sont ici percés d'un trou axial inframillimétriques dans lequel, parfois, on trouve un mince filament végétal. La gaine est ici d'un noir bleuté à reflet submétallique, recouverte vers l'extérieur par une mince couche ferrugineuse ocre.

Ces tubes ont un trajet vertical de 20 centimètres et n'atteignent donc pas la base visible des argiles brunes, qui coïncide en saison humide avec le niveau piézométrique

II.4. Analyses qualitatives

Le test d'Isakov effectué sur roche totale dans les niveaux 2, 3, 4, est négatif.

Il en est de même pour les tubes des niveaux 2 et 3. Le test est positif sur les tubes du niveau 4 argile brune, lorsque l'on a pris le soin d'enlever la mince pellicule ferrugineuse externe.

Le Mn est ainsi concentré dans la partie interne des tubes du niveau 4 uniquement.

III. — HYPOTHESES SUR L'ORIGINE DE CES CONCRETIONS

III.1. Hypothèse organique

La forme et la disposition de cette forme de concrétion permettent d'écarter l'hypothèse d'une formation par des processus chimiques ou mécaniques simples (c'est-à-dire précipitation du Fe et/ou du Mn par variation de l' E^h et du pH; accumulation du Fe et du Mn par érosion lente des autres constituants de la roche-mère [5]. En effet, suivant ces deux types de processus, le Fe et le Mn se concentrent sous forme de Pisolithes, Nodules ou tablettes.

La forme tubulaire de nos concrétions, leur disposition verticale et surtout la présence de restes végétaux en leur intérieur (niveaux 3 et 4), indiquent clairement leur formation par des processus organiques.

Nous pensons que ces concrétions tubulaires sont le fait de bactéries telles que celles appartenant à l'ordre des *Chlamydobacterales* ou des *Hypomicrobiales*. Ce sont des bactéries manganophiles que l'on a réussi à identifier parmi d'autres, cf. TYLER et MARSHALL 1967 [fide TRUDINGER (8)] dans les milieux lacustres.

L'action des bactéries sur la précipitation du Fe et du Mn est actuellement bien connue. L'on a de plus en plus tendance à penser que les gîtes même d'intérêt économique de Fe et de Mn, autrefois considérés comme tirant leur origine de processus purement chimiques et mécaniques, seraient le fait de processus biochimiques, ne serait-ce que d'une façon indirecte [8].

III.2. Processus de formation des concrétions

Nous pensons que ces bactéries citées plus haut, ont colonisé les racines de végétaux. Elles ont fixé par oxydation le Fe et/ou le Mn tout autour des racines colonisées.

Les Chlamydo-bactériales et les Hypomicrobiales sont capables d'oxyder à la fois le Mn et le Fe. Aussi n'est-il pas nécessaire d'invoquer des bactéries de nature différente pour expliquer que dans certains cas, les tubes sont ferrifères et que dans d'autres, ils sont manganifères.

La structure des tubes dans le niveau 4, avec une gaine interne relativement épaisse de Mn et une pellicule externe de fer, indique clairement que les bactéries oxydent le Mn en premier lieu et ensuite le Fe. Cette succession dans les oxydations de ces deux éléments est ainsi l'inverse de ce qui se passe en l'absence de bactéries. En effet, on sait que dans les mêmes conditions de concentration et de pH et en l'absence de bactérie, le Fe s'oxyde avant le Mn (fig. 2). La capacité d'auto-oxydation du Fe est plus grande que celle du Mn. Or, l'auto-oxydation des éléments gêne l'activité des bactéries qui par conséquent oxydent d'abord le Mn. Le fait que dans le niveau 4 la gaine de Mn est entourée d'une pellicule de Fe d'une part, et l'absence de Mn dans ces argiles brunes d'autre part, indiquent que tout le Mn a été épuisé, fixé autour des racines. Une fois le Mn épuisé, les bactéries ont alors oxydé le fer.

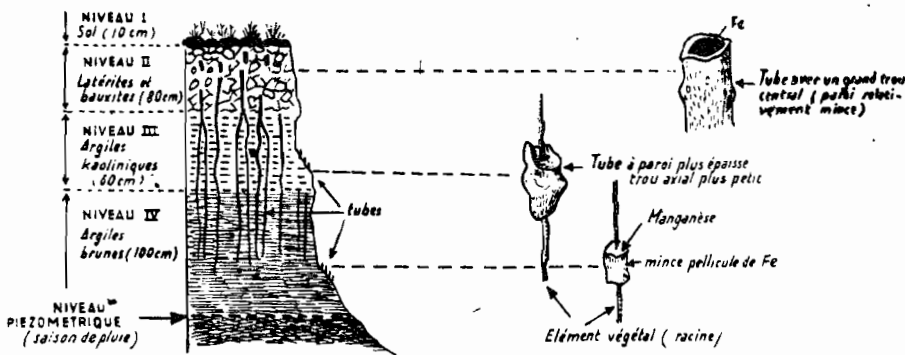
Dans les niveaux 2 et 3, il n'y avait pas de Mn, et les bactéries n'ont pu oxyder que le Fe présent.

III.3. Comportement du fer et du manganèse avant la formation des concrétions

Cette dernière constatation implique la séparation du fer du manganèse avant la formation des concrétions tubulaires, à partir d'un dépôt argileux où ces deux éléments coexistaient.

- Le fer : compte tenu de son oxydation sous pH faible, une partie du fer est déjà fixée dans le futur horizon bauxitique alors que l'autre partie s'oxyde au fur et à mesure de sa migration vers les niveaux kaoliniques puis des argiles brunes inférieures et cela à cause de l'augmentation du pH.
- Le manganèse : de son côté, le manganèse ne s'oxyde en quantité notable que lorsque le pH est relativement élevé. C'est ce qui explique sa plus grande migration et sa plus grande concentration seulement dans le niveau à argile brune (fig. 2).

Mais pour que ce fer et ce manganèse (dans les niveaux 3) puissent être utilisés par les bactéries, il faut nécessairement qu'ils soient de nouveau réduits. Il faut donc invoquer par exemple une eau d'infiltration suffisamment acide et réductrice : apport de composés chimiques acides et chargés en CO_2 . Ces facteurs se trouvent réunis sous le climat tropical humide qui règne dans la région.



Coupe schématique de l'affleurement au niveau du talus de route

Concrétions tubulaires correspondant à chaque niveau
(grandeur réelle)

Figure 1

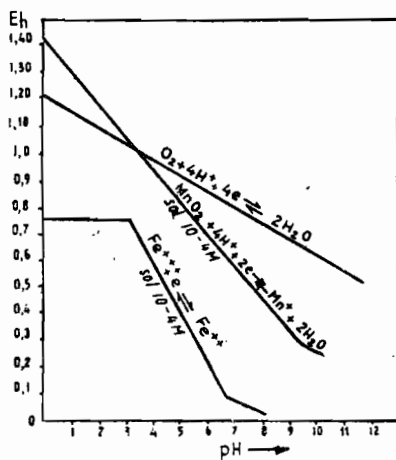
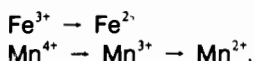


Figure 2

Diagramme pH-Eh de l'oxydation du Fe et du manganèse

D'après H. MARCHANDISE - 1956 [7]



De nouveau, après cette réduction, il y a oxydation du fer et du manganèse sous l'action des bactéries.

IV. — HISTOIRE GEOLOGIQUE DU BASSIN LACUSTRE D'AMBOHI-MANDROSO, A LA LUMIERE DE CES HYPOTHESES

Nous ferons cet aperçu historique sous forme de schéma, établi dans un ordre chronologique :

1° Dépôt de Fe et de Mn au fond d'un lac, avec très probablement un enrichissement en Mn par rapport aux roches-mères. En effet, les eaux de ruissellement sont plus riches en Mn que les roches-mères [9]. Ces eaux de ruissellement déposent leur contenu en Mn et en Fe dans les eaux fraîches des lacs.

2° Phase d'exondation et altération latéritique [9] des dépôts précédents. A cette phase correspond la séparation chimique du Mn et du Fe et leur fixation dans leurs niveaux respectifs (Fe en haut, Mn en bas). Le climat est tropical humide.

3° Croissance de végétaux et colonisation de leurs racines par des bactéries de l'ordre des Chlamydo bactériales et/ou des Hypomicrobiales, capables d'oxyder aussi bien le Fe que le Mn. Formation des concrétions tubulaires.

V. — ORIGINE DU Mn

Le manganèse à Madagascar

Jusqu'à l'heure actuelle, on n'a pas encore démontré de gisement d'intérêt économique de Mn à Madagascar. Les gîtes les plus importants se situent dans le Sud, dans la région d'Ampanihy-Bekily. Ils s'y présentent en lentilles « interstratifiées » dans les formations précambriennes [2], [1]. Le manganèse dans ces gîtes se présente sous la forme de minéraux silicatés (Rhodonite, spessartite) qui dérivent très probablement du métamorphisme de Mn sédimentaire [6].

P. BRENON (1949) a signalé du manganèse dans les carapaces latéritiques de la région du lac Alaotra [3].

Des indices de Mn ont été trouvés dans la région du massif de l'Ankaratra, et cela est très intéressant pour déterminer l'origine la plus probable du Mn dans les concrétions tubulaires :

Ces indices sont de deux types :

1° Remplissage manganifère des fractures dans les roches basaltiques :

Manalalondo-Arivotimamo [2].

Antsolifara, au sud d'Antsirabe [4].

2° Roches manganifères en lentilles dans les gneiss khondalitiqes du système du Graphite :

Belambo, SE Ambatolampy [1].

VI. — CONCLUSION

L'étude de ces concrétions tubulaires est présentée ici comme une contribution aux idées actuellement avancées sur l'action des bactéries sur les dépôts de Mn et de Fe.

La séparation de ces deux éléments s'est effectuée, en deux étapes :

- Séparations chimiques, sous climat tropical humide sous l'action des variations du potentiel d'oxydo-réduction et du pH.
- Séparation biochimique sous l'action des bactéries, complétant la séparation précédente.

Ce dépôt de Mn ne présente pas d'intérêt économique. Il n'est cependant pas dit que des dépôts plus intéressants n'existent pas dans ces chapelets de bassins lacustres entre Ambatolampy, Antsirabe et Faratsiho, c'est-à-dire à l'est et au sud du massif de l'Ankaratra.

Dans cette région, en effet, des indices de Mn ont été trouvés soit dans les formations volcaniques, soit dans le socle. D'autre part, l'altération latéritique y a été plus poussée que dans le Sud de l'île, et par conséquent, la mobilisation du Mn est plus complète. Enfin ces lacs peuvent avoir constitué des réservoirs d'eau fraîche capable de précipiter le Mn.

BIBLIOGRAPHIE

1. BESAIRIE (H.) (1966). — *Gîtes minéraux de Madagascar*. Ann. Géol. Mad., Fascicule n° XXIV — Imprimerie Nationale — Tananarive.
2. BOULANGER (J.) (1955). — *Le Manganèse à Madagascar*. Doc. Bur. Géol., A 113.
3. BRENON (P.) (1949). — *Etude géologique de la feuille Lac Alaotra*. TBG n° 8, 1949.
4. LACROIX (A.) (1921-1923). — *Minéralogie de Madagascar*. A. Challamel, Editeur, Paris.
5. LELONG et Al. (1976). — *Pedogenesis, chemical weathering and processes of formation of some supergene ore deposits*. In handbook of strata-bound and stratiform ore deposits. Vol. 3. KH. Wolf. Edit. Elsevier Scientific Publishing Company 1976.
7. ROUTHIER (P.) (1963). — *Les gisements métallifères*. Masson et C^e.
8. TRUDINGER (P.-A.) (1976). — *Microbiological processes in relation to ore genesis*. In handbook of strata-bound and stratiform ore deposits, vol. 2. KH. Wolf. Edit. Elsevier Scientific Publishing Company 1976.
9. WOPFENER (H.) and SCHWARZBACH (1976). — *Ore deposits in the light of Palaeoclimatology*. In handbook of strata-bound and stratiform ore deposits, vol. 2. KH. Wolf Edit. Elsevier Scientific Publishing Company, 1976.