



RESUME DE THESE

« Pollution environnementale par le cyanure et potentialités de la bioremédiation dans des zones d'extraction aurifères en Afrique Sub-Saharienne : cas du Burkina Faso »

Présenté par Lovasoa Christine RAZANAMAHANDRY, Doctorante au LEDES (2iE)

Résumé

L'extraction artisanale d'or au Burkina Faso a contribué au développement économique et social du pays malgré ses caractères illégaux. Cependant, les techniques rudimentaires des activités de l'orpaillage génèrent une dégradation considérable de l'environnement à travers des pratiques inappropriées et l'utilisation de divers produits chimiques parmi lesquels le cyanure. Actuellement, le niveau réel de la contamination en cyanure reste méconnu. Une recherche dans ce cadre a été initiée au niveau des sites d'orpaillages de Zougnazagmiline et de Galgouli qui se trouvent respectivement dans la partie Nord et Sud du Burkina Faso. L'objectif de cette recherche est de contribuer à une exploitation aurifère responsable pour la protection contre les effets néfastes du cyanure sur l'environnement et sur la santé humaine.

L'état actuel de la pollution en cyanure a été étudié et suivi en dosant les cyanures libre (CNL) et total (CNT) présents dans des échantillons d'eaux et de sols. Les ressources en eaux et sols dans les deux sites d'orpaillage sont contaminées avec des concentrations dépassant jusqu'à 40 fois la valeur guide de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) appliquée au Burkina Faso, qui est de $70 \mu\text{g L}^{-1}$ pour le cyanure libre dans l'eau de boisson, $0,5 \text{ mg Kg}^{-1}$ pour le cyanure libre dans le sol agricole. L'étude de la dynamique a montré que le cyanure est très mobile durant la saison sèche (SS) et la saison pluvieuse (SP). En plus de l'endroit source de la pollution constitué de la zone de cyanuration, il se retrouve également dans des zones éloignées tels que l'exutoire du bassin versant, la zone de fonçage et s'infiltré jusqu'à une dizaine de mètre de profondeur du sol. En effet le type de sol et sa conductivité influent la distribution spatiale du cyanure. Cette contamination a été modélisée à l'aide d'une carte de risque en tenant compte des facteurs environnementaux. Cette carte forme les zones cibles pour une possible application de la bioremédiation. Mais avant d'appliquer sur le terrain cette technologie, des Bactéries locales Dégradeurs de Cyanure (BDC) ont été isolées à l'échelle de laboratoire suite à des ensemencements des échantillons pollués dans un milieu sélectif. Le consortium des bactéries indigènes isolé des deux sites d'orpaillage a la capacité de dégrader les cyanures à l'échelle de laboratoire avec un taux d'abattement de 99 % pendant 24 h pour le cyanure libre (CNL) et pendant 120 h pour le cyanure total (CNT). Cette biodégradation a été associée à une production d'ammonium (NH_4^+). La potentialité de ce consortium des bactéries utilisé est caractérisée par leur capacité de se développer dans des conditions variées de pH (neutre, acide et base) en présence ou non des nutriments à part les cyanures. Par ces caractéristiques, ce consortium des bactéries pourrait s'adapter facilement au niveau de l'environnement pour son application future dans la décontamination des eaux et de sol pollués par le cyanure dont son degré de pollution sera facilement prédit pour les années avenir à partir du modèle établi. De plus, des nouvelles espèces indigènes capables de dégrader le cyanure ont été identifiées dans ce consortium tel que l'espèce *Providencia sp. Strain BAB-6345*, *Providencia stuartii Strain Bp-40* et l'espèce *Citrobacter sedlakii strain D5*.

Mots clés : Cyanure, Orpaillage, Pollution environnementale, Bioremédiation, Burkina Faso,

Abstract

Artisanal small scale gold mining (ASGM) in Burkina Faso has contributed to the economical and societal development of this country, in spite of its unlawful characteristics. Nevertheless, rudimentary tools and technics were used in ASGM activity that induces a highly environmental degradation throughout the inappropriate aspect of the activity and the use of the hazardous chemical compounds as cyanide. Lack of knowledge of the actual level of cyanide contamination in water and soil in Burkina Faso was observed. Two ASGM sites that are Zougnazagmiline and Galgouli located in Northern and Southern part of Burkina Faso respectively have been chosen for conducting a research about cyanide for the first time.

The purpose of this study is to make an ASGM extraction responsible for protecting against the cyanide impacts on the environment and the human health. The actual level of cyanide pollution was studied and monitored by measuring two (02) cyanide forms as the free cyanide (CNL) and the total cyanide (CNT) present in the water and soils samples. Water and soil resources in the two sites were contaminated with a maximum concentration higher than the guides values established by the World Health Organization with a value about 40 times. These values that applied in Burkina Faso are $70 \mu\text{g L}^{-1}$ for free cyanide in drinking water, 0.5 mg Kg^{-1} for free cyanide in agricultural soil. Cyanides are very mobile during the dry (SS) and wet season (SP). Aside the pollutant source zone formed by the cyanidation area cyanides were detected in other area far away as the catchment outlet and the sinking area and accumulated in the soil depth. Cyanide pollution has been modeled by using a map risk that includes the environmental factors influencing its spatial distribution. These areas will form the places where water and soil bioremediation technology will be applied in the field. It was shown that the spatial distribution of cyanide was solely controlled by the soil type in Zougnazagmiline and both the soil type and conductivity in Galgouli. Before the field application of bioremediation technology, the cyanide degrading bacteria (BDC) that present in polluted samples were isolated in a selective medium in the laboratory scale. The isolated BDC species had degraded 99 % of the CNL and CNT within 24 h and 120 h, respectively with bacterial growth and ammonium production. The potentiality of these BDC that used is characterised by their capacity to develop under pH variation conditions (neutral, acidic and basic) and with or without nutrient aside the cyanide. Because the bacteria have a large range condition for surviving, they will easily adapt to the environment. It will be an advantage for using these bacteria in the future application for decontaminating water and soil polluted by cyanide. In addition, by the established model, the cyanide pollution will be easily modelled for the future years. Moreover, news indigenous species that able to degrade cyanide were identified as the *Providencia sp. Strain BAB-6345*, *Providencia stuartii Strain Bp-40* and *Citrobacter sedlakii strain D5*.

Keywords: Cyanide, Artisanal small scale gold mining, Environmental pollution, Bioremediation, Burkina Faso.