

Monitoring de la pollution des eaux souterraines et des sols dans une zone industrielle avec des méthodes géophysiques

Gaetano RANIERI ⁽¹⁾, Manuela BARBIERI ⁽¹⁾, Giulio BARBIERI ⁽¹⁾, Albert CASAS ⁽²⁾✉

(1) Dipartimento di Ingegneria del Territorio, Università di Cagliari, granieri@unica.it

(2) Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Universitat de Barcelona

Abstract

The study has been carried out in the coastal plain of Portovesme Industrial Area (SW Sardinia, Italy) where the soils and aquifers laying in the quaternary sand deposits over the miocenic vulcanites are polluted in different ways by waste landfills, by discharge liquors and the losses of liquids of the plants using the Bayer process to produce alumina. Groundwater levels, pH and electric conductivity has been systematically measured in a monitoring set: the high pH and conductivity values pointed out wide and intense pollution phenomena both in the phreatic and in the underlying aquifer. Moreover a set of FEM and TDEM soundings and of electric resistivity and IP tomographies have been carried out. The results, compared also with the hydrogeological ones, show very clearly the pollutant plumes in two aquifers. Therefore the geophysical methods have been suitable to identify soils and groundwater pollution phenomena, even with the presence of intense electromagnetic noise.

Résumé

L'étude a été conduite dans la plaine côtière de la zone industrielle de Portovesme, au sud de l'agglomération de Portoscuso (Sardaigne sud-occidentale, Italie), où les nappes aquifères dans les dépôts sableux quaternaires au-dessus des vulcanites du Miocène sont différemment pollués par la décharge des ordures et par des rejets liquides des processus industriels qui avaient lieu sur ce site à partir du début des années 70.

La zone des mesures intéresse principalement les terrains et les nappes d'eau au-dessous des installations d'une société qui a produit de l'alumine à partir de la bauxite en utilisant le processus Bayer.

Des mesures de niveau piézométrique, de pH et de conductivité électrique ont été systématiquement effectuées suivant un maillage de contrôle sur les eaux prélevés dans les puits, afin d'en étudier les variations temporelles.

Les mesures élevées de la concentration en pH et de la conductivité électrique relevées montrent clairement que les nappes superficielle et profonde (jusqu'au substratum volcanique) sont désormais fortement contaminée.

Des sondages électromagnétiques dans le domaine fréquentielle (FEM-34) et dans le domaine temporelle (TEM-FAST), de la tomographie de résistivité électrique et de polarisation provoquée ont été conduites dans toute la zone industrielle.

Les résultats obtenus, comparés aux mesures hydrogéologiques, ont montré que les méthodes géophysiques choisies sont appropriées pour caractériser les phénomènes de pollution dans les sols et dans les eaux souterraines, même si les données sont fortement bruitées.

En particulier avec les sondages électromagnétiques, on a reconstruit les panaches de pollution à différentes profondeurs dans les deux aquifères ; et avec la tomographie électrique on a déterminé le degré de contamination des sols.

Site étudié

La zone étudiée est située dans la plaine de Portovesme (Sardaigne sud-occidentale), où à partir du début des années 70, plusieurs industries chimiques, sidérurgiques et électriques ont été actives (Figure 1). Actuellement, des phénomènes de pollution de l'air, des sols et des eaux y sont considérables et étendues. Toute la zone a été déclaré « zone à risque ambiant élevé ».

Géologiquement la zone est constituée par un complexe volcanique du cénozoïque, des dépôts sableux quaternaires et des couches récentes.

Dans la zone deux aquifères sableux superposés sont présents ; ils sont séparés par un niveau argileux continu de 1-2 m d'épaisseur : le premier héberge une nappe libre, le deuxième une nappe captive. Tous les deux sont différemment pollués par les polluants industriels. Au-dessous, à une profondeur d'environ 100 m, la formation volcanique, fortement fracturée constitue un autre système aquifère, qui n'est pas pollué actuellement. Plus de cent puits accèdent à l'ensemble des aquifères.

Les polluants présents dans les eaux souterraines et dans les sols sont des métaux lourds, de la soude caustique issue du processus Bayer, et du chlore qui provient des pertes probables des conduites d'eaux de refroidissement des différentes installations.

Prospection géophysique

Dans le but de connaître l'extension de la pollution dans les deux aquifères et de quelle phase du processus de production d'alumine dérive la pollution, des prospections géophysiques régulièrement réparties ont été mises en œuvre dans un établissement industriel qui utilise le processus Bayer. Ces prospections ont consistés à :

- (i) 120 sondages FEM en utilisant l'appareil EM-34 (Geonics) avec trois espacements inter-bobines (10, 20 et 40 m), dans les deux configurations (bobines coplanaires horizontales et verticales) ;
- (ii) une série de 10 sondages TDEM avec le TEM-FAST (AEMR) et une boucle coïncidente de 25 m de côté ;
- (iii) 3 tomographies de résistivité et de polarisation provoquée, avec l'appareil Syscal (Iris Instruments).

Les résultats de ces données géophysiques sont comparés avec les données des analyses chimiques et de conductivité électrique dans les puits (Figures 2a et 2b). La figure 3 présente les résultats des tomographies électriques, qui atteignent une profondeur d'investigation de 5 m.

Bibliographie

- Barbieri G., Ghiglieri G., 1996. Proposta di interventi per il disinquinamento degli acquiferi sabbiosi del polo industriale di Portovesme (Sardegna SW). *Atti del 5° Convegno Nazionale dei Giovani Ricercatori di Geologia Applicata*, Cagliari, 179-185.
- Barbieri G., Ghiglieri G., 1998. Inquinamento degli acquiferi sabbiosi nell'area industriale di Portovesme (Sardegna SW). *Atti delle Giornate di Studio sull'Inquinamento da Metalli e Possibilità di Risanamento*, Cagliari, Atti della Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Cagliari, 27-35.

Mc Neill J.D., 1980. *Electromagnetic terrain conductivity measurement at low induction numbers*. Geonics limited, Technical Note TN-6, October.

Ranieri G., 2000. Tem-fast : a useful tool for hydro-geologists and environmental engineers. *Annali di Geofisica*, 43, 6, 1147-1158.

Reynolds J.M., 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. Wiley.

Telford W.M., Geldart L.P., Sheriff R.E., 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press.



Figure 1 : Zone industrielle de Portovesme

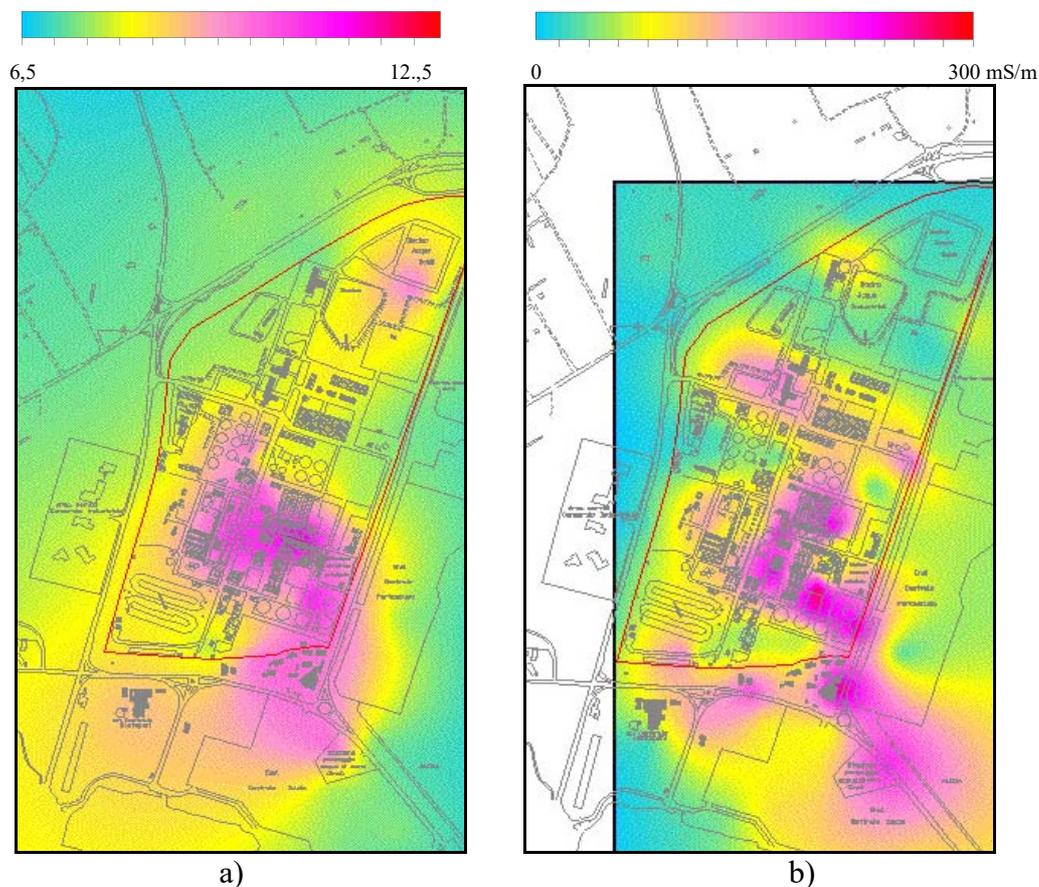


Figure 2 a) Carte du pH pour le 1^{er} aquifère, b) Carte de la conductivité à la profondeur du 1^{er} aquifère.

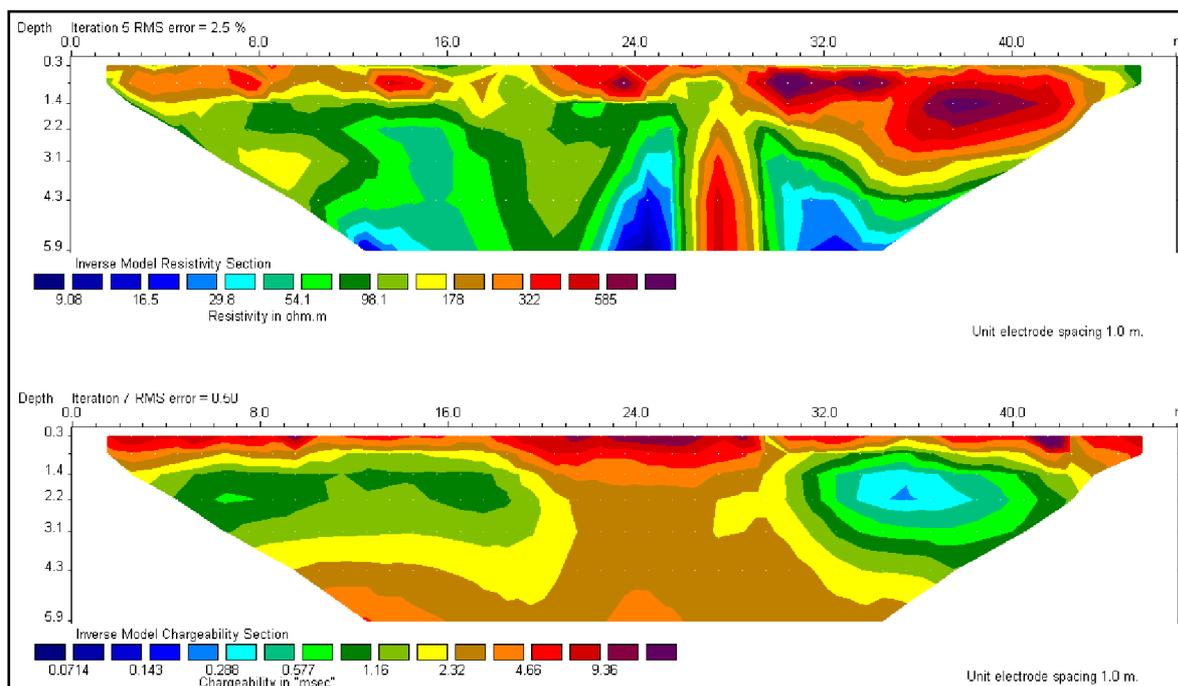


Figure 3 : Tomographie de résistivité et de polarisation provoquée jusqu'à la profondeur de 5 m.