

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - USP
- BIBLIOTECA -
COLLOQUE INTERNATIONAL
INTERNATIONAL SYMPOSIUM

ORLEANS 7-10 JUIN 1988

HYDROGÉOLOGIE ET SÛRETÉ DES DÉPÔTS DE DÉCHETS RADIOACTIFS ET INDUSTRIELS TOXIQUES

HYDROGEOLOGY AND SAFETY OF RADIOACTIVE AND INDUSTRIAL HAZARDOUS WASTE DISPOSAL

Vol. 1 : Communications

Instituto de Geociências



Documents du BRGM

n.160(1988)

Association internationale des hydrogéologues
International Association of Hydrogeologists

Documents du B.R.G.M. n° 160



Avenue de Concyr
45060 ORLÉANS CEDEX 2
FRANCE - Tél. 38.64.30.28

Quelques exemples d'études de pollution du sous-sol au Brésil*

Some examples of underground pollution studies in Brazil

Aldo da C. Reboucas**, Nelson Ellert**

* Support financier - FINEP/PADCT, FAPESP

** Centro de Pesquisas de Aguas Subterraneas - CEPAS - Instituto de Geociencias - Universidade de Sao Paulo

Résumé : La cartographie des dépôts de déchets dangereux toxiques et autres est l'un des objectifs majeurs des études hydrogéologiques menées par le "Centro de Pesquisas de Aguas Subterrâneas" (CEPAS) Université de Sao Paulo, Brésil.

Il s'agit de dépôts de résidus solides organochlorés (tétrachlorure de carbone, pentachlorophénol, hexachlorobenzène, tétrachloréthylène), d'infiltration de rejets liquides de l'industrie d'alcool, de fuites de solvants tels que xilène, toluène, benzène, de décharge contrôlée de déchets domestiques, de fuites de "pipelines" de produits du pétrole et/ou d'accidents de transports.

Abstract : Mapping dumps of dangerous toxic wastes and other types of wastes is one of the major objectives of hydrogeological studies carried out by the "Centro de Pesquisas de Aguas Subterrâneas" (CEPAS) of the University of Sao Paulo, Brazil.

This involves dumps of solid organochlorine residues (carbon tetrachloride, pentachlorophenol, hexachlorobenzene, tetrachloroethylene), percolation of liquid waste from the alcohol industry, leaks of solvent such as xilene, toluene, benzene, controled dumping of domestic waste, leaks in oil pipelines and transportation accidents.

INTRODUCTION

L'inventaire des dépôts de déchets dangereux toxiques et autres, ainsi que la qualification des sites industriels est aujourd'hui l'un des objectifs majeurs des études menées par le Centro de Pesquisas de Aguas Subterraneas-CEPAS-Université de Sao Paulo-Brésil. L'ampleur des pollutions déjà détectées en différentes conditions hydrogéologiques rend souhaitable des échanges de connaissances en cette matière.

On considère que les problèmes les plus importants, du point de vue de l'environnement, sont les conflits entre les intérêts économiques à court terme d'une minorité de la population (10 %) qui détient près de 90 % de la richesse, et les conséquences des pollutions du sous-sol qui doivent être considérées à long terme.

I - INSTRUMENTS D'ACTION

La loi relative à la protection de l'environnement, promulguée le 1er juin 1983, précise que l'eau, avec le sous-sol auquel elle est liée, fait partie des ressources qu'il convient de protéger contre toutes les causes de dégradation. L'étude de ces impacts (Estudo de Impacto Ambiental-EIA) doit faire le diagnostic de l'état de l'environnement en général, y compris le sous-sol et les eaux souterraines, et de leur vulnérabilité aux aménagements projetés. Ensuite, le rapport d'impact sur l'environnement (Relatorio de Impacto Ambiental-RIMA) doit apporter des prescriptions concrètes pour une protection de la nature et de l'environnement, afin que toutes les causes de dégradation soient bien analysées et que les moyens de réparation soient définis préalablement à tout projet et tous travaux d'aménagement.

Les perturbations déjà créées par les aménagements entrepris impliquent des mesures à envisager pour supprimer, réduire et si possible compenser les éventuelles conséquences dommageables pour l'environnement.

2 - EVALUATION QUANTITATIVE DES IMPACTS

Les techniques de simulation des écoulements permettent désormais de prévoir les impacts des aménagements sur les eaux souterraines et d'analyser les préjudices qui peuvent en résulter.

Il importe au préalable de bien connaître le milieu aquifère, sa géométrie, ses conditions aux limites, ses caractéristiques physiques, toutes ces données étant acquises à la suite d'études hydrogéologiques, géophysiques et géochimiques d'où se déduisent les mécanismes physiques et chimiques de transport et/ou de diffusion des polluants.

Les applications de ces méthodes ont été particulièrement efficaces pour la cartographie des dépôts de déchets toxiques.

3 - QUELQUES CAS ETUDIES

Compte-tenu de l'importance des problèmes, on présente ensuite quelques cas déjà étudiés.

3.1 - QUALIFICATION DE SITES INDUSTRIELS

Les soucis contemporains sur l'environnement conduisent à considérer la "santé" du sous-sol comme un aspect très important dans les négociations commerciales. C'est ainsi que la connaissance préalable de cet héritage a été prise en compte dans des négociations entre des industries chimiques.

Même dans des complexes relativement modernes, on a pu détecter, par l'exécution de forages à tarière et des analyses d'échantillons de sols et des eaux, des points contaminés par des produits toxiques tels que : xilène, toluène, benzène, etc... Dans ce cas, le contexte géologique comprend une couche d'altération de roches cristallines (gneiss et granites prédominants) dont l'épaisseur est de l'ordre de 50 m.

Une cartographie géophysique, réalisée en employant les équipements EM-31 et EM-34 D (GEONICS) qui utilisent la méthode électromagnétique, a déterminé des zones de forte conductivité du sous-sol, en correspondance avec des infiltrations de produits industriels toxiques. La gravité du problème est due à la proximité de puits domestiques et par le fait que le complexe industriel se trouve dans une zone de protection de sources captées pour l'alimentation publique.

3.2 - DECHETS INDUSTRIELS TOXIQUES

Les données disponibles (1985) montrent que, dans l'état de Sao Paulo, près de 3 millions t/an de déchets industriels toxiques sont produits. De ce total, 96 % ont été mis en dépôt sans tenir compte des conséquences dommageables pour l'environnement. Il s'agit de près de 2500 produits chimiques, commercialisés, stockés, utilisés et rejetés sans grands soucis pour l'environnement en général et le sous-sol ou les eaux souterraines en particulier.

On compte plutôt sur la capacité inépuisable d'auto-épuration du sous-sol que sur la nécessité de prendre des mesures pour supprimer, réduire et, si possible, compenser les éventuelles conséquences sur l'environnement en général et la santé publique en particulier.

Dans la région de la plaine côtière de l'Etat de Sao Paulo, géologiquement constituée par des sédiments quaternaires (sables, argiles) avec une épaisseur comprise entre 50 et 100 m, siège d'une nappe souterraine libre et peu profonde, on a déposé des produits chimiques toxiques il y a peu près 10 ans.

Il s'agit de résidus de produits organochlorés tels que : tétrachlorure de carbone, tétrachloroéthylène, pentachlorophénol, hexachlorobenzène, hexachlorobutane, hexachlorobutadiène, etc.

On a pu constater que les résidus avaient été déposés tout au long d'une route, secondaire à l'époque, mais qui traverse aujourd'hui une région très peuplée. De plus, on a utilisé des sols contaminés pour remblayer des zones basses où des logements populaires ont été construits. C'est seulement du fait de ces conditions critiques que le problème a été soulevé. En effet, une série de cas de mortalité et/ou des "allergies" sans causes bien définies sont survenues.

Dans une première phase, des échantillons de l'eau de puits domestiques et de cours d'eau traversant la région ont été analysés. Dans la plupart des cas, la présence d'une pollution par des produits organiques (TOC), a pu être identifiée.

Compte tenu du fait que les déchets avaient été déposés sans aucun contrôle, et que la plupart des dépôts était enfoui sous des sables éoliens, la deuxième phase a consisté à trouver une méthode pour identifier rapidement les emplacements des déchets.

Les mesures de pH et de conductivité faites sur le terrain, sur des échantillons d'eau obtenues dans des forages à tarière, exécutés dans les zones les plus suspectes, ont montré une bonne corrélation comme la figure 1 le représente. Ainsi, une maille de prospection a permis de cartographier les zones les plus affectées par les déchets, dont les figures 2 et 3 constituent les exemples des résultats obtenus.

Pour bien définir l'ampleur des zones polluées, on a utilisé des méthodes géophysiques comprenant les techniques classiques de sondages électriques et des cheminement électromagnétiques. Les résultats obtenus par les deux méthodes ont montré une bonne corrélation. Les résultats des cheminement électromagnétiques, représentés en figure 4, ont permis l'identification des tendances des plumes, quoique les limites de détection géophysique soient supérieures aux limites de potabilité.

Par la suite, des forages profonds (percussion) avec échantillonnage de sols et d'eaux ont permis une évaluation plus précise des niveaux de pollution.

Des mesures correctives (en cours d'exécution) comprennent une usine d'incinération pour traiter un volume d'une centaine de milliers de tonnes. Un réseau de surveillance bio-physique a été implanté en vue de contrôler les opérations de restauration de la qualité de l'environnement.

3.3 - INFILTRATION DE LA VINASSE DE CANNE A SUCRE

La production d'éthanol atteint aujourd'hui l'ordre de 11 millions de m³/an, avec un volume de vinasse de 12 à 13 fois plus grand.

Compte tenu des restrictions imposées par la loi de protection des eaux de surface, une des solutions adoptées consiste à les évacuer par infiltration dans le sous-sol.

Plus de 70 % de la production d'éthanol se trouve dans le domaine d'affleurement de grès crétacés, siège d'un important aquifère qui couvre près de 315 000 km², où la densité moyenne de population est de 50 hab/km².

L'étude menée dans une zone pilote de Novo Horizonte, a montré que cette "solution" engendre des graves détériorations de la qualité des eaux souterraines. En effet, les impacts sont caractérisés par des augmentations des teneurs en plusieurs éléments, par exemple :

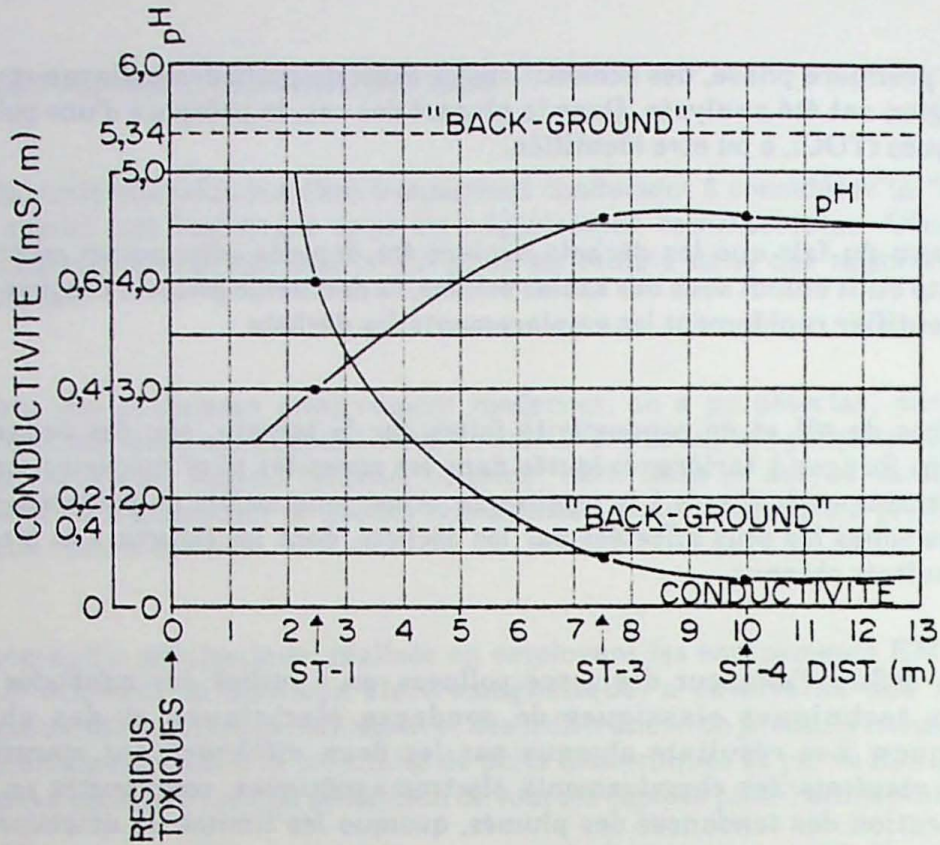


FIG.1 Correlation pH x Conductivite Electrique
des eaux souterraines (Source THEMAG ENG./CEPAS)

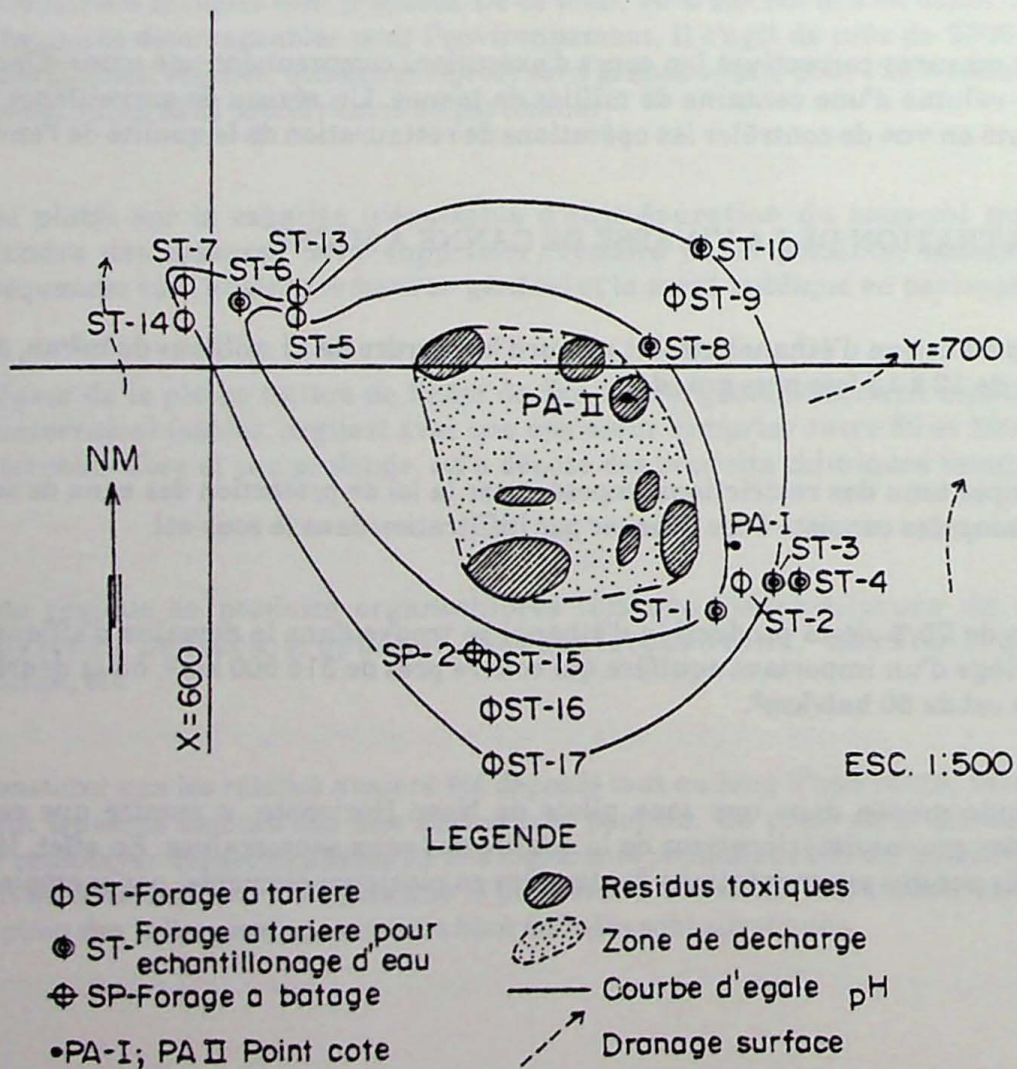
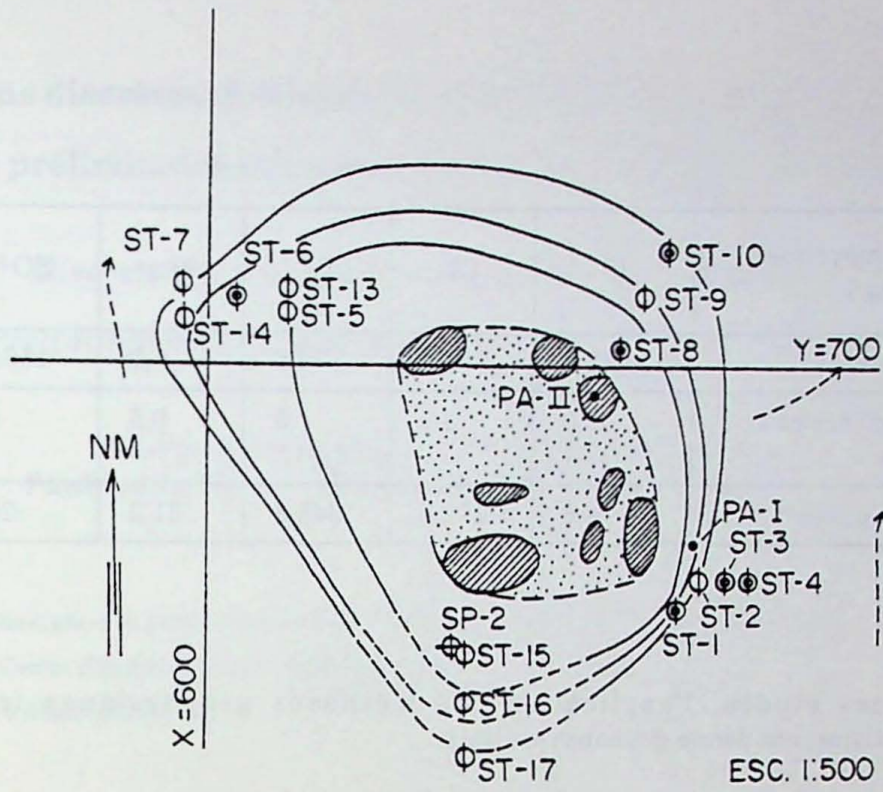


Fig.2 Evolution du pH des eaux souterraines
(Source THEMAG ENG./CEPAS)



LEGENDE

Φ ST-Forage a tariere	 Residus toxiques
⊙ ST-Forage a tariere pour echantillonnage d'eau	 Zone de decharge
⊕ SP-Forage a batage	 Courbe d'egale pH
• PA-I; PA II Point cote	 Drainage surface

FIG.3 Evolution de la conductivité des eaux souterraines
(Source THEMAG ENG./CEPAS

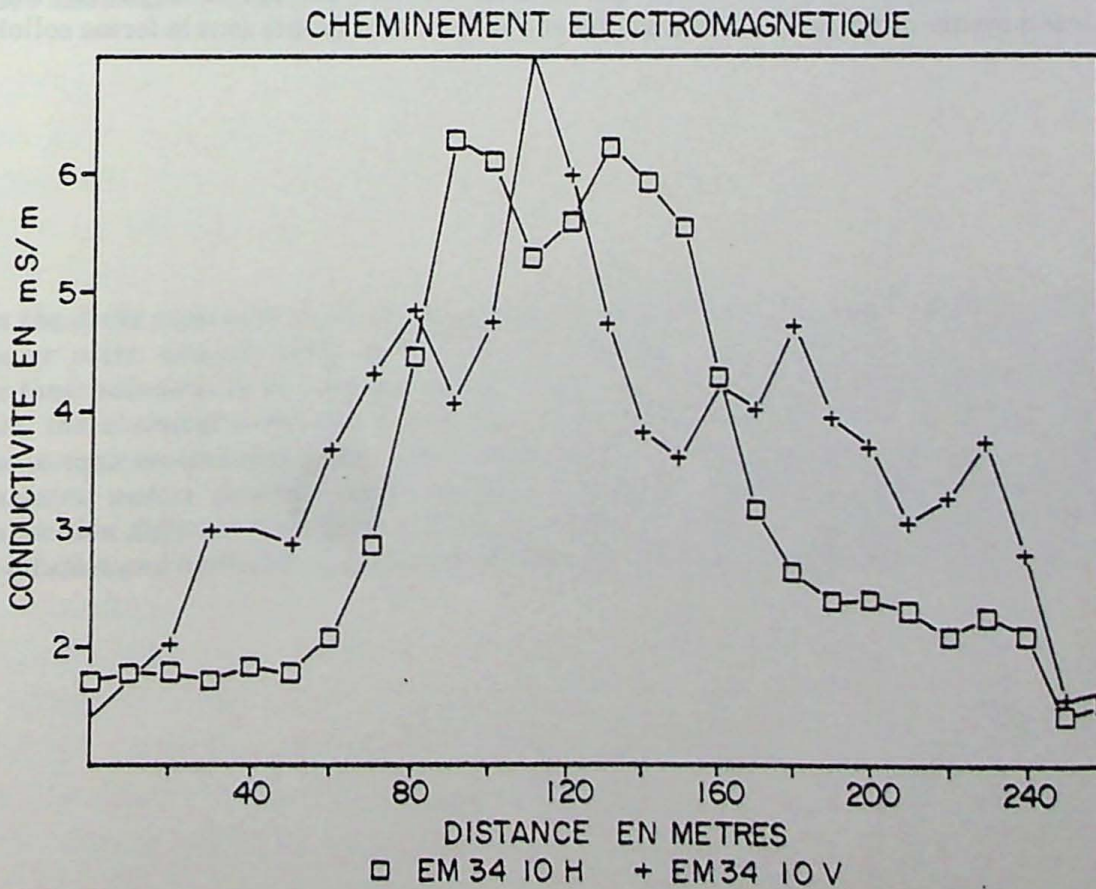


FIG.4 Illustration de la resolution des methodes electromagnetiques

Teneurs moyennes mg/l	K	Cl	Fe	Mn	SO ⁴	pH
Dans la vinasse	3245,0	-	76,0	7,0	1560,0	3,9
"Background" des eaux souterraines	3,0	3,0	1,9	0,5	0,0	6,5
Dans la zone pilote	78,0	272,0	645,3	31,2	26,0	5,5

Dans ces études, l'application des méthodes géophysiques (résistivité et électromagnétisme) ont donné des bons résultats.

Les études se poursuivent dans le but de bien connaître les mécanismes hydrogéochimiques dans la zone non saturée et dans la nappe.

Dans les données du "background", on constate que l'utilisation des engrais chimiques est certainement responsable de la teneur relativement élevée en potassium dans les eaux souterraines. Cette situation est donc aggravée par la pratique d'infiltration et/ou d'irrigation fertilisante des cultures de canne à sucre en utilisant la vinasse.

En ce qui concerne la teneur en fer totale des eaux souterraines, on constate que cette augmentation significative est engendrée par le mécanisme de lessivage du sol par la vinasse dont la valeur moyenne de pH est 3.9. Il faut souligner que le fer se présente sous la forme colloïdale.