



## ASPECTS DE LA POLLUTION DES SOLS AVEC DU PETROLE ET DE L'EAU SALEE ♦

**Eva Trîmbițașu\*, Daniela Popovici, Octav Pântea,  
Raluca Oana Iliescu, Sonia Mihai**

*Université du Pétrole et Gaz du Ploiesti, Faculté du Raffinage du  
Pétrole et Péetrochimie, Département de Chimie, Bd. Bucuresti, 39,  
100680 Ploiesti, Roumanie, \*E-mail: [evatrimbitasu@yahoo.com](mailto:evatrimbitasu@yahoo.com)*

**Abstract:** The paper presents a study on the pollution of the soils with oil and salted water. It has been simulated the pollution with oil and salted water of a terrain and it have been extracted samples from 2 cm, 20 cm and 60 cm depth. The samples were analyzed and compared with a sample of unpolluted soil. The researches were used for elaboration of a cleaning technology using specialized microorganisms. The chemical and microbiological characterization of the soils has been realized with standard methods.

**Keywords:** *pollution, oil, salt, cleaning, microorganisms.*

### INTRODUCTION

Le sol représente une couche lâche et friable qui se trouve à la surface du croûte et qui ensemble avec l'atmosphère voisine forme le milieu de vie pour les plantes. Par la dégradation du sol on comprend la destruction de la couche d'humus, par érosion ou autre sorte de contamination. En fait, par la pollution du sol ont lieu des modifications

---

♦ Paper presented at **COFrRoCA 2006: Quatrième Colloque Franco-Roumain de Chimie Appliquée**, 28 June – 2 July, Clermont-Ferrand, France

---

de la structure physique et/ou de la composition chimique et microbiologique ce que a un effet négatif sur l'évolution normale de la biomasse.

Si le sol contaminé a une concentration supérieure à 1%, la pollution se manifeste par l'inhibition de l'augmentation des plantes. Pour des concentrations inférieures à 1% l'augmentation des plantes est stimulé [1].

Le sel dissous dans l'eau affecte la capacité des plantes d'absorber l'eau et les substances nutritives du sol et peu produire la modification de la structure mécanique du sol et par ce, l'interruption du transport de l'air et de l'eau dans la racine de plante. Tant l'érosion autant la pollution sont des processus très graves [2-4], parce que la formation d'humus détruit este un processus extrêmement lent, environ de 0,1 – 0,3 m<sup>3</sup>/ha par l'an.

## **PARTIE EXPERIMENTALE**

Pour récolter des échantillons de sol pour des analyses, on a fait une fosse environ de 60 cm profondeur. Dans ce lieu on a prélevé des échantillons A1, A2, A3 de 2 cm, 20, cm et respectif, 60 cm profondeur. L'échantillon témoin A4 a été prélevé à 300 m distance de terrain pollué avec pétrole et eau salée. L'échantillon prélevé à 2 cm profondeur – A1 - contiens des traces de racine d'herbes, du tchernoziom, du sable et pierre en proportions presque égales, avec des traces peu visible de produits d'origine pétrolière.

L'échantillon A2 a été prélevé à 20 cm profondeur. Le sol est composé d'un mélange de sol brune rouge, tchernoziom, et sable en proportions approximatif de 2 :1 :2. L'échantillon A3 a été prélevé à une profondeur de 60 cm d'une couche de sol noir mélangé avec un sol brun rouge de forêt, faiblement pénétrable à l'eau. L'échantillon A4 est un échantillon moyen de sol prélevé à 2 cm, 20 cm et 40 cm profondeur, du sol situé à 300 m de terrain pollué avec pétrole et eau salée. L'échantillon est composé en principal d'un sol fertile type tchernoziom.

Pour la caractérisation chimique du sol pollué avec du pétrole et eau salée, on a réalisée pour les échantillons du sol les analyses suivantes [5] : cendre, des composées extractibles dans éther de pétrole, pH, humidité, substance organique / substance inorganique.

Une autre partie des échantillons a été soumis à l'extraction dans l'eau distillée, à 20 °C, pendant 24 heures. De cette portion on a effectué des analyses concernant le teneur en ammonium, nitrites, phosphates, cyanures et chlorures. Pour effectuer l'extraction avec de l'eau on a pesé 100 g du chaque échantillon du sol et on a le mis dans un ballon Erlenmayer dans lequel on a ajouté 500 mL l'eau distillée. On a laissé chaque ballon sous agitation pendant 24 heures et après on a effectué des analyses parmi la solution claire.

## **RÉSULTATS ET DISCUSSIONS**

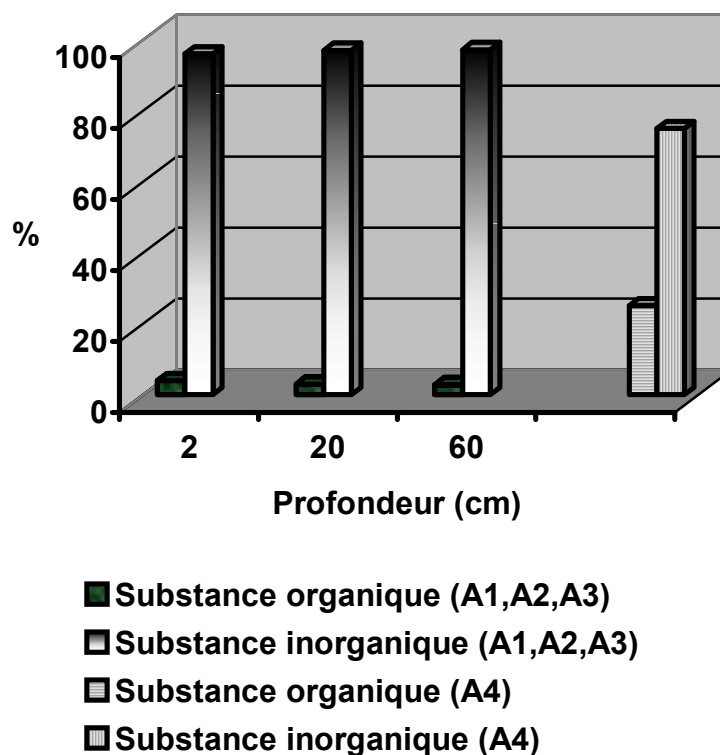
Les résultats des l'analyses sont présentées dans les tableaux 1 et 2. Le teneur en substances organiques est très faible pour tous les échantillons de sol, ce que impose la nécessité de l'apport de matière organique nécessaire pour la régénération des sols. La seule exception est l'échantillon A4 qui a un teneur adéquat dans matière organique. Le

teneur en substances organique déterminé dans les échantillons de sol pollués avec de pétrole et eau salée est plus gros à la surface à cause de la présence en plus grande concentration des produits pétroliers.

**Tableau 1.** Les analyses chimiques pour les échantillons du sol

Echantillon	Humidité, %	Cendre, %	Substance organique, %	Substance inorganique, %	Extractibles en éther, %	pH
A1	70	9,60	3,92	96,08	7,01	8,05
A2	50	9,70	2,93	97,07	1,307	7,60
A3	35	9,72	2,77	97,23	0,840	8,09
A4	6,75	9,73	25	75	0,05	6,53

L'évolution du niveau de contamination des sols en profondeur avec pétrole et eau salée est mise en évidence dans la figure 1.



**Figure 1.** L'évolution de la teneur en substances organique et inorganique avec la profondeur

Du point de vue du rapport substance organique / substance inorganique (SO / SA), on peut observer une teneur très faible en matière organique pour les échantillons de sol affectées de pollution avec pétrole et eau salée. Dans l'échantillon témoin, la teneur en matière organique est plus élevée – 25% - à cause du fait que le sol est non pollué et a été cultivé (Figure 1).

On peut observer dans figure 2 que pour l'échantillon de sol prélevé à 2 cm profondeur, la valeur d'extractibles en éther de pétrole est 7,01 g / 100 g sol. Pour les profondeurs de 20 cm et 60 cm, les valeurs baisse progressif, à cause de la retenir des produits pétroliers

en plus grandes quantités dans les couches de la surface du sol. Les analyses effectuées pour l'échantillon témoin concernant la teneur en substances extractibles en éther de pétrole, monte des valeurs plus moindres que ceux la déterminées dans l'échantillons de sol du terrain affecté de pétrole et eau salée.

L'humidité du sol est plus grande à la surface (Figure 3) à cause de diminution de la perméabilité du sol, processus déterminé en spécial de pollution mixte avec pétrole et eau salée. L'eau salée actionne sur la structure du sol et modifie sa porosité et lui transforme dans un sol de type « terre glaise », avec un faible grade de perméabilité. Ce phénomène se manifeste par l'apparition des processus de saturation du sol avec de l'eau.

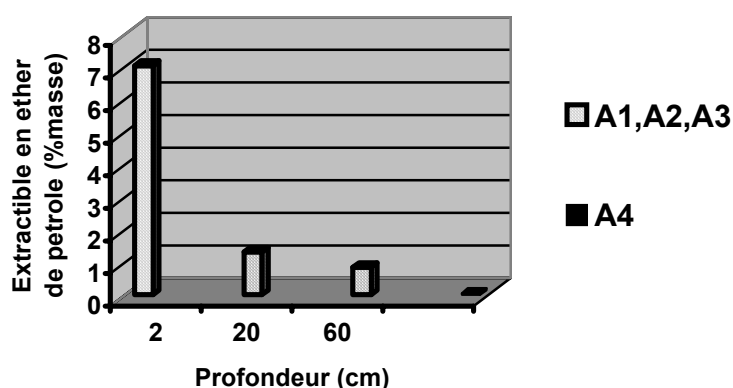


Figure 2. L'évolution du teneur en extractible en éther de pétrole avec la profondeur

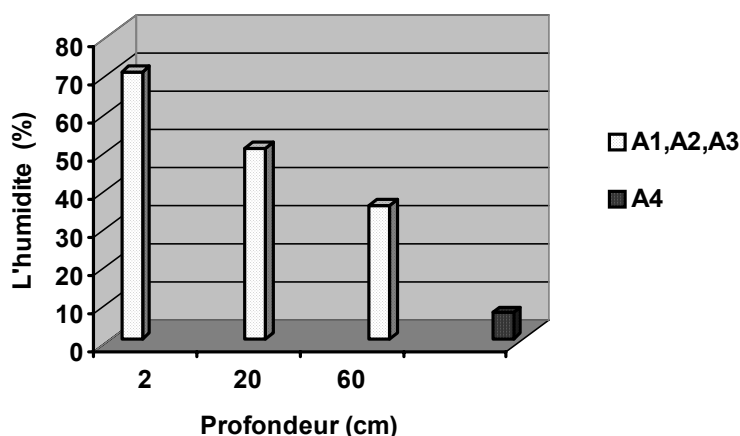


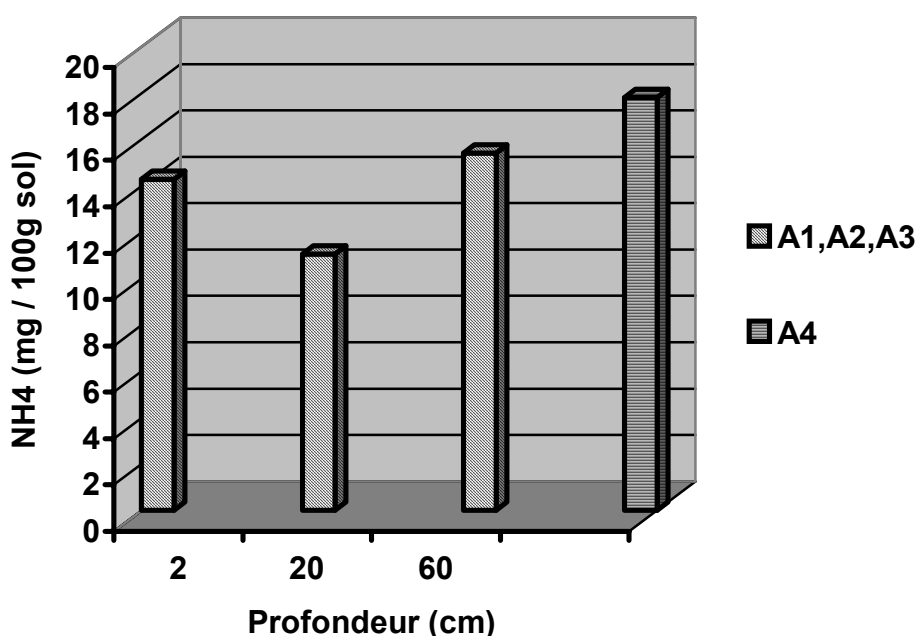
Figure 3. L'évolution de l'humidité avec la profondeur

Dans le Tableau 2 sont présentées les analyses pour l'extrait aqueux des échantillons. La teneur en  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{PO}_4^{3-}$  pour l'échantillon A4, sol fertile, est significatif plus grande que ceux des échantillons de sol polluées avec pétrole et eau salée. Les valeurs soulevées des concentrations en ammonium et phosphate du échantillon A4 sont à cause de l'apport en engrais avec azote et phosphore et à l'existence d'un équilibre écologique dans le sol fertile cultivé. La concentration de l'anion nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) dans l'échantillon

A4 est plus faible que pour les échantillons de sol pollué à cause de la présence de flore microbienne qui transforme les nitrites dans nitrates. Ces processus ne se manifestent dans les échantillons de sol pollué, fait qui détermine le maintien d'une concentration plus importante en nitrites [5].

*Tableau 2. Les analyses chimiques pour l'extrait aqueux*

Echantillon	[NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ]	[NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ]	[PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ]	[CN <sup>-</sup> ]	[NaCl]
	mg / 100 g sol sèche				%
A1	14,28	2,71	0,42	0,01	2,09
A2	11,06	1,32	0,37	0,01	0,76
A3	15,41	2,51	0,05	0,01	8,16
A4	17,80	0,03	2,32	0,01	0,015

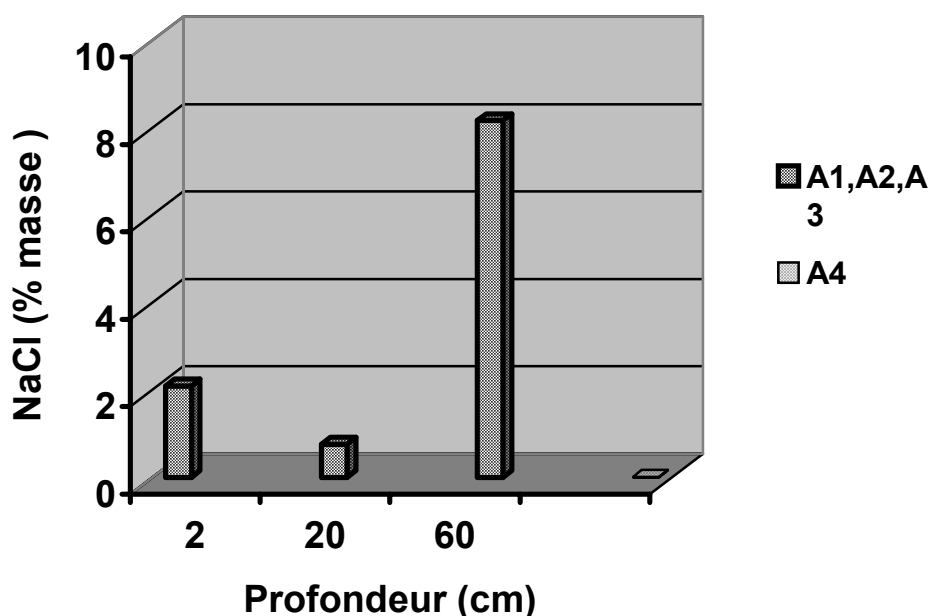


*Figure 4. L'évolution de la teneur en ammonium avec la profondeur*

Les formes d'azote assimilable proviennent dans la plus grande partie de la matière organique morte par le processus de minéralisation qui implique la transformation successive de l'azote dans amines, ammonium et nitrates. Dans ce qui concerne le contenu en ammonium des sols étudiés, on peut dire que le processus de minéralisation est dans l'étape « ammonium » qui est réalisée par les microorganismes identifiés dans l'analyse microbiologique effectuée. On peut considérer que le processus de nitrification ne peut pas être réalisé à cause de l'absence des microorganismes nitrifiants qui probablement ont été détruits par la pollution. À cause de cela, il est nécessaire un apport de microorganismes pour continuer ce processus. Le deuxième macroélément indispensable pour l'augmentation et le développement des plantes est le phosphore. Les résultats des analyses en ce qui concerne la teneur en phosphates effectuées des échantillons de sols pollués avec pétrole et eau salée, montrent des valeurs plus faibles que pour un sol cultivé et enrichi en phosphates. Le phosphore du sol est lié dans des

composés organiques accumulées dans le couche d'humus, en proportion de plus que 50% du phosphore total [6].

Pour la fertilité du sol et la nutrition des plantes présente une grande importance la solubilité des phosphates contenus et le rythme de leur passage dans des formes avec une grande solubilité. Les composés organiques avec du phosphore sont nécessaires pour initiation de la régénération des sols pollués et ils peuvent être mis en place sous forme de matière organique morte, mais on peut utiliser en plus des sels solubles de phosphore (phosphate d'ammonium).



**Figure 5.** L'évolution de la concentration du chlorure de sodium avec la profondeur

De figure 5 on peut observer la dispersion différente du chlorure de sodium dans sol, à différentes profondeurs, la concentration maximale étant à 60 cm profondeur – l'échantillon A3 – 8,160 mg/kg sol sèche à cause de la grande solubilité du chlorure de sodium dans l'eau et a cause de consistance de terre glaise du sol trouvé à cette profondeur. Les valeurs de la concentration en chlorure de sodium dans les différents points de prélèvement sont différentes. Dans les zones où le sol a été lavé avec de l'eau, la concentration en chlorure de sodium est plus faible que pour les zones où l'eau n'a pas arrivé, ce qui conduit à l'apparition de points de concentration en chlorure de sodium (Tableau 2). Une grande partie du chlorure de sodium se déplace dans les couches profondes du sol, par dissolution dans l'eau (A3).

Les analyses chimiques effectuées sur l'échantillon témoin de sol non pollué, ont montré le fait que celui-ci présente de petites valeurs en ce qui concerne les substances extractibles en éther de pétrole et en chlorure de sodium par comparaison avec les résultats obtenus pour les échantillons de sol affecté par la pollution avec pétrole et eau salée, conforme avec les données des tableaux 1 et 2.

Ces sols nécessitent une diminution de pollution, dans le même temps avec une enrichie en matière organique, dans le but de leur régénération. La teneur en éléments nutritifs de

base (azote et phosphore), déterminés pour les échantillons de sol étudié (Tableau 2) montre un bon niveau pour azote mais très faible pour phosphore, ce que implique l'utilisation de matière organique riche en phosphore pour pouvoir déclancher le processus de régénération des sols.

De déterminations analytiques concernant la teneur en azote pour les sols étudiées on peut observer la présence du ce élément en spécial sous forme inorganique de ammonium ou nitrite. Ces formes d'azote inorganique ne sont pas accessibles pour le développement de la végétation, étant nécessaire une contribution de microorganismes qui réalise des processus de nitrification avec formation de nitrates facile a assimilé par des plants. Dans un sol fertile, plus que 95% d'azote se trouve lié dans la matière organique, étant facile introduit dans le circuit biologique.

La valeur du *pH* mesurée pour l'échantillon témoin de sol (A4) montre une valeur faible baissée par comparatif avec les valeurs pour les échantillons de sols polluées. Les déterminations de *pH* ont montré l'existence d'un sol pas modifié du point de vue acido-basique (*pH* = 8,05 – 8,09), des valeurs qui ne posent des problèmes dans le cas de la régénération du sol.

### **La caractérisation microbiologique du sol pollué avec pétrole et eau salée**

Pour la caractérisation du point de vue microbiologique des sols étudiés ont été utilisé les méthodes suivantes :

- la comptabilisation totale des germes ;
- identification qualitative des types des microorganismes ;
- des observations microscopiques dans immersion.

L'échantillon témoin A4 représentent l'échantillon de sol fertile a présenté les caractéristiques microbiologiques suivantes :

- le nombre total de bactéries indique une charge maxime de  $1.10^7$  bactéries/mL ;
- le nombre total de champignon et mildiou a montré une charge maxime en mildiou blanc.

L'analyse d'identification des sortes de microorganismes a donné les résultats suivants :

- des bactéries hétérotrophes aerobes et facultatif anaerobes ;
- des bactéries hétérotrophes rigoureux anaerobes ;
- des bactéries hétérotrophes sulfates – réducteurs ;
- des bactéries fer – oxydantes ;
- des bactéries chemotrophes qui fixent l'azote ;
- des bactéries dénitrificateurs.

Les analyses microbiologiques [6] réalisées pour les échantillons du sol pollué avec pétrole et eau salée, prélevées à 2 cm, 20 cm et 60 cm profondeur présente les caractéristiques suivantes :

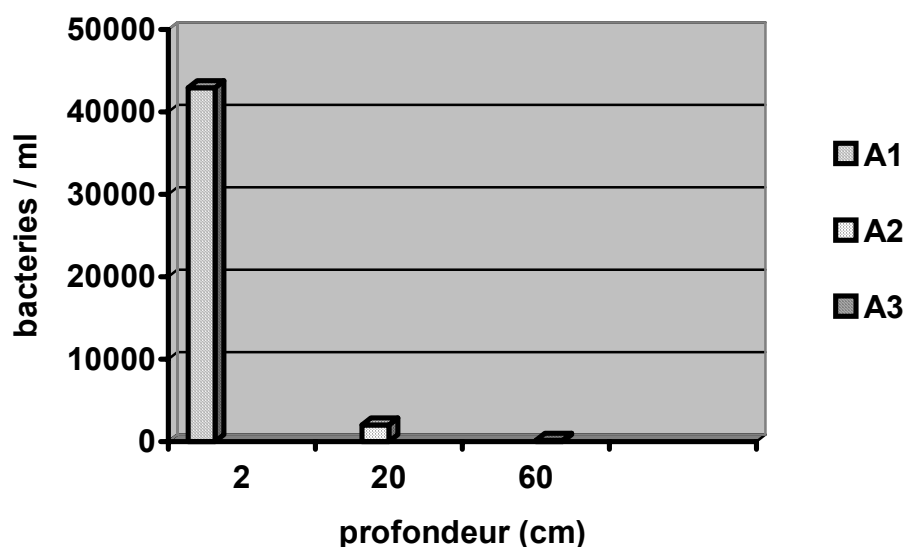
- l'échantillon A1 prélevé à 2 cm profondeur contiens  $43.10^3$  bactéries/mL ; n'ont pas été identifiées des champignons et mildiou. Du point de vue qualitatif ont été identifiées les groupes suivantes des microorganismes : des bactéries hétérotrophes aerobes et facultatif anaerobes, des bactéries hétérotrophes rigoureux anaerobes, des bactéries dénitrificateurs ;
- l'échantillon A2 prélevé à 20 cm profondeur contiens  $2.10^3$  bactéries/mL, étant identifié une seule espèce de mildiou blanc. L'identification microbiologique qualitative a indiqué les groupes suivantes de microorganismes : des bactéries

hétérotrophes rigoureux anaerobes, des bactéries hétérotrophes sulfates – réducteurs, des bactéries dénitrificateurs ;

- l'échantillon A3 prélevé à 60 cm profondeur contient  $0,1 \cdot 10^3$  bactéries/mL et une seule colonie de mildiou blanc. La détermination qualitative a montré la présence des suivantes groupes de microorganismes : des bactéries hétérotrophes rigoureux anaerobes, des bactéries hétérotrophes sulfates – réducteurs, des bactéries dénitrificateurs .

Comparaissant le charge microbiologique de l'échantillon témoin A4 avec les échantillons prélevées à différents profondeurs du sol pollué avec pétrole et eau salée on peut observer un diminution quantitative du valeur total des germes et des sortes de microorganismes, étant prédominantes les bactéries rigoureux anaerobes et dénitrificateurs . Ce fait s'explique par l'absence d'oxygène à ces profondeurs, déterminée par la pollution avec pétrole et eau salée qui a modifié la texture et la perméabilité pour l'eau et l'air du sol.

On peut observer une charge microbienne variable sur verticale, avec une diminution de la valeur totale de germes de la surface du sol vers la profondeur. Dans la figure 6 est présentée la variation du nombre total de bactéries avec la profondeur.



**Figure 6.** Variation de la ombre total des bactéries avec la profondeur

La diminution de la charge microbienne de la surface vers la profondeur dépend de grande concentration dans chlorure de sodium, fait qui peut être expliqué par la pénétration du chlorure de sodium dans le même temps avec l'eau de lavage ou avec l'eau de pluie. Ça veut dire que ce polluant représente un facteur limitatif pour le développement microbien dans profondeur. Aussi, il faut considérer et la pollution double avec pétrole et eau salée, les deux polluants ayant un effet cumulatif sur la flore microbienne.

L'analyse microbiologique qualitative indique la présence d'une sorte de microorganismes spécifiques pour tous les sols ; parmi ces on peut observer la présence dans une grand quantité de bactéries dénitrificateurs. Cette sorte de bactéries a un rôle



négalif, réalisent des processus inverse de nitrification et déterminent la perte d'oxygène du composées avec l'oxygène de l'azote par leur réduction à l'ammoniac et azote libre qui se perte dans l'atmosphère. Le processus de dénitrification détermine la perte de l'azote du sol et a lieu par suite d'une flore microbienne non adéquat qui ne peut pas réaliser les processus normales de sol – humification et minéralisation. Le phénomène est provoqué par la pollution avec pétrole et eau salée qui modifie les paramètres physiques et chimiques normales : granulation, porosité, perméabilité, concentration en azote, phosphore et carbone.

## CONCLUSIONS

De l'analyse réalisée pour les échantillons du sol pollué avec pétrole et eau salée ont été relevé les suivantes résultats :

- les produits pétroliers se retrouvent dans des grandes concentrations à la surface du sol et donnent naissance à une dispersion sur l'horizontale ; sur verticale n'ont pas été retrouvées des grandes quantités des produites pétrolières sous 40 cm profondeur ;
- l'eau salée présente un grande grade de dispersion sur verticale, avec des concentrations dans profondeur ; sur horizontale la dispersion a lieu seulement si on intervient tout de suite avec une source d'eau qui entraîne le sel, résultant des points de concentration ;
- la teneur en matière organique déterminé pour les échantillons du sol étudié montre des valeurs faible en substances organiques ;
- les analyses microbiologiques quantitatives effectuées pour les échantillons de sol pollué avec pétrole et eau salée ont montré la diminution du nombre des bactéries en concordance avec le degré d'affectation des sols. Ainsi on a observé une diminution du nombre des germes, dépendent de grandes concentrations en produits pétroliers et chlorure de sodium. Aussi, les analyses microbiologiques qualitatives ont indiqué la présence en grande quantité de bactéries dénitrificateurs et sulfate – réducteurs dans les sols fort pollués. Ces sortes de bactéries ont un rôle négatif, déterminant la diminution des quantités d'azote et la production d'hydrogène sulfuré qui est toxique pour la végétation.

Tous ces résultats conduits à la conclusion que les sols étudiées sont déficitaires en matière organique. Le déséquilibre constaté concernant le rapport entre matière organique et inorganique montre que dans ce système prédomine le processus de minéralisation dans lequel les restes organiques morts sont attaqués par des agents physiques, chimiques et biologiques et subissent de décompositions plus ou moins rapides jusqu'à les produits finals de décomposition ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ , sels).

Pour la reconstruction d'un sol pollué avec pétrole et eau salée est nécessaire une contribution de matière organique microbienne qui reconstruise l'équilibre entre les processus d'humification et minéralisation.

Dans le cas d'accidents de pollution du sol avec pétrole et eau salée est nécessaire l'intervention rapide en vue de neutraliser les polluants et pour régénération du sols affectées, arrêtant dans ce mode l'extension de pollution sur l'horizontale et sur verticale.

On recommande l'intervention rapide sur les sols pollués, parce que en temps peuvent apparaître des processus de destruction de la structure des sols, des microorganismes qui existent dans le sol, déterminant l'amplification de processus de minéralisation dans le détriment d'humification.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Denel, L.E. : *Evaluation of Limiting Constituents Suggested for Land Disposal of Exploration and Protection Wastes*, Environmental Protection Agency's First International Symposium on Oil and Gas Exploration and Production Management Practices, New Orleans, LA, Sept. 10-13, **1990**
2. Trîmbițașu, E. : *Physico-chimie de l'environnement. Les polluants des facteurs d'environnement*, Maison d'Editions de l'Université du Ploiesti, Ploiesti, **2002**, p. 200 - 212
3. Ionescu, C., Ciuparu, D., Dumitrascu Gh. : *La pollution et la protection d'environnement en pétrole et pétrochimie*, Maison d'Editions Brilliant, Bucuresti, **1999**, p. 245 - 260
4. Patrascu, C., Brebeanu, Gh. : L'analyse des relations entre la vitesse de migration de polluants pétroliers liquides en sol, les propriétés du sol et la composition des polluants, *Rev. Chim (Bucharest)*, **2005**, 56 (7), p. 774
5. Manescu, S., Cucu, M. : *La chimie sanitaire de l'environnement*, Maison d'Editions Médicale, Bucuresti, **1994**, p. 189 - 210
6. Marton, Al. : *Les bases biologiques de l'environnement*, Maison d'Editions de l'Université du Timisoara, Timisoara, **1994**, p. 51 - 60