

Mise au point d'un procédé de décontamination des eaux de production de champs pétroliers en Tunisie

Proposal for a decontamination of wastewaters produced by oilfields in Tunisia

BOUSSIGA Haïfa¹, SAÏDANE Imen¹, BELAYOUNI Habib¹,
DOGGA Mouldi² & CHEKIR Moncef³

Abstract : Wastewaters produced in Sabria and in Sidi Kilani oilfields in Tunisia are enriched in hydrocarbons and heavy metals, especially Iron (Fe), Manganese (Mn), Lead (Pb), Zinc (Zn) and Barium (Ba), which amounts largely overtake the Tunisian norms (NT 106.002). The aim of this study is to propose a specific treatment, with an acceptable cost, for the decontamination of these wastewaters before their rejection in the environment.

Various tests have been carried out in order to discover a product that could be used efficiently for removing hydrocarbons and heavy metals from the wastewaters. Industrial and natural products such as Spill Sorb, oil absorbent, CaCO₃..., were tested and the most efficient result has been obtained when lime combined to sodium carbonate and aluminium sulfate is used as absorbing complex, followed by a filtration on sand.

Therefore, such a treatment applied on the Sabria and Sidi Kilani oil fields wastewaters has for effect a significant decrease of the amounts of hydrocarbons and heavy metals, with acceptable values according to the Tunisian norms (NT 106.002). The method, owing to its efficiency and its high Efficiency/Cost ratio, appears as a process that could be used successfully in the treatment of oilfields wastewaters contaminated by hydrocarbons and heavy metals.

Key words : oilfields, wastewaters, heavy metals, hydrocarbons, lime, sodium carbonate, filtration, purification.

Résumé : Des analyses chimiques d'eaux de production provenant de deux champs pétroliers implantés en Tunisie ont révélé la présence de charges polluantes importantes en métaux lourds (Fer, Manganèse, Plomb, Zinc et Baryum) et en hydrocarbures totaux (HCT). Conformément à la réglementation en vigueur (norme tunisienne NT106.002), la décontamination de ces eaux par traitement spécifique s'avère nécessaire et ce, préalablement à leur rejet dans le milieu environnant. L'objet de ce travail porte sur la recherche d'un procédé de décontamination des eaux de production des deux champs en question, applicable sur site et présentant un bon rapport efficacité/coût. Parmi les nombreux essais réalisés en utilisant plusieurs supports de filtration (Spill sorb, absorbant d'huile en fibres de cellulose, CaCO₃...), celui qui s'est avéré le plus efficace est un traitement des eaux de production par de la chaux éteinte. Les résultats obtenus montrent, en effet, que celle-ci permet d'abaisser la charge métallique des eaux jusqu'à des teneurs conformes aux normes tunisiennes en vigueur.

Afin d'optimiser ce procédé de traitement, notamment en ce qui concerne la rétention des hydrocarbures, d'autres essais de traitement par la chaux éteinte ont été effectués en testant plusieurs additifs. Les meilleurs résultats ont été obtenus en utilisant la chaux éteinte additionnée de carbonate de sodium et de sulfate d'aluminium et en procédant ensuite à une filtration sur un support de sable. Ce procédé a permis de ramener la charge métallique et la charge en hydrocarbure des eaux de production à des valeurs conformes aux normes en vigueur. Un tel procédé, présentant un rapport efficacité/coût très avantageux, pourrait être appliqué avec succès dans le traitement des eaux de production pétrolières contaminées par les hydrocarbures et les métaux lourds.

¹ Université Tunis El Manar, Faculté des Sciences de Tunis, Département de Géologie, Campus Universitaire, 2092 Tunis El Manar

² ATHANOR, Rue Lac Turkana, Im Palmier, 2045 Les Berges du Lac

³ TPS Thyna Petroleum Services, B.P 069, 3069 Sfax Hached e-mail : boussiga@yahoo.fr

Mots clés : champs pétroliers, eaux de rejets, métaux lourds, hydrocarbures, chaux éteinte, carbonate de sodium, traitement, rétention, purification

INTRODUCTION

Les eaux de production des champs pétroliers produisent chaque jour des quantités importantes d'eaux qui sont généralement chargées en hydrocarbures totaux (HCT) et en métaux lourds dont les teneurs dépassent les normes en vigueur. Selon le modèle de MALCOM et LIGHT (1987) sur la maturation des roches mères de pétrole, la présence de quantités considérables en métaux lourds dans les réservoirs d'huile tire son origine des eaux du bassin, salines et fortement minéralisées.

Face à cette réalité, et en vue d'être autorisés à rejeter ces eaux dans l'environnement, les opérateurs pétroliers sont souvent contraints à effectuer au préalable une épuration moyennant généralement des traitements très coûteux et constituant une charge lourde à supporter par la compagnie.

Les techniques d'épuration des eaux de production polluées évoluent et se diversifient de plus en plus et ce afin de rechercher les meilleurs procédés qui allient efficacité et coût acceptable. Le traitement des eaux industrielles s'effectue par plusieurs procédés physico-chimiques ou biologiques. Ces procédés vont de simples décantations à des techniques d'épuration par microfiltration pouvant retenir des particules de dimension de l'ordre du micron (MAUREL, 1974; MOUCHET, 1974; SADAQ, 1995). Malgré leur efficacité, ces techniques demeurent cependant coûteuses et les industriels restent en attente de procédés de traitement ayant des rapports efficacité/prix plus avantageux.

C'est ainsi que sont apparues les techniques de coagulation-précipitation qui se sont avérées efficaces pour entraîner la précipitation des matières dissoutes, notamment les métaux lourds et ce, moyennant l'ajout de coagulants comme la chaux éteinte par exemple, qui a été depuis longtemps utilisée comme support de purification, surtout pour l'adoucissement de l'eau potable et des eaux destinées aux industries (SADAQ, 1995).

La présente étude se propose de tester l'efficacité du traitement par la chaux éteinte d'échantillons d'eaux industrielles fortement chargées en métaux lourds et en hydrocarbures, provenant de deux champs pétroliers tunisiens ; Sabria et Sidi Kilani et de proposer un procédé à base de ce produit, applicable dans le cas de traitement des eaux industrielles contaminées par de tels polluants.

MATERIELS & METHODES

Le champ de Sabria est situé dans le permis de Kebili, sur la côte sud du Chott El Jerid à environ 80 Km de la ville de Douz (Fig. 1). Ce champ produit de l'huile, du gaz et de l'eau fortement salée (360 g/l) à partir des quartzites de la formation El Hamra d'âge Ordovicien. Le champ de Sidi Kilani est situé dans le permis de Kairouan Nord, à 200 Km Sud Sud Est de la ville de Tunis (Fig. 1). Ce champ produit de l'huile et de l'eau fortement salée (155g/l) à partir des séries carbonatées fortement fracturées de la formation Abiod d'âge Campanien - Maastrichtien.

Les eaux de rejet du champ pétrolier de Sabria ont été échantillonnées à partir des bassins de stockage d'eau implantés sur place. Les eaux produites par le champ pétrolier de Sidi Kilani ont été sélectionnées de différents points des séparateurs de production et les échantillons collectés dans des bouteilles d'un litre en Polyéthylène avec l'ajout de quelques gouttes d'acide nitrique.

L'analyse chimique des métaux lourds a été effectuée par la méthode d'absorption atomique, la spectrométrie d'émission à plasma (ICP) et les hydrocarbures totaux HCT ont été dosés par la méthode infra rouge.

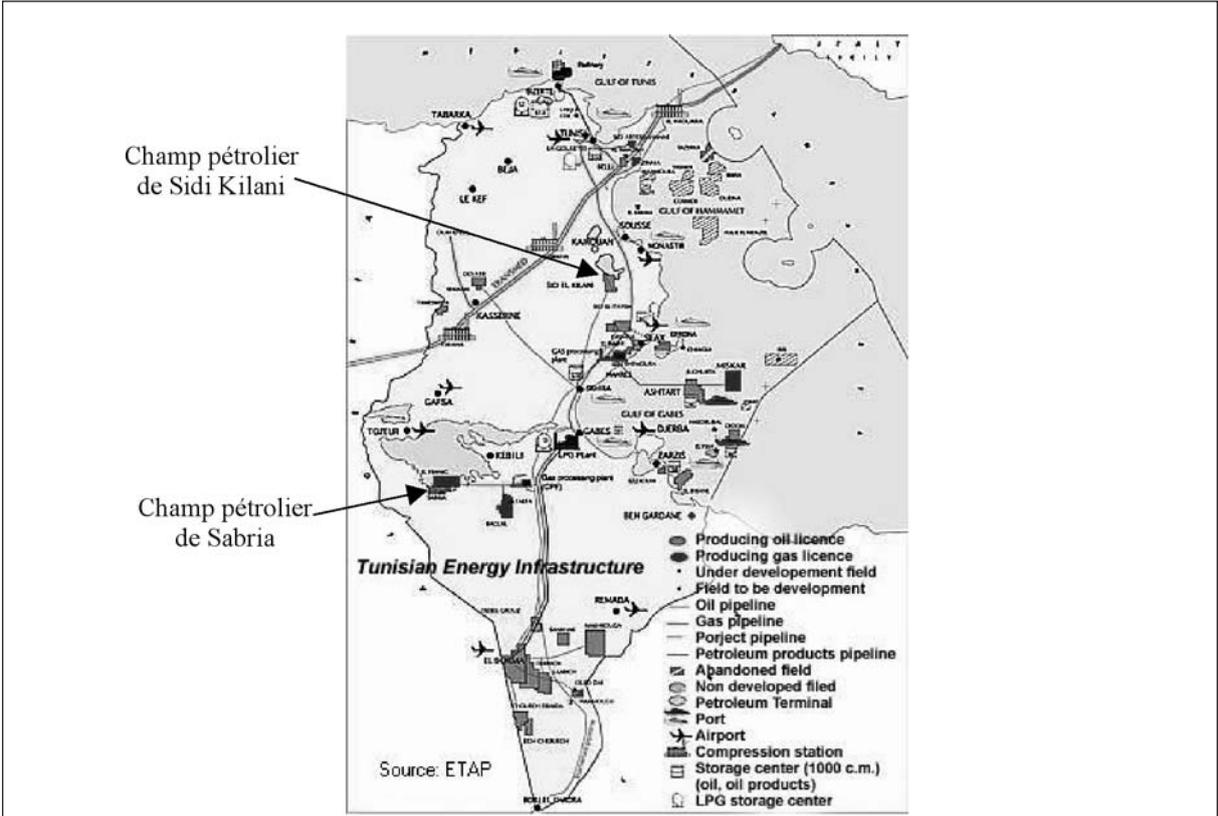


Fig.1 : Localisation des champs pétroliers de Sabria et de Sidi Kilani

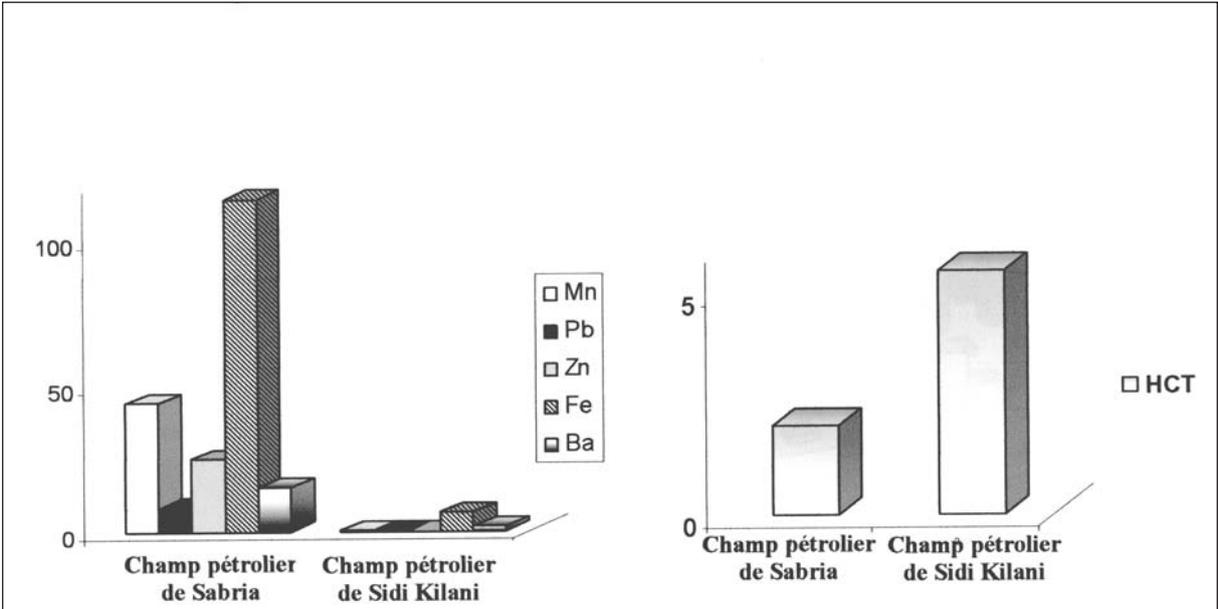
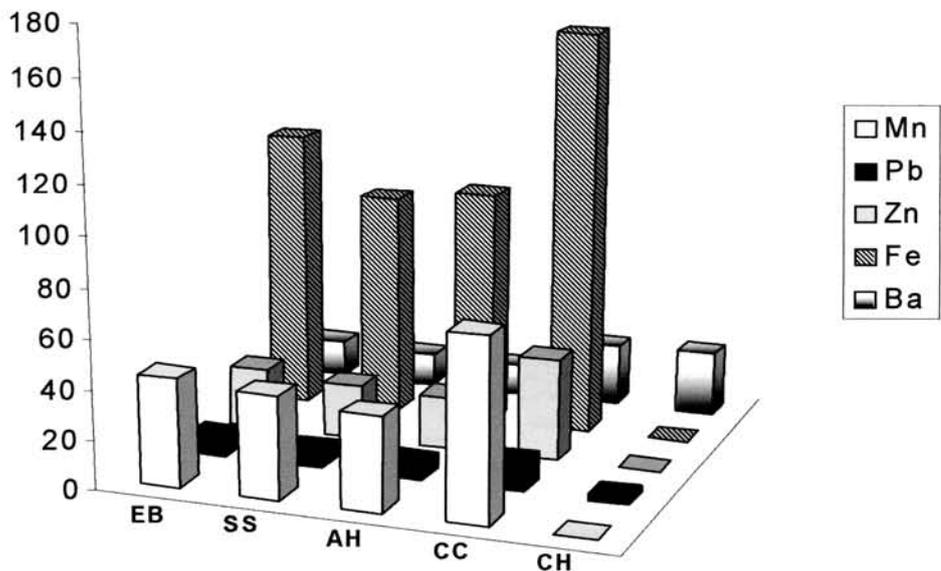


Fig.2 : Charge métallique et taux en Hydrocarbures totaux (HCT) de l'eau de production des champs pétroliers de Sabria et de Sidi Kilani



EB : Eau brute; SS : SpillSorb; AH : Absorbant d'huile; CC : CaCO₃; CH : Chaux

Fig.3 : Essais de traitement de l'eau de production du champ pétrolier de Sabria

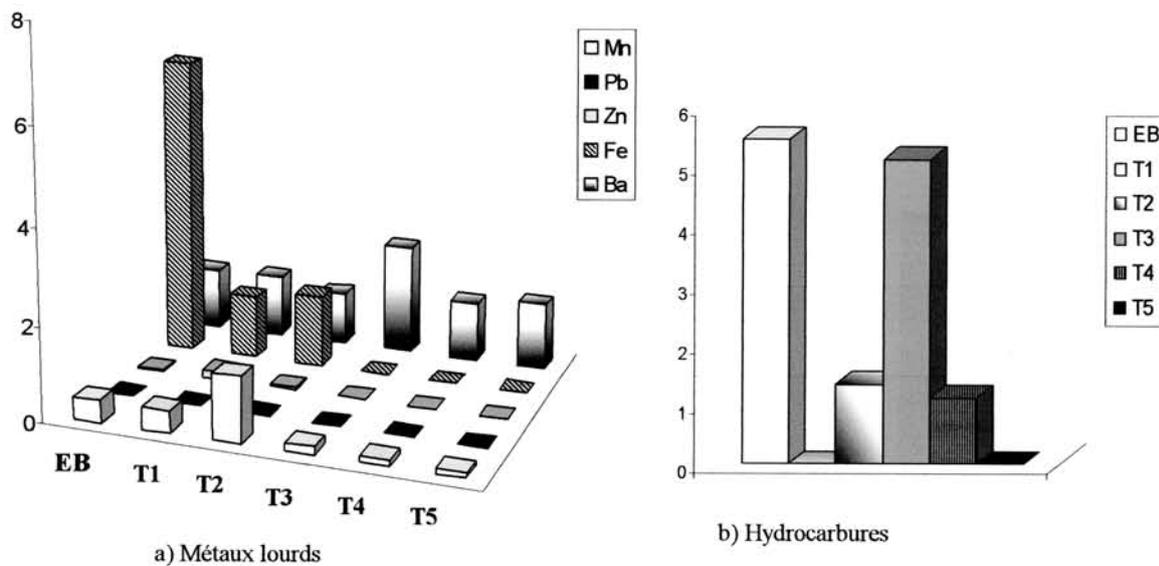


Fig.4 : Résultats des essais de traitement de l'eau de production de Sidi Kilani

RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES

L'analyse des teneurs en métaux lourds et en hydrocarbures totaux des eaux de production provenant des deux champs pétroliers de Sabria et de Sidi Kilani (Tab. 2 ; Fig. 2) a permis de dégager les deux observations suivantes :

- a. Les eaux de production des deux champs pétroliers en question enregistrent de fortes concentrations en produits polluants (métaux lourds et hydrocarbures totaux).
 - Concernant la charge métallique, ces eaux sont particulièrement enrichies en Zinc (Zn), en Plomb (Pb), en Manganèse (Mn), en Fer (Fe) et en Baryum (Ba), avec des teneurs respectives (Tab. 2 ; Fig. 2) de 24.92 mg/l, de 8.07 mg/l, de 44.27 mg/l, de 114.5 mg/l et 15.27 mg/l pour l'eau de production du champ pétrolier de Sabria et de 0.03 mg/l, de 0.1 mg/l, de 0.46 mg/l, de 6.28 mg/l et de 1.3 mg/l pour l'eau de production du champ pétrolier de Sidi Kilani. Les concentrations de ces métaux dépassent largement les normes nationales en vigueur et constituent donc une charge polluante significative. Ceci n'est pas le cas pour d'autres éléments métalliques réputés polluants comme le Cadmium (Cd), le Nickel (Ni) et le Mercure (Hg) dont les teneurs enregistrées sont inférieures aux normes établies (Tab. 1).
 - En ce qui concerne les hydrocarbures, les teneurs enregistrées sont systématiquement supérieures aux normes en vigueur avec des valeurs de 2 ppm et de 5.5 ppm successivement dans les eaux de production de Sabria et de Sidi Kilani (Tab. 2, Fig. 2)
- b. La comparaison des charges métalliques et en hydrocarbures totaux des eaux de production des deux champs pétroliers de Sabria et de Sidi Kilani montre que (Tab. 2 ; Fig. 2):
 - Les teneurs en métaux lourds dans les eaux de production du champ de Sabria sont largement supérieures à celles enregistrées dans les eaux du champ de Sidi Kilani.
 - Par contre pour les hydrocarbures totaux, ce sont les eaux de production de Sidi Kilani qui enregistrent les plus fortes teneurs.

Tableau 1: Norme Tunisienne NT 106.002

Eléments (mg/l)		Norme NT 106.002
Métaux lourds	Mn	0,50
	Pb	0,10
	Zn	5,00
	Fe	1,00
	Ba	0,50
Hydrocarbures	HCT	2,00

Tableau 2: Résultats des analyses chimiques

Eléments (mg/l)		Eau (Champ de Sabria)	Eau (Champ de Sidi Kilani)
Métaux lourds	Mn	44,27	0,46
	Pb	8,07	0,1
	Zn	24,92	0,03
	Fe	114,5	6,28
	Ba	15,27	1,3
Hydrocarbures		2	5,5

ESSAIS DE DECONTAMINATION DES EAUX DE PRODUCTION

Les essais de décontamination des eaux de production des champs pétroliers ont commencé par la recherche d'une méthodologie de traitement des eaux du champ pétrolier de Sabria (BOUSSIGA, 2000).

L'idée est basée sur la recherche d'un coagulant qui permet de précipiter les matières dissoutes par des réactions chimiques et de les transformer sous forme de floccs pouvant être facilement retenus par sédimentation ou par filtration.

Ces essais sont basés sur la filtration des eaux usées (Tab. 3 ; Fig. 3) sur différents produits comme le Spill Sorb (absorbant d'huile à base de tourbe de sphaigne), la bentonite, le CaCO₃ et la chaux éteinte. Les résultats de ces différents essais nous ont permis de constater que la chaux est le meilleur support de filtration des eaux. Elle permet de retenir les matières en suspension ainsi que les éléments métalliques.

Tableau 3: Résultats des essais (champ pétrolier de Sabria)

Eléments (mg/l)	Eau brute	Spill Sorb	Absorbant d'huile	CaCO ₃	Chaux
Mn	44,27	41,68	38,28	73,65	<0,5
Pb	8,07	6,88	6,46	11,71	2,46
Zn	24,92	22,17	21,35	41,52	<0,5
Fe	114,5	91,66	96,32	164,7	<0,5
Ba	15,27	13,26	12,49	25,39	26,35

Dans le but d'optimiser le procédé en recherchant d'éventuels supports capables de retenir les hydrocarbures, différents types de traitement ont été réalisés en utilisant comme supports de filtration la chaux éteinte mélangée avec d'autres produits tels que la silice industrielle, le sable, le carbonate de sodium, le sulfate d'Aluminium. Ainsi, cinq essais de traitements ont été appliqués sur l'eau de production du champ pétrolier de Sidi Kilani (SAÏDANE, 2003) en utilisant des supports de filtration variés (Tab. 4).

Tableau 4: Essais de traitement de l'eau de production du champ pétrolier de Sidi Kilani

Traitements	Nature du traitement
T-1	Silice
T-2	Sable
T-3	Chaux
T-4	Chaux + Na ₂ CO ₃ + Al ₂ (SO ₄) ₃
T-5	Chaux + Na ₂ CO ₃ + Al ₂ (SO ₄) ₃ + Sable

Tableau 5 : Résultats des essais de traitement de l'eau de production du champ pétrolier de Sidi Kilani

Eléments (mg/l)	Eau brute (EB)	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
Mn	0,46	0,46	1,37	0,17	0,14	0,1
Pb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Zn	0,03	0,17	0,05	<0,1	<0,1	<0,1
Fe	6,28	1,32	1,51	<0,1	<0,1	<0,1
Ba	1,3	1,32	1,11	2,32	1,25	1,41
HCT	5,5	<0,5	1,34	5,12	1,11	<0,5

L'examen des résultats des différents essais réalisés montre (Tab. 5 ; Fig. 4) que le traitement T5 correspondant à un ajout d'un mélange de Chaux éteinte + Na₂CO₃ + Al₂(SO₄)₃ + Sable, est le plus efficace (SAÏDANE, 2003). Dans ce cas, la chaux éteinte provoque une précipitation des métaux lourds Mn⁺⁺, Zn⁺⁺, Fe⁺⁺, Pb⁺⁺ et Ba⁺⁺. Le sulfate d'Alumine fait augmenter la taille des particules colloïdales en formant des précipités insolubles (DESJARDINS, 1988) qui, en se décantant, peuvent être retenus par le sable.

La filtration sur le sable permet en outre, de réduire la concentration des hydrocarbures totaux (HCT), et le résultat est meilleur (HCT < 0,5 mg/) quand cette filtration est précédée d'un traitement au préalable par un mélange de Chaux + Na₂CO₃ + Al₂(SO₄)₃ (Tab. 5 ; Fig. 4).

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les analyses chimiques effectuées sur des eaux de production de deux champs pétroliers implantés en Tunisie (champs pétroliers de Sabria et de Sidi Kilani) ont révélé des concentrations considérables en métaux lourds et en hydrocarbures. Le traitement de ces eaux s'avère nécessaire avant leur rejet dans l'Environnement.

Les essais de décontamination qui ont été réalisés sur les eaux de production des deux champs pétroliers de Sabria et de Sidi Kilani ont permis de dégager les conclusions suivantes :

1. La chaux éteinte est un matériau qui a montré une grande efficacité dans la décontamination des eaux de production pétrolière, surtout pour les métaux lourds.
2. Combinée avec le carbonate de sodium et le sulfate d'aluminium, la chaux éteinte s'est avérée également être un bon substrat capable de retenir en plus des métaux lourds, les hydrocarbures.
3. Les essais utilisant ces substrats comme supports de traitement des eaux de production ont permis d'obtenir des eaux purifiées dont les teneurs en métaux lourds et en hydrocarbures sont inférieures à celles fixées par la norme Tunisienne NT106.002.
4. Le substrat proposé comme support de traitement des eaux de production dans les champs pétroliers se distingue à la fois par sa grande efficacité et par un très bon rapport rendement/coût.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement les compagnies pétrolières HOL (Hungarian Oil Company) et CTKP (Compagnie Tuniso-Koweïtienne de Pétrole) pour leur assistance technique.

REFERENCES

- BOUSSIGA, H., 2000. Caractérisation de la charge métallique polluante des eaux de production du gisement pétrolier de SABRIA et mise au point d'une méthodologie de décontamination de ces eaux. Projet de fin d'Etudes. Faculté des Sciences de Tunis. 91p.
- DESJARDINS, R., 1988. Le traitement des eaux. Edition de l'Ecole Polytechnique de Montréal. pp. 40-45.
- MALCOLM, P., & LIGHT R., 1987. Model for the origine of geopressured brines, Hydrocarbons, Cap rocks and Metallic Mineral Deposits: Gulf Coast, U.S.A Academic Press, Inc. 527p.
- MAUREL, A., 1974. Osmose inverse et ultrafiltration. Techniques de l'Ingénieur, traité Environnement. J2 790. 8p.
- MOUCHET, P., 1974. Traitement des eaux avant utilisation. Filières et applications. Techniques de l'Ingénieur, traité Environnement. G1 172. 12p.
- SADAO, U., 1995. Connaissances de base pour la lutte contre la pollution des eaux usées. Cercle japonais d'étude pour la politique de protection de l'Environnement. 186p.
- SAIDANE, I., 2003. Essais de dépollution des eaux de production dans le champ de Sidi Kilani. Projet de fin d'Etudes. Faculté des Sciences de Tunis. 49p.

