



ELABORATION DE LA CARTE DE VULNERABILITE PAR LA METHODE DRASTIC : (CAS DE LA NAPPE DU MIO-PLIOCENE A HASSI- MESSAOUD, NORD- EST ALGERIEN)

Boudjema a, Guettaia s, Bouanani a, Baba hamed k.,

Département des Sciences de la Terre, Faculté des Sciences, Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, Algérie.

E-mail : haryte2003@yahoo.fr

Reçu le : 11/05/09

Accepté le : 15/06/09

RESUME :

L'activité pétrolière ne cesse de croître et atteindre un stade de développement considérable dans les domaines de recherche et de production des hydrocarbures, cette situation génère des sources de pollution qui peuvent nuire à la nature et à la qualité de vie. Parmi ces sources de pollution à Hassi Messaoud, les rejets liquides constitués par les eaux résiduelles des centres de traitement des Hydrocarbures et lors des réalisations des forages. Ce type de rejet engendre d'une manière directe la pollution du sol, caractérisée par des teneurs élevées d'Hydrocarbures et de métaux lourds. Nous avons essayé, à travers cette étude, de proposer une carte de vulnérabilité à la pollution du champ de Hassi Messaoud qui constituera un élément de base à toute implantation future de forage pétrolier ou d'activité industrielle. La carte de vulnérabilité, établie par la méthode DRASTIC et par les intervalles de Fréchette, a montré que la nappe du Miopliocène dans le Champ de Hassi Messaoud a un degré de vulnérabilité moyen, toutefois les analyses physico-chimiques et bactériologiques ont révélé une contamination dans une zone qui a un indice DRASTIC faible par rapport aux autres régions. Par conséquent, nous avons attribué de nouveaux intervalles et une nouvelle carte de vulnérabilité propre à Hassi Messaoud, ce qui a montré que les parties sud et est sont plus vulnérables par rapport aux autres régions.

Mots clés :

Activité pétrolière- Hassi Messaoud –Nappe libre –Boue de forage –Bourbier –Contamination –Méthode DRASTIC.

ABSTRACT:

The oil activity does not cease growing and to reach a considerable stage of development in the fields of research and production of oil, this situation generates sources of pollution which can harm the nature and the quality of life. Among these sources of pollution in Hassi Messaoud, the rejections waste water made up by processing centers of Hydrocarbons and at the time of the achievements of drillings. This type of rejection generates in a direct way, the pollution of the ground, characterized by high contents of Hydrocarbons and heavy metals. We tried through this study to propose a chart of vulnerability to pollution fields of Hassi Messaoud which will constitute a basic element with any future establishment of oil drilling or industrial activity. The chart of vulnerability, established by DRASTIC method and the intervals of Fréchette, showed that the aquifer of Miopliocen in the Field of Hassi Messaoud has an average degree of vulnerability, any time the analyses physicochemical and bacteriological revealed a contamination in a zone has a weak index DRASTIC compared to the other areas. Consequently, we allotted new intervals and a new chart of vulnerability suitable for Hassi Messaoud, which showed that the Southern part and East are more vulnerable compared to the other areas.

Key words:

Oil activity –Hassi Messaoud- unconfined aquifer – Mud of drilling –Mud pit –Contamination – DRASTIC method.

1-INTRODUCTION :

Le champ de Hassi Messaoud est considéré comme l'un des plus grands gisements dans le monde. Il fait partie d'un ensemble de structures formant la partie nord de la province Triasique, se situe à environ 850 km au Sud Sud-Est d'Alger et à 350 km à l'Ouest de la frontière tunisienne (fig. n°01).

Il est limité entre les coordonnées :

Lambert	
X	[790.000 - 840.000]Est
Y	[110.000 - 150.000]Nord

En surface, le champ de Hassi Messaoud est composé essentiellement de dunes de sables formant des Ergs. Il n'y a pratiquement aucun signe de présence de réseau hydrographique, ceci est dû, d'une part, à la rareté des précipitations et d'autre part, à la nature d'un terrain très perméable et à la topographie qui ne permet pas le ruissellement. Il est caractérisé par un climat désertique, avec une précipitation moyenne annuelle de 45mm et une température moyenne annuelle de 23,7 C°. Les eaux de la nappe du Mio-Pliocène dans le champ de Hassi Messaoud sont exposées au risque de contamination par les rejets des hydrocarbures, constitués par les eaux résiduaires des centres de traitement ou de forages pétroliers (photo n°01).

2-CONTEXE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE :

L'analyse lithostratigraphique et l'étude hydrogéologique au niveau du champ de Hassi Messaoud ont permis de diviser le complexe Terminal en deux aquifères (Soussi,2003) :

*Aquifère à nappe libre : formée essentiellement par des formations néogènes (e ≈360m). Il est représenté par les formations sableuses et Calcaireuses. Les eaux de cette nappe sont destinées essentiellement à l'activité pétrolière et de façon moindre aux différents usages domestiques (bases de vie et cités résidentielles). Les formations du Sénonien Carbonaté (e ≈107m) constituées par les Calcaires et les Dolomies, font partie de l'aquifère de la nappe phréatique car elles sont en communication hydraulique avec les formations adjacentes..

*Aquifère à nappe captive formée par les formations du Turonien (e ≈90 à 120m), constitué par les calcaires et quelques passées d'argiles. Les eaux de cette nappe sont injectées dans le forage pétrolier pour maintenir la pression du gisement d'Hydrocarbure. Leur salinité est de 210 g/l et leur densité est de 1,13(Direction Régionale de Forage, 2003).

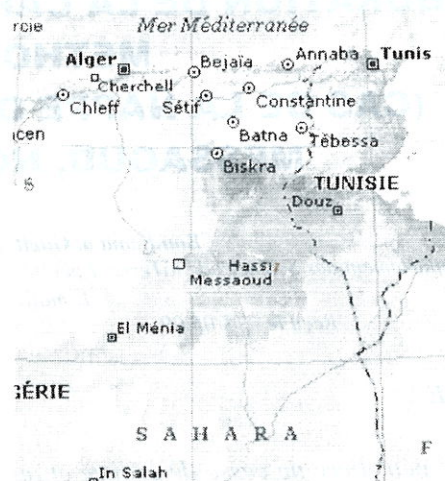


Fig.01: Situation géographique de la zone d'étude



Photo n°1:Etat des bourbiers dans le champ de Hassi Messaoud.

3) ENQUETE ENVIRONNEMENTALE SUR LE CHAMP DE HASSI MESSAOU :

L'activité des unités industrielles de Hassi Messaoud produit diverses sources de pollution présentées par :

3.1) Rejets liquides : Un rejet liquide est défini comme étant tout déversement, écoulement, direct ou indirect d'effluents liquides.

Les rejets des Hydrocarbures issus de l'activité industrielle à Hassi Messaoud présentent la plus grande partie. Leur biodégradabilité est lente, leur présence dans les eaux souterraines, peut atteindre plusieurs années, en raison du pouvoir de rétention du sol, c'est la raison pour laquelle les ressources en eaux souterraines doivent être sévèrement protégées contre le risque de contamination par les hydrocarbures.

Ce qui revient à dire, que le rythme actuel d'industrialisation doit nécessairement susciter des mesures et des actions de régulation, si l'on

veut maintenir l'équilibre écologique de la région d'étude et d'éviter le risque certain de destruction du milieu à titre des problèmes ainsi créés. on peut noter :

- Pollution de la nappe libre du complexe terminal.
- La saturation du système d'évacuation.
- La participation des eaux de rejets à l'alimentation de la nappe et la contribution en même temps au phénomène de la remontée des eaux.

3.1.1) Type de rejets liquides à Hassi Messaoud :

Constitués par les eaux résiduaires des centres de traitement ou de forage. Ce type de rejets engendre de manière directe la pollution du sol.

Les rejets liquides proviennent des centres de production ou de réalisation de forage, ils sont principalement constitués de :

- Eau de purge.
- Eau de nettoyage.
- Eau de refroidissement.

Ces eaux sont caractérisées par des teneurs élevées d'hydrocarbures et de métaux lourds. On distingue aussi une autre source de pollution :

Du point de vue général, un chantier de forage est une source ponctuelle de pollution, mais dont les activités se déroulent dans un périmètre défini, induisant des nuisances qui peuvent se propager en dehors des limites du site. On peut situer les sources de nuisance à deux niveaux :

• En surface:

D'après le bilan établi par la Sonatrach en 1998, le site d'un puits vertical à Hassi Messaoud reçoit en surface plusieurs formes de rejets liquides sous formes de :

*Quantités de boues associées par enrobage aux déblais de forage (le volume de déblais estimé à 600m^3 /puits, soit un volume de 250m^3 de déblais forés à base d'huile et 350m^3 de solides forés à base d'eau).

*Quantités de boues éjectées intentionnellement parce que jugées sans intérêt. Exemple : en 1998, le volume éjecté pour les phases 17 ½, 12 ¼, 8 ½, 6'' est de 10841m^3 .

*Les déversements accidentels d'huiles de vidange.

*Quantité de boue éjectée lorsque cette dernière devient contaminée par l'eau de formation. Exemple : l'eau du LD2 (Lias dolomitique, au niveau du LD2, il y a risque de venues des eaux chlorurées calciques enfermées dans les dolomies du LD2 (Rapport Sonatrach, 2002).

• Dans le sous sol :

D'autres formes s'ajoutent à la pollution de surface :

*Les quantités d'eau de filtrat .

*Les pertes de boue dans des formations géologiques fracturées .

04) POLLUTION DES NAPPES SOUTERRAINES :

Dans le cas des régions désertiques (région de Hassi Messaoud), la pollution hydrique concerne essentiellement les nappes d'eau souterraines qui sont la seule source d'eau pour les besoins domestiques et industriels.

Dans le cas d'une forte contamination en surface, qui est le cas à Hassi Messaoud, il est possible que ces contaminants atteignent des profondeurs pouvant altérer la qualité des eaux souterraines. Pour cela, des études physico-chimiques et bactériologiques sont primordiales.

4.1) Interprétation des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux du Mio -Pliocène à Hassi Messaoud :

Dans le cadre du suivi de la qualité des eaux du Mio-Pliocène et l'influence des eaux des bourbiers rejetées sur la qualité des eaux du Mio-Pliocène, des analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été effectuées sur les eaux :

-Du borbier du centre industrielle sud de Hassi Messaoud (CIS)(Fig. n°02).

-Un Puits témoin implanté à proximité du centre industriel Sud (Pt).

4.1.1) Qualité des eaux du borbier (CIS) et du puits témoin :

*Détermination des éléments toxiques et indésirables :

Les échantillons ont été prélevés au niveau du borbier et au niveau du puits témoin (Pt) en deux périodes, les analyses ont été effectuées par le laboratoire de Direction Mud logging à Hassi Messaoud (Tableau n°01) :

Les résultats des analyses effectuées sur le borbier et le puits témoin (Pt), montrent que la majorité des concentrations des éléments toxiques et indésirables dans le puits témoin sont nettement supérieures à celles du borbier, ce qui traduit une infiltration.

Les analyses des eaux du puits témoin (Pt) en 1994 et en 2002, portées sur les éléments indésirables et toxiques, montrent qu'il y a une diminution de ces éléments dans les eaux du forage analysées en 2002 par rapport à celle de 1994, ce qui traduit une propagation du polluant.

La demande chimique en oxygène (DCO) des eaux du borbier et les eaux du puits témoin en 1994 est très élevée ce qui laisse à supposer une contamination de la nappe par les produits éjectés dans le borbier du C.I.S.

On constate une diminution des éléments DCO, nitrites, nitrates dans les eaux du puits témoin (Pt), analysées en 2002, par rapport à celle analysées en 1994, ce qui renforce la théorie de la propagation du polluant.

Pour les éléments nitrates, nitrites, on constate que leurs concentrations dans le borbier pour l'année 1994 se rapprochent à celles mesurées dans le puits témoin, ce qui renforce la théorie de la contamination de la nappe par les produits éjectés dans le borbier du centre industriel Sud.

Tableau n°01: Analyse des eaux du borbier et des deux puits témoins (1994 et 2002) pour les éléments toxiques et indésirables (Sonatrach exploration, 2003).

Année	1994		Puits témoin 2002	
Elément indésirable	Concentrations (Mg)			
	Bourbier		Puits	
	Echantillon (01)	Echantillon (02)	Puits t (02)	Puits (02)
Cuivre	0,03	0,01	0,04	0
Fer (Fe)	77,74	29,49	15,86	0,01
Manganèse (Mg)	0,6	1	3	0
Zinc(Zn)	0,1	0,1	0,1	0,05
Toxiques	Concentrations (Mg)			
Chrome(Cr ³)	0,1	0,1	0,2	0
Plomb(Pb)	0,1	0,2	0,1	0
Cadmium(Cd)	0	0,1	0,1	/
Nikel(Ni)	1,3	1,5	2,3	/
Hydrocarbures	/	0,01	0,016	/
Organiques	Concentrations (Mg)			
Nitrites (No2)	0,009	0,01	0,012	0,009
Nitrates (No3)	0,5	1	1	0
Phosphates	0,06	0,19	0,06	0,34
DCO	29	42	78	12
DBO	/	/	/	4

NB : La teneur en hydrocarbures déterminée dans l'eau du borbier représente seulement la quantité émulsionnée dans cette eau. La couche hydrocarbure flottante n'était pas prise en considération. Cette dernière empêche la dissolution de l'oxygène de l'air dans l'eau du borbier.

05- ELABORATION DE LA CARTE DE VULNERABILITE PAR LA METHODE DRASTIC :

La pollution constitue un risque permanent de limitation des ressources en eaux souterraines. L'urbanisation croissante et le développement économique contribuent à la dégradation quantitative et qualitative des eaux souterraines. La protection et la préservation de ces ressources sont une nécessité de premier ordre particulièrement dans les zones arides où l'eau souterraine constitue la principale source hydrique. Ainsi, la cartographie de la vulnérabilité environnementale des nappes à la pollution se présente comme un outil efficace pour limiter et contrôler les risques de dégradation de la qualité de ces eaux. Les cartes de vulnérabilité aux pollutions constituent une base d'information essentielle pour la gestion des ressources en eau, pour l'évaluation des risques de pollution des nappes et la mise en place de mesures destinées à la prévention des pollutions accidentelles.

La méthode **DRASTIC** est une méthode standardisée, d'évaluation et de cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines indépendamment du type de polluant et qui prend en compte la majeure partie des facteurs hydrogéologiques qui affectent et contrôlent l'écoulement des eaux souterraines : la profondeur de l'eau(D), la recharge efficace(R), les matériaux de l'aquifère(A), le type du sol(S), la topographie(T), l'impact de la zone vadose (zone aérée)(I) et la perméabilité de l'aquifère(C). Ces facteurs sont représentés par des poids et des côtes qui dépendent respectivement de leur importance relative et des conditions hydrogéologiques locales. La combinaison des poids et côtes des divers paramètres aboutissent à une valeur numérique qui est l'indice DRASTIC. La cartographie de l'indice de vulnérabilité repose sur la superposition de sept (7) cartes indicielles.

La carte de vulnérabilité établie par la méthode DRASTIC pour la région de Hassi Messaoud et le tableau de Fréchette, 1987 (Tableau n° 02), ont montré que cette région d'étude est exposée à un degré de vulnérabilité moyen, mais nous avons constaté que la zone du CIS (Fig. n°02) a été contaminée en 1994, c'est une zone où l'indice DRASTIC est l'un des plus faibles dans le champ de Hassi Messaoud (Fig. n°02), par conséquent, on peut élaborer une carte de vulnérabilité par la méthode DRASTIC et suivant les intervalles du Tableau n°03 (BOUDJEMA,2008).

La carte de vulnérabilité élaborée montre que les régions Sud et Sud-Est ont un degré de

vulnérabilité très élevée, tandis que les autres zones présentent une vulnérabilité élevée (Fig. n°03).

Tableau n°02: Indice DRASTIC et degré de vulnérabilité (Fréchette 1987)

Intervalle de l'indice DRASTIC	Degré de vulnérabilité
23 à 84	Vulnérabilité très faible
85 à 115	Vulnérabilité faible
115 à 145	Vulnérabilité moyenne
146 à 175	Vulnérabilité élevée
176 à 226	Vulnérabilité très élevée

Tableau n°03: Intervalles des indices DRASTIC et degrés de vulnérabilité adaptés pour le Champ de Hassi Messaoud (Boudjema, 2008)

Intervalle	Degré de vulnérabilité
113-128	Vulnérabilité élevée
128-143	Vulnérabilité très élevée

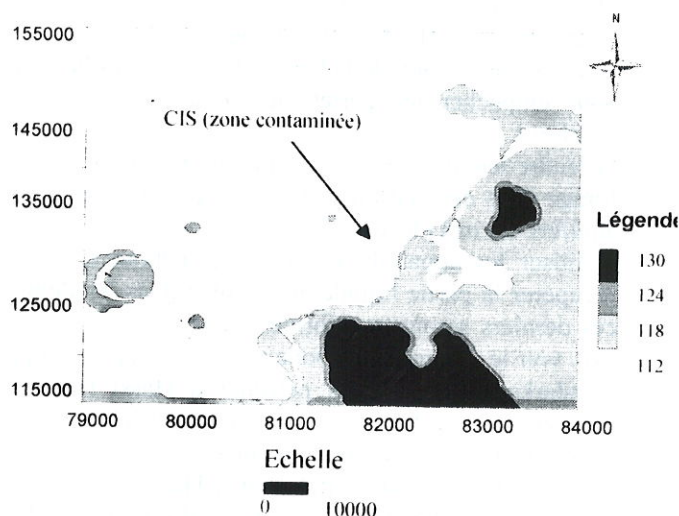


Fig. n°02: Carte des indices DRASTIC de la nappe du Mio-Pliocène au niveau du Champ de Hassi Messaoud.

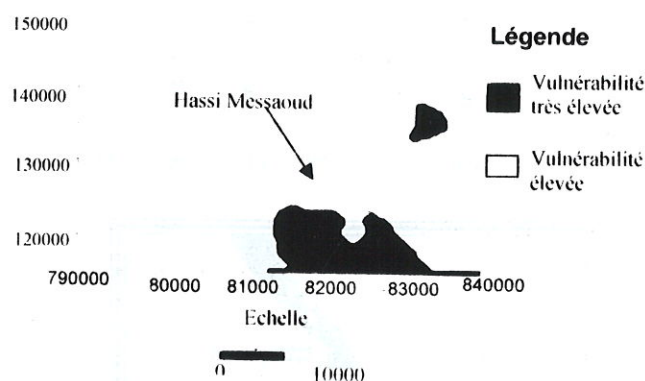


Fig. n°03 : Carte des indices DRASTIC de la nappe du Mio-Pliocène au niveau du Champ de Hassi Messaoud (Boudjema, 2008)

6-RECOMMANDATIONS :

Afin de préserver nos sources d'eau de toute contamination par les produits d'activité pétrolière on doit prendre certaines précautions citées comme suit:

*Utiliser des citernes pour séparer les différents types de fluides contaminés (exp. les boues KCl, les fluides du lavage de l'appareil, de fracturation et de complétion).

*Renforcer les équipements de contrôle des produits solides (exp. l'Hydrocyclone) pour réduire le volume de la boue déchargée aux bourniers.

*Utiliser moins d'éléments toxiques dans la boue de forage (Utiliser les produits à base organique exp. l'amidon).

*Le tubage doit être conçu pour résister à la corrosion et doit être bien cimenté pour éviter tout contact entre l'eau de l'aquifère et le fluide de forage.

*Eviter l'utilisation des fluides de forage à base huile.

*Utiliser des fluides de forage à base d'eau qui contiennent surtout de la bentonite ou de l'argile naturelle pour empêcher les pertes de fluide dans les couches aquifères.

*Prendre les mesures de précaution appropriées lors d'un forage dans des endroits où la vulnérabilité de la couche aquifère est très élevée.

*Utiliser les appareils vert-G dryer (Photo n° 02) pour récupérer la partie liquide encapsulée dans les déblais où ces derniers seront transformés en poudre (Photo n°03) , exp. voir le volume de la boue récupérée par la compagnie Anadarko pour un puits pétrolier à Hassi Berkine par l'utilisation de la Vert-G dryer (Tableau n°04).

Tableau n°04: Volume récupéré de la boue à base huile pour un puits pétrolier à Hassi Berkine, par la compagnie Anadarko, lors de l'utilisation de la Vert-G dryer (Sonatrach,2003).

Volume maven	12 ¼ Section			8 ½ Section			6" Section		
	Vp (Baril)	Vper (Baril)	VRé (Baril)	Vp (Baril)	Vper (Baril)	VRé (Baril)	Vp (Baril)	Vper (Baril)	VRé (Baril)
	963	630	552	178	112	98	33	26	22

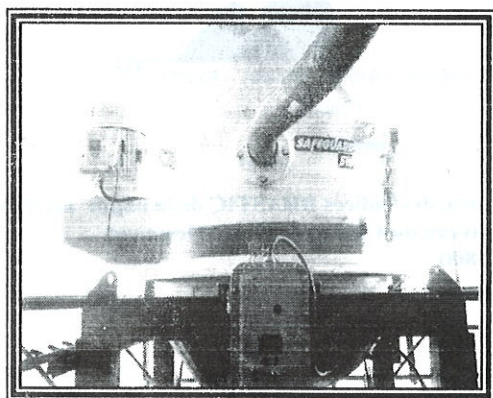


Photo n°02: Appareil Vert G Dryer.



Photo n°03: Etat des déblais après traitement.

*La protection de notre environnement: Ceci ne peut être requis sans l'organisation des réunions d'information pour sensibiliser le personnel du chantier.

*Restauration du site: le site doit être nettoyé à la fin des travaux et remis dans l'état où il a été avant la réalisation du puits. Cette remise à l'état initial doit être constatée et consignée dans un procès verbal.

*A la fin, ces dispositifs ne peuvent être appliqués sur le terrain que par l'assistance permanente des agents du ministère de l'environnement sur site.

SYMBOLES :

Fig : Figure.	LD2 :Lias Dolomitique.
CIS :Centre Industriel Sud.	Pt : Puits témoin.
PH :Potentiel d'Hydrogène.	Vp : Volume puits
Vper : Volume perdu	Vrec :Volume récupéré

BIBLIOGRAPHIE :

- BOUDJEMA, A : 2008. *Etude d'impact de l'activité pétrolière à la contamination de la nappe du Mio-Pliocène dans le champ de Hassi Messaoud*. Thèse, Magister. Univ. Tlemcen. 134P.
- BRGM : 2002. *Cartographie de la vulnérabilité des nappes de Grande-Terre et de Marie-Galante ; Guadeloupe, France*. Edit 2002. 45060 Orléans, Cedex 2 France. 75P.
- SONATRACH EXPLORATION : 2003. *Corporate HS&E Management System*. Rapp. intern. Hassi Messaoud. Ouargla, Algérie, 213P.
- SOUSSE S : 2003. *Description géologique des champs pétroliers du Sud de l'Algérie*. Rapp. Intern/Hassi Messaoud, Ouargla, Algérie, 213 P.