



CARTOGRAPHIE DE LA VULNERABILITE A LA POLLUTION DE LA NAPPE ALLUVIALE DE TEBESSA-MORSOTT (BASSIN VERSANT DE L'OUED KSQB) EXTREME EST ALGERIEN

DRIAS T.¹, TOUBAL A.C.²

¹Laboratoire de gestion intégré des ressources en eau MGRE, Faculté des sciences, UHL Batna. Algérie.

²Directeur de Recherche, FSTGAT, USTHB, BP : 32 El Alia, Bab Ezzouar, Algeria.

tdrias@gmail.com

RESUME

Une nouvelle méthodologie est proposée pour la caractérisation de la vulnérabilité à la pollution des nappes d'eau souterraine libres. Cette méthodologie constitue une amélioration de la méthode DRASTIC, universellement utilisée. La vulnérabilité à la pollution est basée uniquement sur les paramètres relatifs à la recharge, au sol (pente et nature) et à la zone non saturée (faciès et épaisseur) de l'aquifère, tandis que la méthodologie proposée est basée uniquement sur les paramètres propres à la zone saturée.

Cette méthodologie a été appliquée au bassin de l'oued Ksob situé à l'extrême Est Algérien renfermant une nappe fortement sollicitée, qui s'étend sur environ 320 km² d'extension.

Les résultats ont montré que cette nappe est caractérisée par une vulnérabilité globalement moyenne à faible. Les champs captant d'eau potable (produisant environ 400 l/s) sont par contre situés dans des secteurs de moyenne à forte vulnérabilité à la pollution, leur protection par des périmètres de protection rapprochée et éloignée est recommandée dans les plus brefs délais.

Mots clés: Algérie, bassin de l'oued Ksob, SIG, Vulnérabilité, DRASTIC, DRIST.

INTRODUCTION

Les méthodes d'estimation de la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution sont Très nombreuses. La multiplicité des Méthodes provient aussi bien des

objectifs recherchés (la réglementation, les activités Humaines, les polluants), que du nombre d'organismes qui développent leur propre méthode pour une utilisation spécifique à leur pays.

Contrairement à la méthode DRASTIC qui fait intervenir les paramètres relatifs à la fois à la recharge, à la zone non saturée et saturée d'un aquifère, la méthodologie que nous proposons est basée sur les seuls paramètres relatifs à la recharge, au sol (pente et nature lithologique) et à la zone non saturée (nature et épaisseur). En effet, nous considérons que seuls ces paramètres interviennent dans la transmission de la pollution vers la nappe à partir de la surface du sol.

Ce travail de recherche, intéresse la nappe alluvionnaire de Tébessa-Morsott fortement sollicitée qui alimente actuellement plusieurs centres urbains regroupant une population d'environ 132000 habitants. Actuellement la nappe est menacée par de nombreux foyers de pollution, en particulier les rejets des eaux domestiques et des petites industries qui sont déversés dans la nappe sans traitement préalable et en dehors de toute mesure de protection de la ressource en eau.

LE MILIEU RECEPTEUR

La zone étudiée (Figure 1) fait partie du bassin versant de l'Oued Medjerda, sous bassin de l'oued ksob, située dans l'extrême Nord-Est Algérien. Le climat y est semi-aride, avec une température moyenne de 15°C et une pluviométrie annuelle n'excédant pas les 350 mm. Elle est drainée principalement par l'oued Kébir et l'oued Chabro.

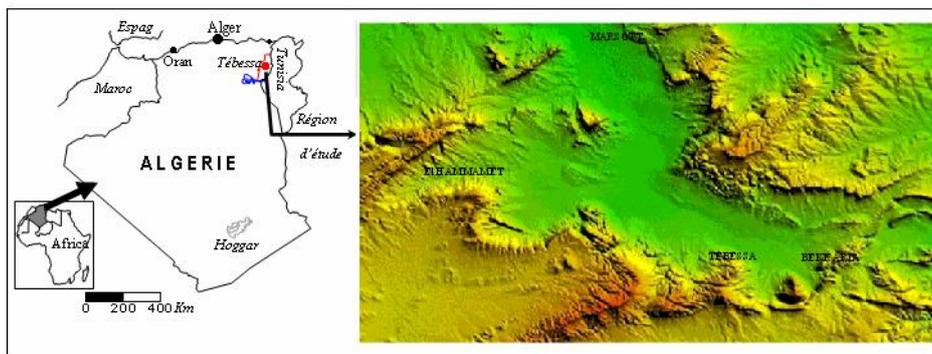


Figure 1: Situation géographique de la zone d'étude

La plaine correspond à un fossé d'effondrement à remplissage continental plio-quaternaire reposant sur un substratum marneux d'âge Miocène (Figure 2).

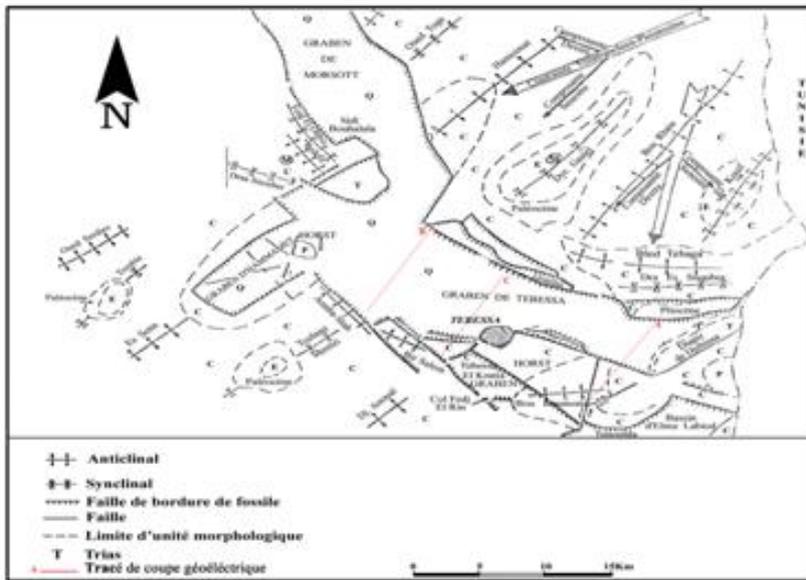


Figure 2 : Carte structurale de Tébessa D'après Kowalski (1997)

Le contact des formations de bordures avec les alluvions (Figure 3), se fait à travers des failles masquées par les colluvions et éboulis de pente récentes. Ainsi les calcaires albo-aptiens du Dj Bouremène, les calcaires turoniens du Dj Doukane et maëstrichtiens du Dj Mestiri, constituent une limite d'alimentation importante.

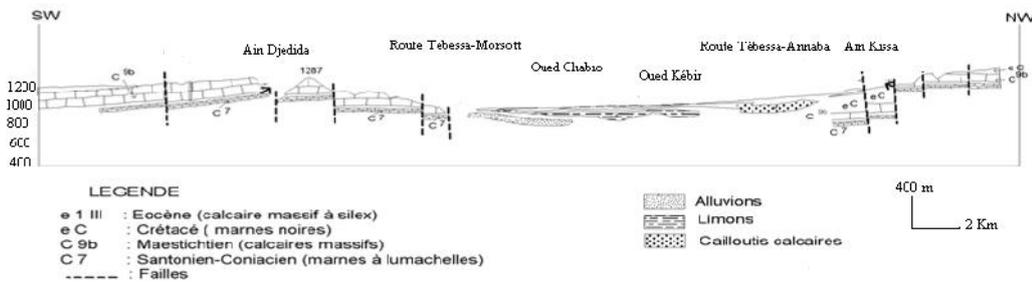


Figure 3 : Coupe géologique schématique montrant le contact entre les formations de bordures et le remplissage alluvionnaire

L'étude géophysique révèle l'existence d'une structure synclinale comblée par un niveau très hétérogène de résistivité variant de 10 à 100 Ω .m correspondant aux alternances de sédiments perméables et aquifères, sable, argile sableuse,

cailloutis de calcaire et limons plus aux moins sableux séparés par écrans étanches (Plio-Quaternaire). Ainsi est réalisé un système aquifère à nappes empilées, communication entre elles. Ces formations reposent sur un niveau conducteur dont la résistivité varie de 2 à 8 Ω.m, correspondant aux marnes Dano-Montiennes (Figure 4).

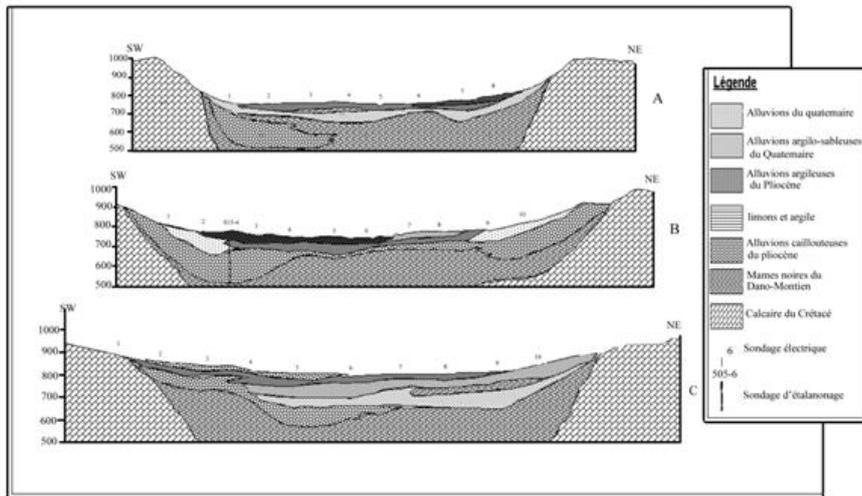


Figure 4: Coupe géoélectriques: (a) zone de Bekkaria, (b) zone de Ain Chabro, (c) zone de Tébessa, (CGG 1975).

DESCRIPTION DE LA METHODE DRASTIC

La méthode DRASTIC a été mise au point par l’EPA (Environmental Protection Agency) aux Etats-Unis en 1985 et Aller et al. en 1987, afin d’estimer le potentiel de pollution des eaux souterraines (Schneblen et al. 2002). Elle permet d’évaluer la vulnérabilité verticale en se basant sur sept critères :

Tableau1: Poids attribués aux paramètres DRASTIC (Aller et al., 1987)

C	Perméabilité	Plus ce paramètre est grand, plus le transfert du polluant est rapide.	3
Symbole	Paramètre	Propriétés	Poids
D	Profondeur de la nappe	Plus cette profondeur est élevée, plus le contaminant met beaucoup de temps pour atteindre la surface piézométrique.	5
R	Recharge	Véhicule principal pour le transport du contaminant. Plus cette recharge est grande, plus le risque de contamination est élevé.	4
A	Lithologie de l’Aquifère	Caractérisée par la granulométrie des terrains saturés. Elle intervient dans le piégeage du polluant qui peut s’échapper au pouvoir d’absorption du sol. Plus la granulométrie est fine, plus le piégeage du polluant est grand	3
S	type de Sol	Plus le sol est riche en argile, plus l’absorption des métaux lourds est importante, et plus la protection des eaux souterraines est grande.	2
T	Topographie	Plus la pente des terrains est grande, plus le ruissellement des eaux est important et par conséquent la contamination des eaux souterraines est faible	1
I	Zone non saturée	Son impact est déterminé à partir de la texture des terrains qui la constituent. La percolation du polluant jusqu’à la surface piézométrique est d’autant plus grande que cette texture est favorable	5

Chaque critère est cartographié avec un index, appelé aussi cote (C), allant typiquement de 1 à 10. Un facteur de pondération (p) est ensuite appliqué aux différents critères afin de relativiser leur importance respective en termes de vulnérabilité. (Tableau 2).

Tableau 2 : Classes et notes des sept paramètres (Lallemand et Barres, 1994).

D : Profondeur de la nappe (m)		R : Recharge (mm)	
Valeurs (m)	Cote	Valeurs (mm)	Cote
0 – 1.5	10	25.5	9
1.5 – 4.5	9	17.5 – 25.5	8
4.5 – 9	7	10 – 17.5	6
9 - 15	5	5 - 10	3
15 - 22	3	0 - 5	1
22.5- 30	2		
>30	1		
A : Nature de la zone saturée		S : Nature du sol	
Calcaire karstique	10	Mince ou absent	10
Sable et gravier	8	Sables	9
Grès massif	6	Limons sableux	6
Métamorphique altéré	4	Limons	4
Métamorphique	3	Limons silteux	3
Massive shale	2	Argiles	1
T : Topographie (pente)		I : lithologie de la couche vadose	
Valeurs (%)	Cote	Calcaire Karstique	10
0 à 2	10	Sable et gravier	9
2 à 6	9	Sable et gravier avec silt et argile	8
6 à 12	5	Grès	6
12 à 18	3	Calcaire	6
> 18	1	Silt et argile	1
0 à 2	10		
C : Perméabilité			
Valeurs (m/s)	Cote		
>9,4.10 ⁻⁴	10		
4,7.10 ⁻⁴ à 9,4.10 ⁻⁴	8		
32,9.10 ⁻⁵ à 4,7.10 ⁻⁴	6		
14,7.10 ⁻⁵ à 32,9. 10 ⁻⁵	4		
4,7.10 ⁻⁵ à 14,7.10 ⁻⁵	2		
4,7. 10 ⁻⁷ à 4,7.10 ⁻⁵	1		

Une fois les différentes classes définies et leurs cotes attribuées, la méthode détermine l'indice DRASTIC (Id) qui permet de caractériser le degré de vulnérabilité d'un secteur donné de la nappe. La vulnérabilité est d'autant plus importante que l'indice (Id) calculé est élevé. Cet indice est défini de la manière suivante:

$$Id=(Dc \times Dp)+(Rc \times Rp)+(Ac \times Ap)+(Sc \times Sp)+(Tc \times Tp)+(Ic \times Ip)+(Cc \times Cp)$$

où D,R,A,S,T,I,C, sont les paramètres cités plus haut :

c : cotation accordée à chaque paramètre

p : facteur de pondération accordé à chaque paramètre.

Les cartes thématiques

Les cartes ainsi obtenues permettent de visualiser le degré relatif de vulnérabilité d'un secteur de la zone étudiée. Le potentiel de pollution augmente dans le même sens que l'index. L'indice de vulnérabilité DRASTIC représente une évolution du niveau de risque de contamination d'une formation aquifère. Ce risque augmente avec la valeur de l'indice. Celui-ci peut prendre une valeur maximale de 226 et une valeur minimale de 23.

Pour chacun des sept paramètres utilisés par la méthode DRASTIC, une carte thématique est réalisée. Sur chacune de ces cartes, sont délimitées les zones caractérisées par un indice de vulnérabilité partiel du paramètre correspondant.

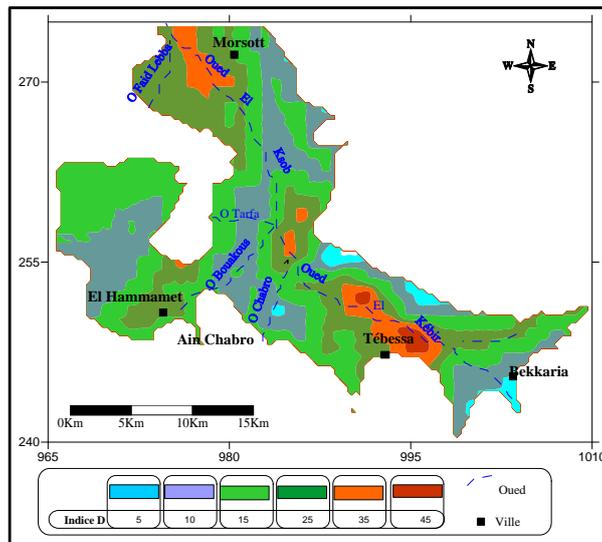


Figure 5: Carte du paramètre (D), profondeur de l'eau de la nappe alluviale de Tébessa-Morsot.

Cartographie de la vulnérabilité à la pollution de la nappe alluviale de Tébessa-Morsott (Bassin versant de l'Oued Ksob) Extrême Est algérien

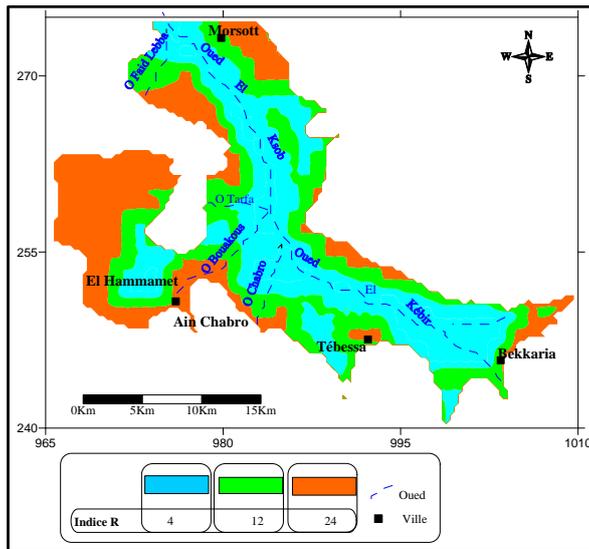


Figure 6: Carte du paramètre (R), la recharge de la nappe alluviale de Tébessa-Morsott.

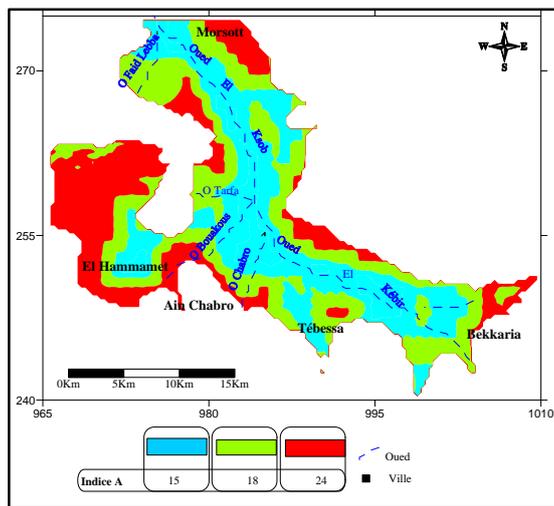


Figure 7: Carte du paramètre (A), matériaux de l'aquifère (la nappe alluviale de Tébessa-Morsott).

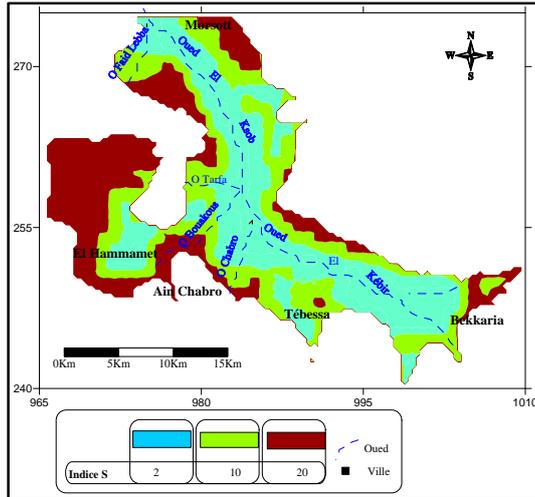


Figure 8: Carte du paramètre (S), nature de sol (la nappe alluviale de Tébessa-Morsott)

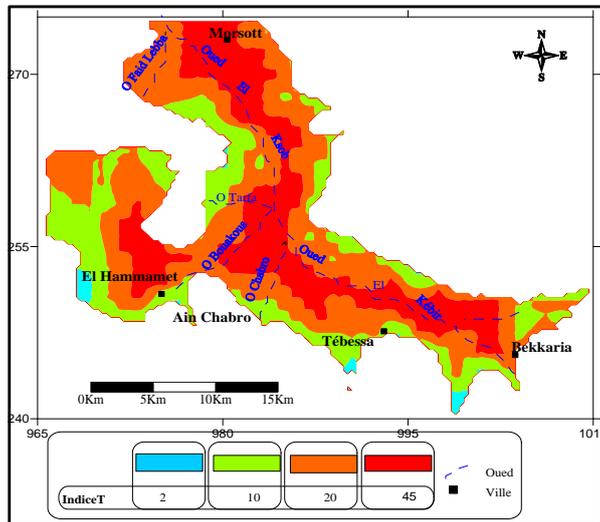


Figure 9: Carte du paramètre (T), topographie (la nappe alluviale de Tébessa-Morsott).

Cartographie de la vulnérabilité à la pollution de la nappe alluviale de Tébessa-Morsott (Bassin versant de l'Oued Ksob) Extrême Est algérien

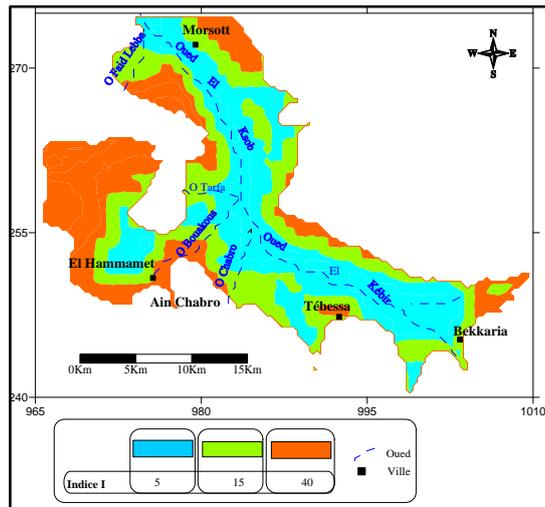


Figure 10: Carte du paramètre (I), de la zone vadose (la nappe alluviale de Tébessa-Morsott).

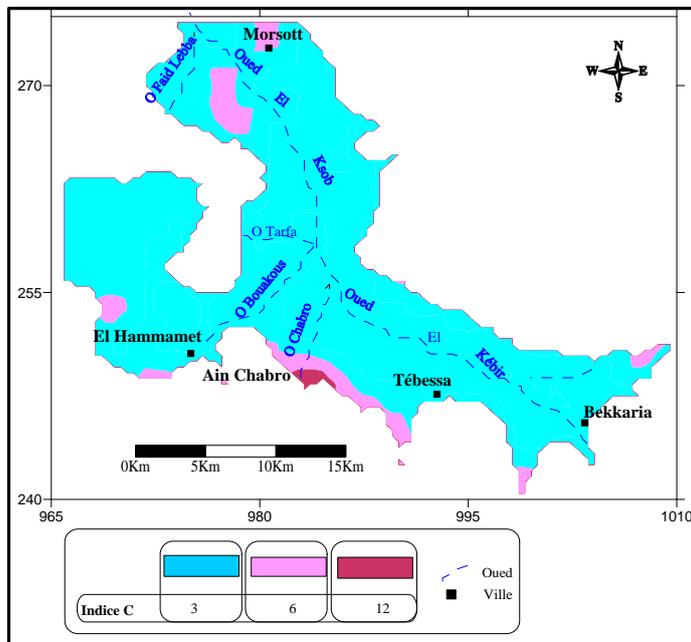


Figure 11: Carte conductivité hydraulique (C), (la nappe alluviale de Tébessa-Morsott)

Carte de synthèse (vulnérabilité à la pollution)

Le calcul de l'indice DRASTIC (Id) au niveau de la plaine de Tébessa-Morsott, a permis d'établir une carte de vulnérabilité (Figure 12), dont laquelle nous pouvons distinguer quatre classes de degré de vulnérabilité différentes :

- Classe I : Très faible vulnérabilité ($35 < Id < 75$)
- Classe II : Faible vulnérabilité ($75 < Id < 105$)
- Classe III : Moyenne vulnérabilité ($105 < Id < 135$)
- Classe IV : Forte vulnérabilité ($135 < Id < 165$)

Ces classes peuvent être regroupées en deux zones :

- Une zone à très faible et à faible vulnérabilité localisée en particulier au centre de la plaine et le long de l'Oued Chabro-Ksob, elle est située dans les aires influencées par les activités agricoles et les rejets urbains.
- Une zone à moyenne et forte vulnérabilité, localisée aux bordures en particulier au niveau des zones urbaines (Tébessa ville, El Hammamet, Ain Chabro et Morsott), dans ces endroits sont implantés la majorité des forages destinés à l'AEP et les besoins agricoles. Ces zones dès à présent doivent être soumises à un contrôle rigoureux pour définir les mesures de protection adéquates.

La diminution du degré de vulnérabilité au centre de la plaine est liée principalement :

- A la nature du sol caractérisé par une texture fine (limono-argileuse) et la très faible recharge ;
- A la lithologie de la zone saturée caractérisée par la dominance des argiles avec des intercalations de sables fins.

L'augmentation du degré de vulnérabilité aux bordures de la nappe est liée beaucoup plus à la nature graveleuse du sol de la zone vadose et des matériaux de l'aquifère qui sont très perméables.

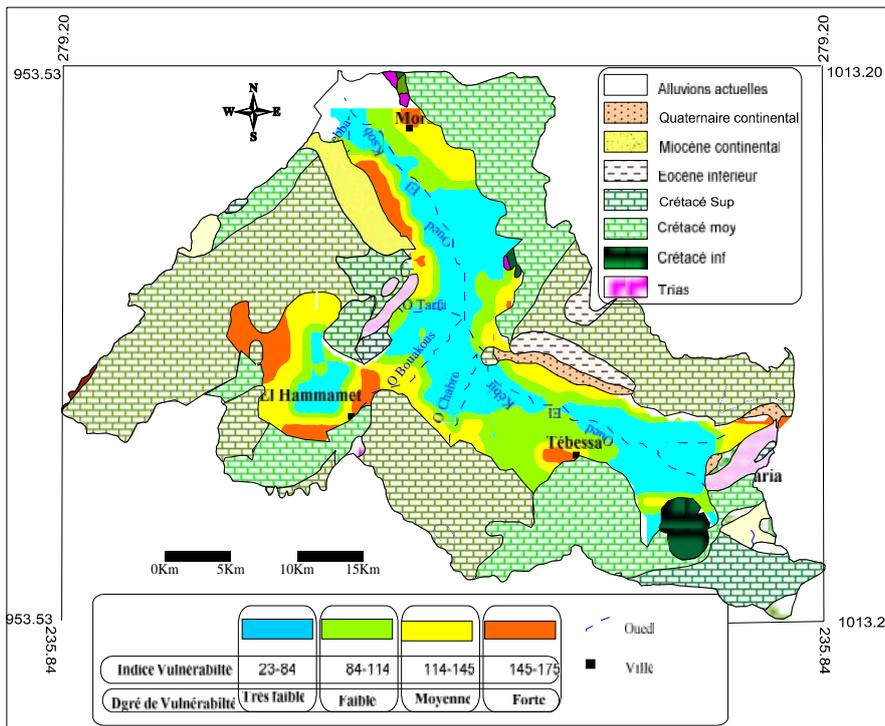


Figure 12: Carte de vulnérabilité à la pollution de la nappe alluviale de Tébessa- Morsott. (Application de la méthode DRASTIC)

APPROCHE DE VULNERABILITE DE LA NAPPE ALLUVIALE DE TEBESSA-MORSOTT PAR LA METHODE DRIST (METHODOLOGIE PROPOSEE)

Contrairement à la méthode DRASTIC qui fait intervenir les paramètres relatifs à la fois à la recharge, à la zone non saturée et saturée d'un aquifère, la méthodologie que nous proposons est basée sur les seuls paramètres relatifs à la recharge, au sol (pente et nature lithologique) et à la zone non saturée (nature et épaisseur). En effet, nous considérons que seuls ces paramètres interviennent dans la transmission de la pollution vers la nappe à partir de la surface du sol.

Les mêmes poids, notes et classes que celles définies par la méthode DRASTIC, ont été attribués (dans la méthode proposée) aux paramètres utilisés. L'indice de vulnérabilité vertical I_v est calculé en faisant la somme des produits : note et poids de chaque paramètre pris en compte:

$$\text{Avec: } I_v = (R_r \times R_w) + (T_r \times T_w) + (S_r \times S_w) + (I_r \times I_w) + (D_r \times D_w)$$

R,T,S,I,D : représentent respectivement les paramètres pris en compte: recharge, pente du sol, nature du sol, nature de la zone non saturée et profondeur de la surface de la nappe.

r et w : représentent respectivement le poids et la note attribués à chaque paramètre pris en compte.

L'indice Iv peut varier entre les valeurs extrêmes suivantes: 27 (Iv min) et 166 (Iv max).

Cinq classes de vulnérabilité différentes ont été définies selon la valeur de l'indice Iv ; leurs limites s'établissent comme suit:

- 27 < Iv 50 : Très faible vulnérabilité (couleur bleue)
- 50 < Iv 80 : Faible vulnérabilité (couleur verte)
- 80 < Iv 110 : Moyenne vulnérabilité (couleur jaune)
- 110 < Iv 140 : Forte vulnérabilité (couleur orange)
- 140 < Iv 166 : Très forte vulnérabilité (couleur rouge)

L'interprétation de la carte de vulnérabilité (Figure 13) met en évidence deux zones :

- La première zone de très faible et faible vulnérabilité riveraine des oueds (Kébir et Chabro) ; ceci est du principalement à la nature lithologique (limono-argileuse) défavorable au transfert des polluants.
- Une deuxième zone de moyenne et forte vulnérabilité qui occupe les bordures Sud et Sud- Ouest de la plaine plus précisément à Ain Chabro et El Hammamet.

Cartographie de la vulnérabilité à la pollution de la nappe alluviale de Tébessa-Morsott (Bassin versant de l'Oued Ksob) Extrême Est algérien

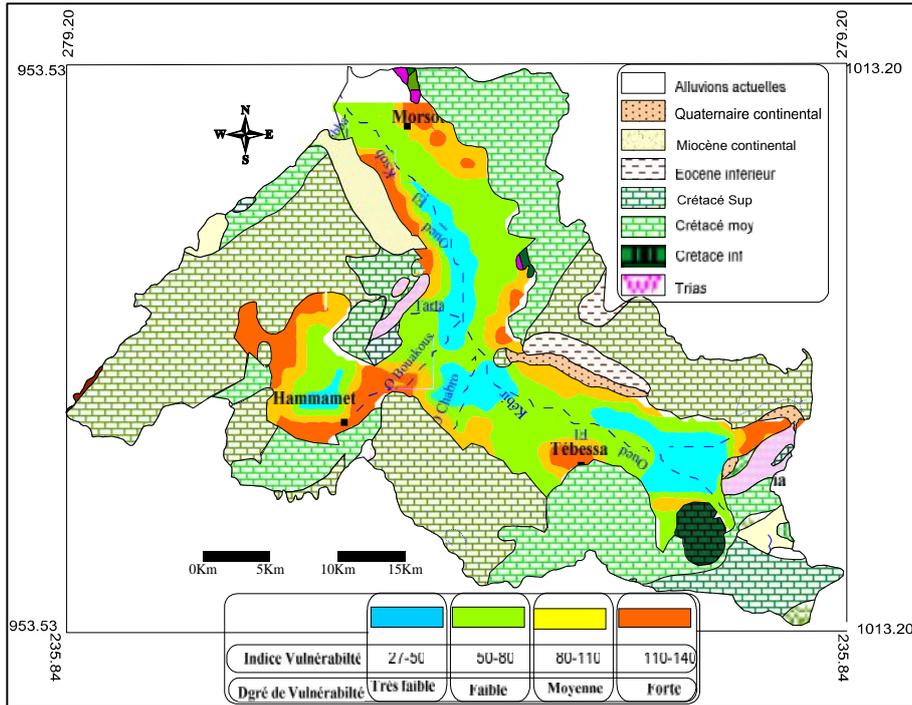


Figure 13: Carte de vulnérabilité à la pollution de la nappe alluviale de Tébessa- Morsott. (Application de la méthode DRIST).

CONCLUSION

Deux méthodes ont été adoptées pour la cartographie de la vulnérabilité à la pollution chimique de l'aquifère alluvionnaire de Tébessa-Morsott. Les deux méthodes tiennent compte de plusieurs facteurs, tels que la lithologie et les caractéristiques hydrogéologiques.

Les deux cartes issues des méthodes (DRASTIC, DRIST) révèlent presque les mêmes zones en termes de degré de vulnérabilité (les zones les plus vulnérables à la pollution sont situées aux bordures de la plaine).

L'application de la méthodologie proposée (DRIST) montre que seuls les facteurs liés à la zone non saturée sont percutants dans le transfert du polluant de la surface vers la nappe aquifère.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Al Zabet T. (2002). Evaluation of aquifer vulnerability to contamination potential using the DRASTIC method, *Environ. Geol.*, Vol.43, Issue 1-2, 203-208.
- ALLER L., BENNET T., LEHR J., PETTY R., HACKETT G. (1987). DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings, EPA- 600/2-87-035, 455p.
- COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE. CGG. (1975). Prospection géophysique de la plaine de Tébessa, 22p.
- DRIAS T. (2004). Aquifère hétérogène sous climat semi-aride : aspects hydrodynamique et hydrochimiques. Exemple de la plaine de Tébessa, Thèse de Magister, USTHB, Alger, 106p.
- DRIAS T. (2013). Hydrogéologie du bassin versant de l'oued ksob (Tébessa). Vulnérabilité et protection de la ressource, Thèse de Doctorat en science, USTHB, Alger, 135p.
- DUBOURDIEU G., DUROZOY G. (1950). Observations tectoniques dans les environs de Tébessa et Ouenza (Algérie), *Bull. SGF, Paris*, 257-266.
- DUROZOY G. (1956). Carte géologique au 1/50000 de Tébessa, feuille 206.
- FEHDI C.H. (2006). Apport hydrogéochimique et isotopique dans la caractérisation des mécanismes d'acquisition de la salinité des eaux souterraines du complexe aquifère Morsott-el Aouinet (N.E. algérien), Thèse de Doctorat Es Science, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie, 188p.
- KOWALKI W.M. (1997). Les stades d'effondrement du graben de Tébessa (confins Algéro-Tunisien) et la tectonique plicative Plio-Quaternaire, *Bull. Soc. His. Nat., Pays de Montbéliard, France*.
- LALLEMAND A., BARRES A. (1994). Normalisation des critères d'établissement des cartes de vulnérabilité aux pollutions, BRGM-R37928, 17 p., (inédit).
- RICARD J. (1973). Etude des ressources en eau souterraines du sud de la willaya d'Annaba, Direction de l'hydraulique de la willaya de Tébessa, 72p.
- SCHNEBLEN et al. (2002). Gestion des eaux souterraines en aquitaine, année 5, Protection de la nappe de l'Oligocène en région bordelaise, Rapport BRGM, RP-51178-FR
- SINAN M. (2000). Méthodologie d'identification, d'évaluation et de protection des ressources en eau des aquifères régionaux par la combinaison des SIG, de la géophysique et de la géostatistique. Application à l'aquifère du Haouz de Marrakech (Maroc), Thèse de Doctorat d'Etat, Université Mohamed V, Ecole d'Ingénieurs de Mohammadia, 372p.
- STROJEXPORT (1978). Prospection géophysique par la méthode électrique dans la plaine de Tébessa, Prague, Opération N° 5.391.1.129.00.01.
- VRBA J., ZAPOROZEC A. (1994). Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability, IAH, 16, 131, Hannover/FRG, Heise Publ.