

Evaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution à l'aide des systèmes d'information géographique par utilisation de la méthode SI : Cas de la nappe alluviale de Tébessa (Est Algérien).

Dr. BAAZI Houria^{*}

Université de Batna 2.

*Corresponding author: houribaazi@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article History :

Received : dd/mm/yyyy

Accepted : dd/mm/yyyy

Key Words:

Tébessa ; Vulnérabilité ;
Aquifère ; Nitrates ; GIS ; SI.

ABSTRACT/RESUME

Abstract: La nappe alluviale de Tébessa (Est Algérien), qui occupe une superficie de 123 km². Elle joue un rôle important dans l'économie de la région puisqu'elle est utilisée dans les domaines de l'irrigation et de la consommation domestique. L'aire de la nappe est occupée essentiellement par des zones agricoles, caractérisées par une utilisation de plus en plus importante des engrais chimiques, qui représentent un risque permanent pour la qualité des eaux souterraines. L'étude de la vulnérabilité à la pollution de cette nappe a été effectuée en appliquant la méthode de vulnérabilité spécifique à la pollution par les nitrates, SI. Cette méthode a été appliquée par les logiciels des systèmes d'information géographique (SIG). La validité de la méthode SI a été testée, en dressant une carte de la répartition des nitrates dans les eaux de la nappe étudiée, afin de la comparer avec celle de la vulnérabilité par SI.

1. Introduction

L'agriculture moderne favorise les cultures intensives et une utilisation abondante de fertilisants. Il y a cependant des risques associés à ces pratiques culturales puisque l'utilisation excessive des engrais chimiques et organiques peut entraîner le lessivage de nitrates vers l'eau souterraine [1]. En effet, Les eaux souterraines représentent une ressource importante exploitée

pour la consommation humaine et pour des usages agricoles et industriels. Ces eaux sont généralement contaminées par des polluants de différentes natures : biologiques, chimiques ou physiques. La prévention contre la pollution des aquifères constitue une étape importante, à laquelle les scientifiques apportent un effort croissant, notamment en étudiant la vulnérabilité

des aquifères. L'aquifère étudié est l'aquifère alluviale de Tébessa (Est Algérien). C'est une plaine est utilisée pour l'agriculture, avec une surexploitation d'engrais chimiques. Ainsi, cette étude vise à cerner les zones les plus vulnérables en utilisant une méthode de vulnérabilité spécifique (SI) [2]. Cependant, le problème de la pollution des nappes phréatiques a été abordé dans plusieurs études portant sur la vulnérabilité de l'aquifère à la contamination par les nitrates

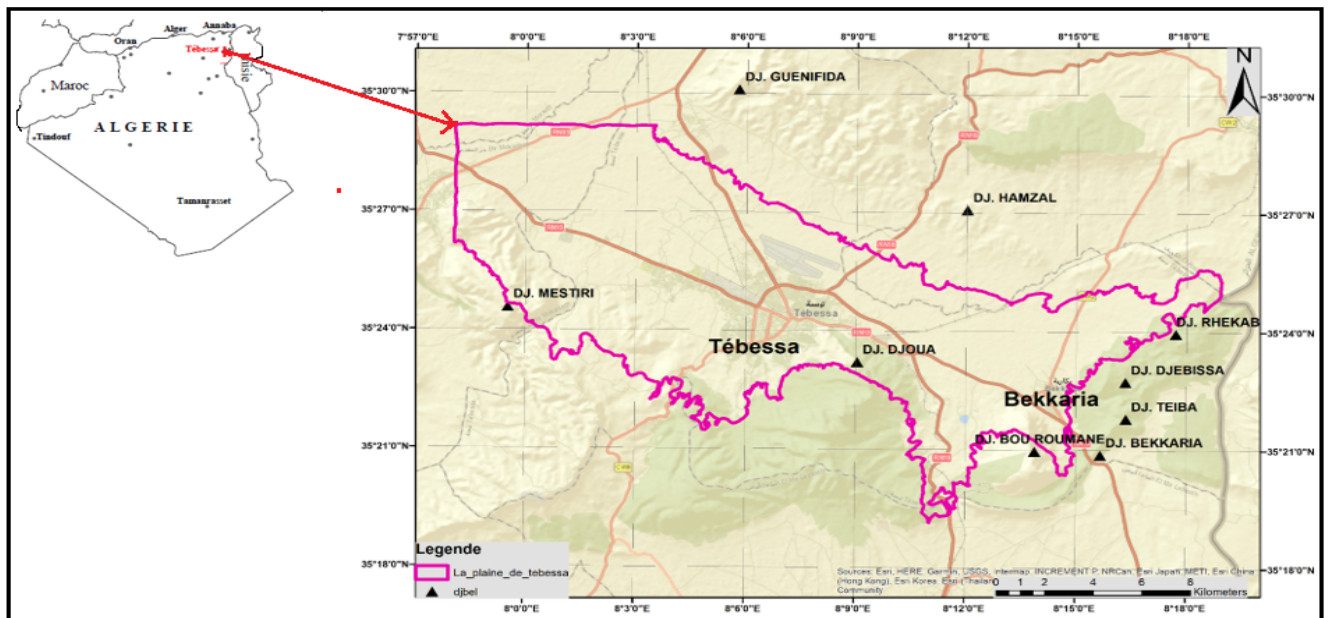
1.1. La zone d'étud:

Ville frontalière avec la Tunisie, la ville de Tébessa (Thevest) est située à l'extrême Est de l'Algérie aux portes du désert, La région d'étude, appartient au domaine de l'atlas saharien oriental, aux confins Algéro-Tunisiens, précisément aux monts de

Tébessa, qui constituent la partie orientale de ceux de N'emmancha [3]

La zone d'étude a une superficie approximative de 123 km² et fait partie du bassin d'Oued Ksob qui appartient à la Medjerda qui est un sous-bassin de Mellègue, et elle est limitée par :

- Djebel Hamzal Djebel Kuif au nord ;
- Djebel Bouramane, Doukane, Bekkaria , et Djoua au sud ;
- Djebel Serdiess et Djebel kcheid à l'Ouest ;
- Djebel Djebissa ,Djebel Teiba ,Djebel Rhekab à l'Est.



Elle fait partie du bassin d'effondrement Tébessa-Hammamet-Morsott, qui est comblée par des sédiments d'origine continentale à caractéristiques hydrodynamiques très importantes [4]. De point de vue géologique, cette zone comprend une série stratigraphique étalée qui s'échelonne du Trias au Quaternaire

recouvrant ainsi plusieurs formations aquifères dont les plus importantes sont datés du Mæstrichtien (calcaires fissurés aux bordures), et les alluvions datées du Mio-Pliocène qui sont constituées de cailloutis de calcaires enveloppés dans une matrice plus ou moins argileuse avec une épaisseur qui dépasse dans quelques zones 350m, et qui forme la structure de la plaine [5].

II. Méthode

La méthode SI a été développée par Ribeiro (2000) au Portugal. Il permet d'évaluer la vulnérabilité aux pollutions agricoles verticales générées principalement par les nitrates et accessoirement

par les pesticides [2]. La méthode SI peut être utilisée pour évaluer l'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines d'aquifères à grande et moyenne échelle (par exemple, 1:50 000-1:200 000) [6] et adaptée si la pollution

provient de zones agricoles ou rurales. Ainsi, les Cotes relatives aux différentes catégories des paramètres dans la méthode DRASTIC ont été mêmement conservées pour les paramètres maintenues (D : la profondeur de la nappe, R : la recharge efficace de l'aquifère, A : la lithologie de l'aquifère, et T : la topographie) (Tableau 1°. Par ailleurs, Le dernier paramètre est 'occupation des sols (OS) traduit les activités anthropiques. Les valeurs des cotes offertes aux classes des différents paramètres changent de 0 à 100 (Tableau 2), variant du moins vulnérable au plus

vulnérable. Par contre, les poids donnés aux paramètres changent de 0 à 1 selon l'importance du paramètre dans la vulnérabilité. En dernier, l'indice de vulnérabilité (ISI) est calculé en sommant les produits des côtes par les poids des paramètres concordants.

$$ISI = DP \times DC + RP \times RC + AP \times AC + SP \times SC + TP \times Tc + OSP \times OSC$$

Avec D, R, A, S, T, et OS les cinq paramètres de la méthode SI, p le poids du paramètre et c la cote associée.

Tableau 1. Poids attribués pour les paramètres de SI

N°	Poids	Paramètre
1	0.186	D= profondeur de l'eau
2	0.212	R = recharge nette
3	0.259	A = aquifère média
4	0.121	S = sol ⇒ type de sol
5	0.222	OS = occupation du sol

Tableau 2. Notation et pondération selon l'occupation du sol

Classe	Occupation du sol	Notation
1	Zone urbaine	70
2	Foret	50
3	Sol nu	7
4	Agriculture	90

Tableau 3 Critère d'évaluation de la vulnérabilité dans la méthode SI.

Indice de vulnérabili	Degré de vulnérabilité
Faible	< 45
Moyen	45-64
Elevé	65-84
Très élevé	85-100

II.1. Réalisation des cartes thématiques de la méthode SI (Susceptibility (S) Index (I))

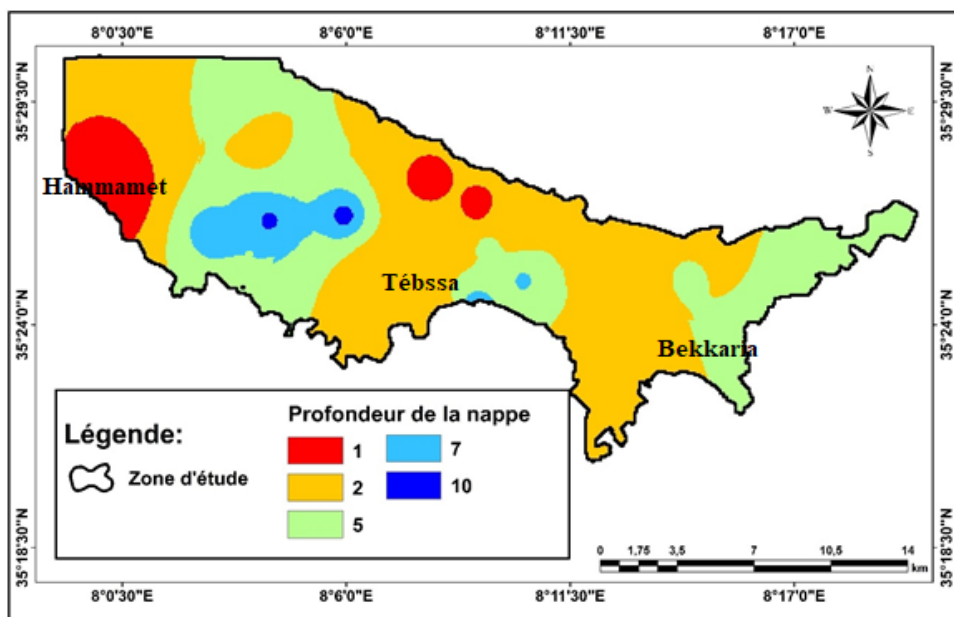


Fig. 2. Carte du paramètre (D), profondeur de l'eau de la nappe alluviale de Tébessa.

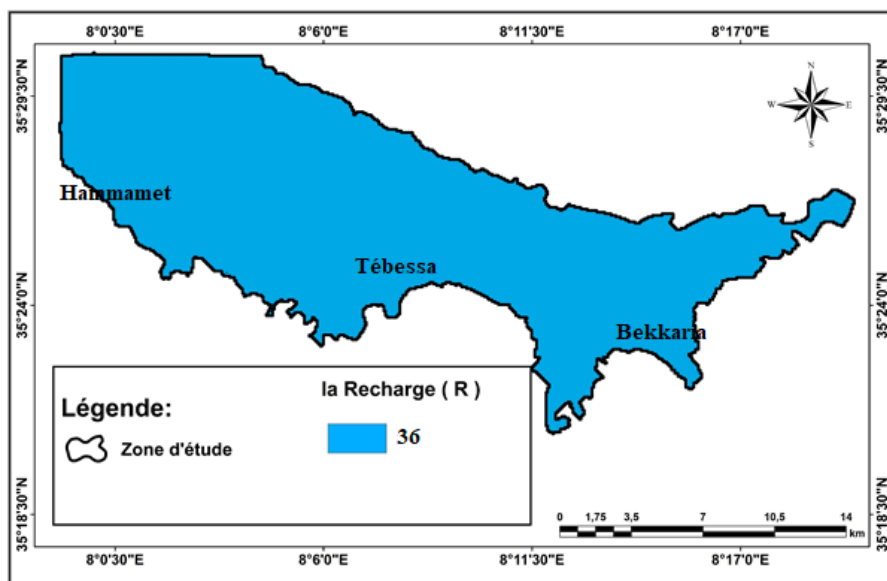


Fig.3. Carte du paramètre (R), la recharge de la nappe alluviale de Tébessa

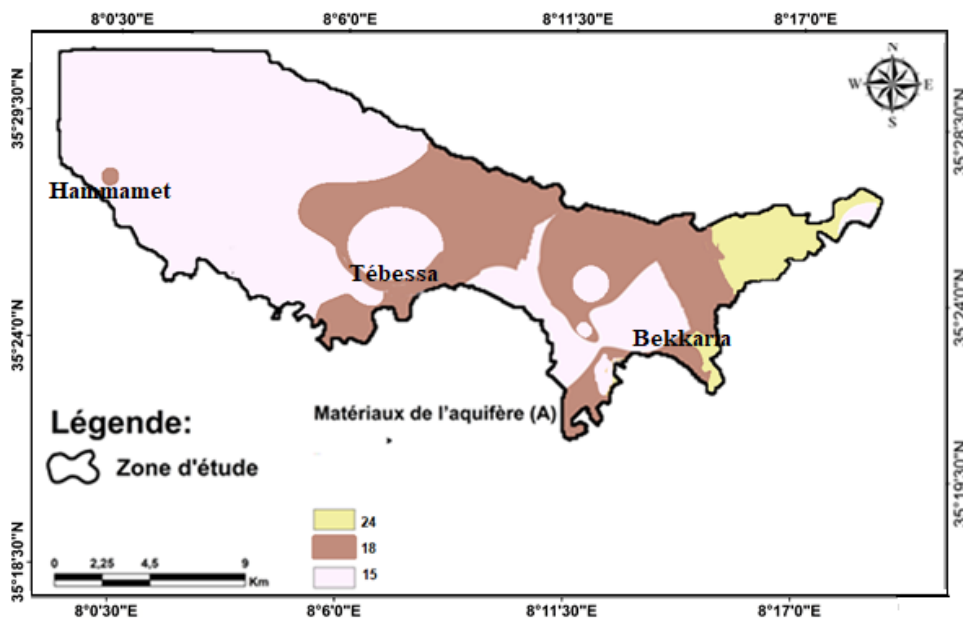


Fig.4. Carte du paramètre (A), la nature du matériel la nappe alluviale de Tébessa

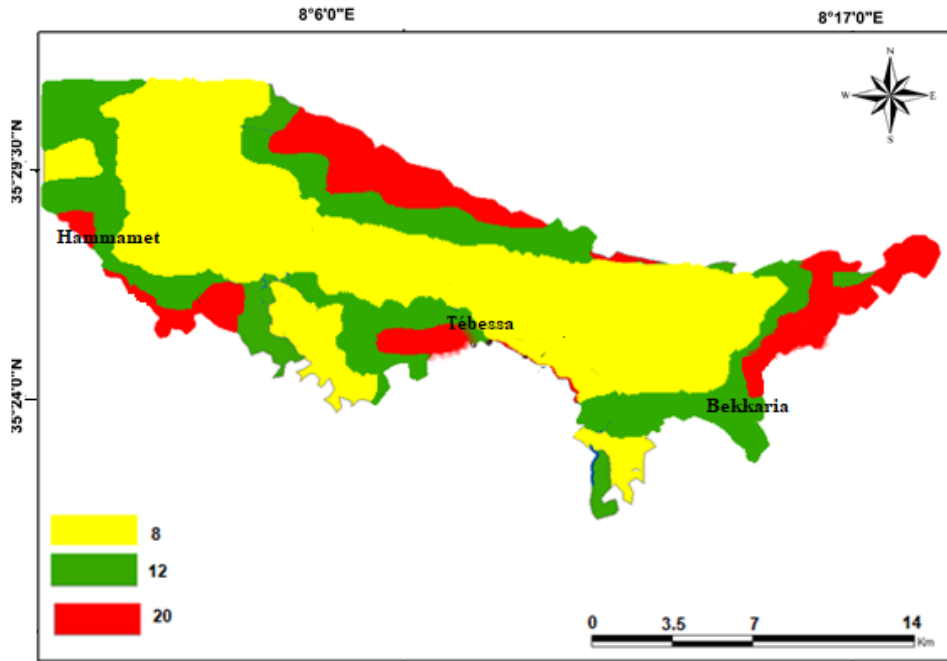


Fig.5. Carte de paramètre (S), nature de sol (la nappe alluviale de Tébessa)

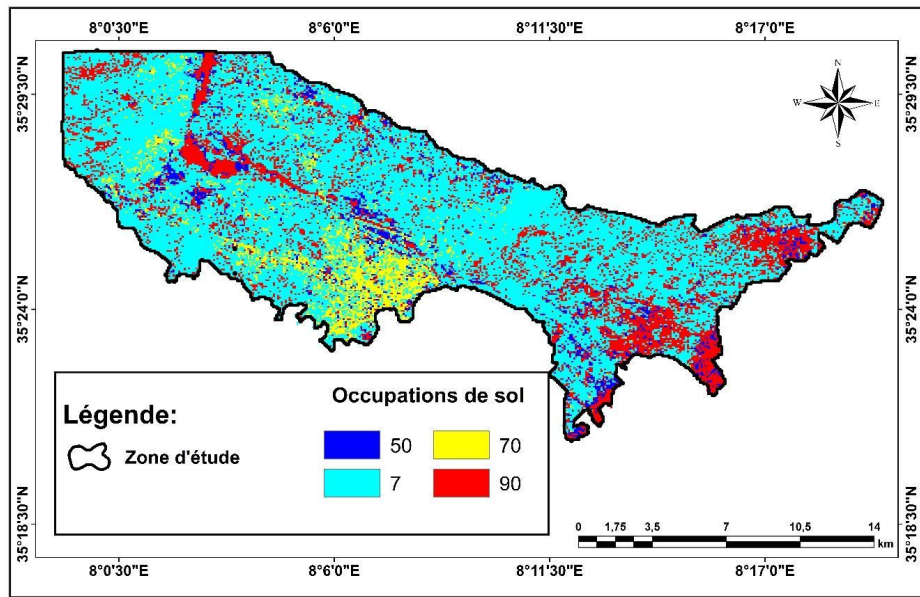


Fig.6. Carte de l'occupation du sol

II.2. Elaboration de la carte de synthèse de la vulnérabilité par la méthode SI:

L'application de la méthode SI au niveau de la plaine de Tébessa a permis la réalisation d'une carte de vulnérabilité d'après le tableau 3, dont laquelle nous pouvons distinguer trois classes de vulnérabilité (Fig.7), comme suite :

- La classe de vulnérabilité faible qui représente 26.25% de la superficie de la région d'étude. Elle correspond aux vertisols, argileux et peu perméables, située à proximité de la bordure Nord et Est de la plaine étudiée, où les altitudes sont plus élevées (Dj. Hamzal , Dj. Djebssa et Dj. Gouray), ce qui donne une plus grande profondeur à la nappe.
- La classe de vulnérabilité moyenne qui correspond à la majorité de la superficie de la nappe aquifère. Cette classe de vulnérabilité représente 51.198 %, soit la moitié de la région d'étude et elle occupe

une partie de la plaine qui s'étend du l'Est vers le sud (centre de la plaine). D'où le développement d'une agriculture et d'une arboriculture irriguées. Ces pratiques s'accompagnent de l'utilisation d'éléments nitriques pour assurer la productivité.

- La classe de vulnérabilité élevée occupant 22.556 % de la zone d'étude. Cette dernière est localisée dans des secteurs urbanisés (Hammamet, Tébessa et Bekkaria), ce qui peut être expliqué par l'occupation du sol par l'urbanisation d'où l'existence des rejets domestiques (eaux usées non traitées) et même des rejets industriels, la faible profondeur de la surface piézométrique de la nappe, qui est parfois presque nulle , à une forte perméabilité.et enfin les cultures sous serre qui se sont développées pour le marché national, utilisent de fortes quantités de nitrates.

Tableau 4. Surface et surface en pourcentage de chaque classe par la méthode SI

Degré de vulnérabilité	Surface (Km2)	Pourcentage (%)
Faible	61.4162236	26.2462494
Moyenne	119.8028742	51.19780948
Forte	52.78090222	22.55594112

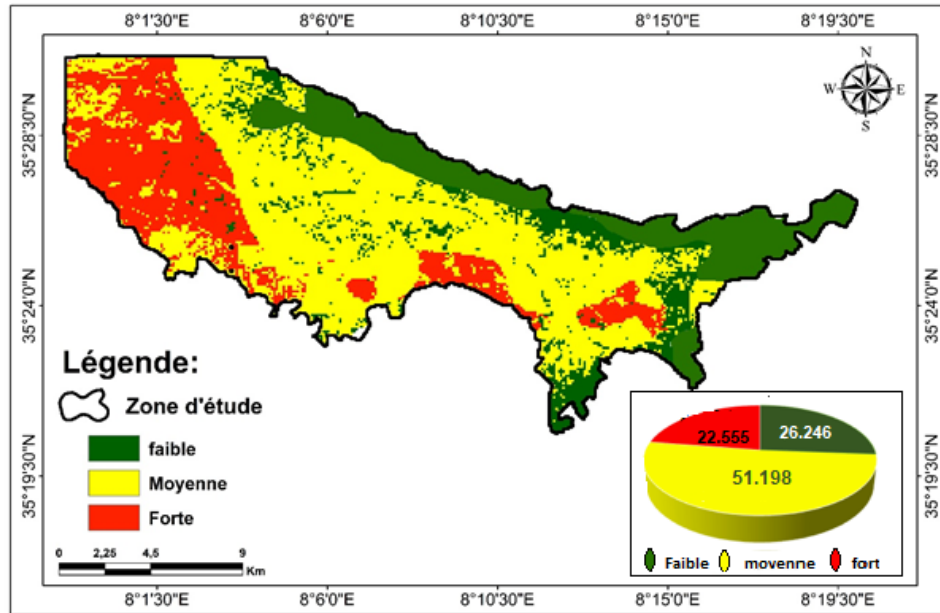


Fig.7. Degré de vulnérabilité à la pollution par la méthode SI.

II.3. Carte de la répartition des nitrates dans la plaine de Tébessa

Les nitrates restent le principal polluant des eaux souterraines dans la plaine de Tébessa. Les concentrations les plus élevées se trouvent au centre de la plaine et au niveau du centre urbain de Tébessa. Également dans la plaine des valeurs considérables ont été enregistrées parce que dans cette région les eaux souterraines sont proches de la surface du sol, ce qui les met en contact avec les rejets d'une de

bovins). De même les plus fortes valeurs de concentration en nitrates sont réparties

Kebir qui draine tous les rejets des eaux urbaines, avec des foyers de pollution localisés, par exemple quelques puits qui avoisinent le rejet de Oued Nagues sont contaminés ce qui est prouvé par des teneurs en nitrates qui ont touchée 120mg/l.

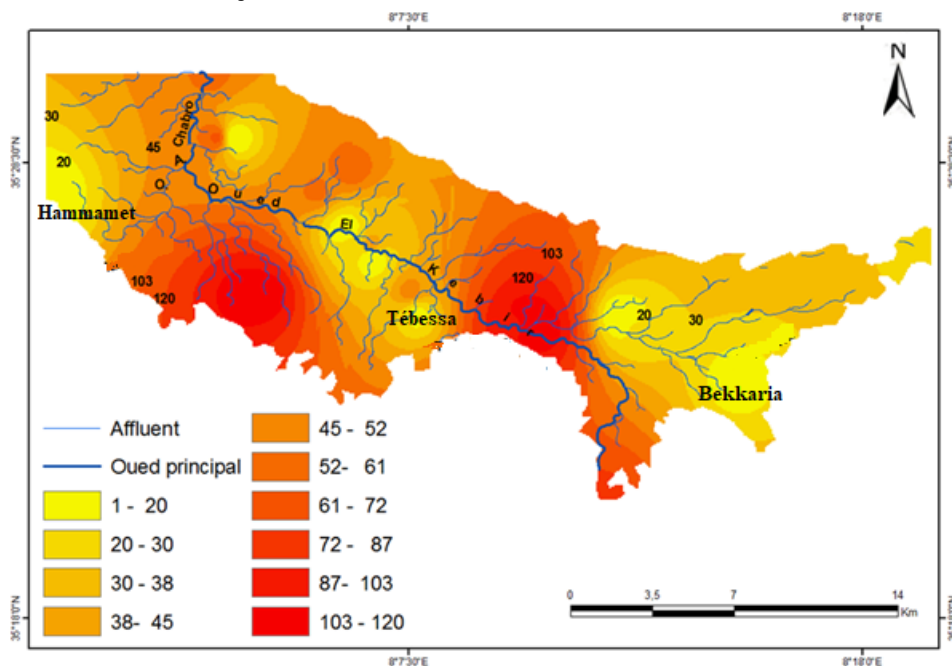


Fig. 8. Carte d'iso teneurs en nitrates (mg/l)

II.4. Validité des cartes de vulnérabilité par la répartition spatiale du taux des nitrates

En général, l'élaboration d'une carte de vulnérabilité est testée et validée par des mesures sur le terrain et l'analyse des données chimiques des eaux souterraines [7].

La méthode de vulnérabilité a été testée par la répartition des taux des nitrates Fig.8. En conséquence, cette comparaison a validé et affirmé les résultats trouvés par la carte de vulnérabilité de la région d'étude, ainsi les résultats obtenus reflètent la réalité du terrain.

III. Conclusion

En somme, la validation par la carte des nitrates a montré que la méthode SI a fourni de meilleurs résultats et est donc mieux adaptée pour l'évaluation de la

vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de cette région. Par conséquent, la méthode SI paraît mieux évaluer la vulnérabilité à la pollution aux nitrates. En effet, plusieurs études ont abordé le sujet et ont abouti à des résultats similaires. En effet, les études de Hamza et al. (2007), Ake et al. (2010), Batchi et al. (2017) et Pape B. D., al. (2019) et Amrani S. et al (2019) ont prouvé que la vulnérabilité par les nitrates est mieux exprimée par la méthode de vulnérabilité spécifique SI. Ce taux de coïncidence élevé relatif à la méthode SI peut être expliqué par le fait que cette dernière est spécifique de la pollution agricole et qu'elle a été conçue en prenant en compte les propriétés chimiques des nitrates, ainsi que les relations qui existent entre ce polluant et les divers composants déjà considérés dans la vulnérabilité intrinsèque [8].

Reference :

1. Refsgaard J.C., Thorsen M., Jensen J.B., Kleeschulte S. et Hansen S.. Large scale modelling of groundwater contamination from nitrate leaching. J. Hydrol.(1999), pp.117-140.
2. Ribeiro L.. Des envolvimento de um índice para avaliar a susceptibilidade de dos aquíferos à contaminação. Note interne, ERSHA-CVRM, Lisbonne, Portugal (2000), 8 p.
3. Baazi H. ; Kalla M. ; Tebbi F. Z.. Hydrochemical characterisation of groundwater quality: Merdja plain (Tebessa Town, Algeria). Civil Engineering Journal. Vol. 6, No. 2 (2020), pp.318-325.
4. Seghir K. .La vulnérabilité a la pollution des eaux souterraines de la région Tébessa-Hammamet (Est Algerien). Larhyss Journal N°18 (2014), pp .53-61.
5. Seghir K. . Vulnérabilité, protection des ressources en eaux, essai de gestion active du sous-système aquifère Hammamet Ain Chabro (Est Algérien), Thèse de Doctorat hydrogéologie, Université de Annaba (2008), 152p.
6. Shrestha S., Kafle R., Pandey R. P. . Evaluation of index-overlay methods for groundwater vulnerability and risk assessment in Kathmandu Valley, Nepal. Science of The Total Environment, V. 575 (2017), pp.. 779-790.
7. Ake G.E., Kouadio H.B. , Dongo K. , Dibi, Kouame B. F.K. et J. Biemi J. Application des méthodes DRASTIC et SI pour l'étude de la vulnérabilité à la pollution par les nitrates (N03 -) de la nappe de Bonoua (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). Int. J. Biol. Chem. Sci., 4.(2010), pp ;1676-1692.
8. Hamza M. H., Added A., Frances A. et Rodriguez R. (2007). Validité de l'application des méthodes de vulnérabilité DRASTIC, SINTACS et SI à l'étude de la pollution par les nitrates dans la nappe phréatique de Metline-Ras Jebel-Raf Raf (Nord-Est Tunisien). Géoscience 339 (2007), pp. 493-505.