

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université Abbès Laghrour

- Khenchela-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département d'Ecologie & Environnement

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

Master Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie *Fondamentale et Appliquée*

Thème

**Cartographie de la vulnérabilité de la
nappe d'El-Meita a la pollution
agricole**

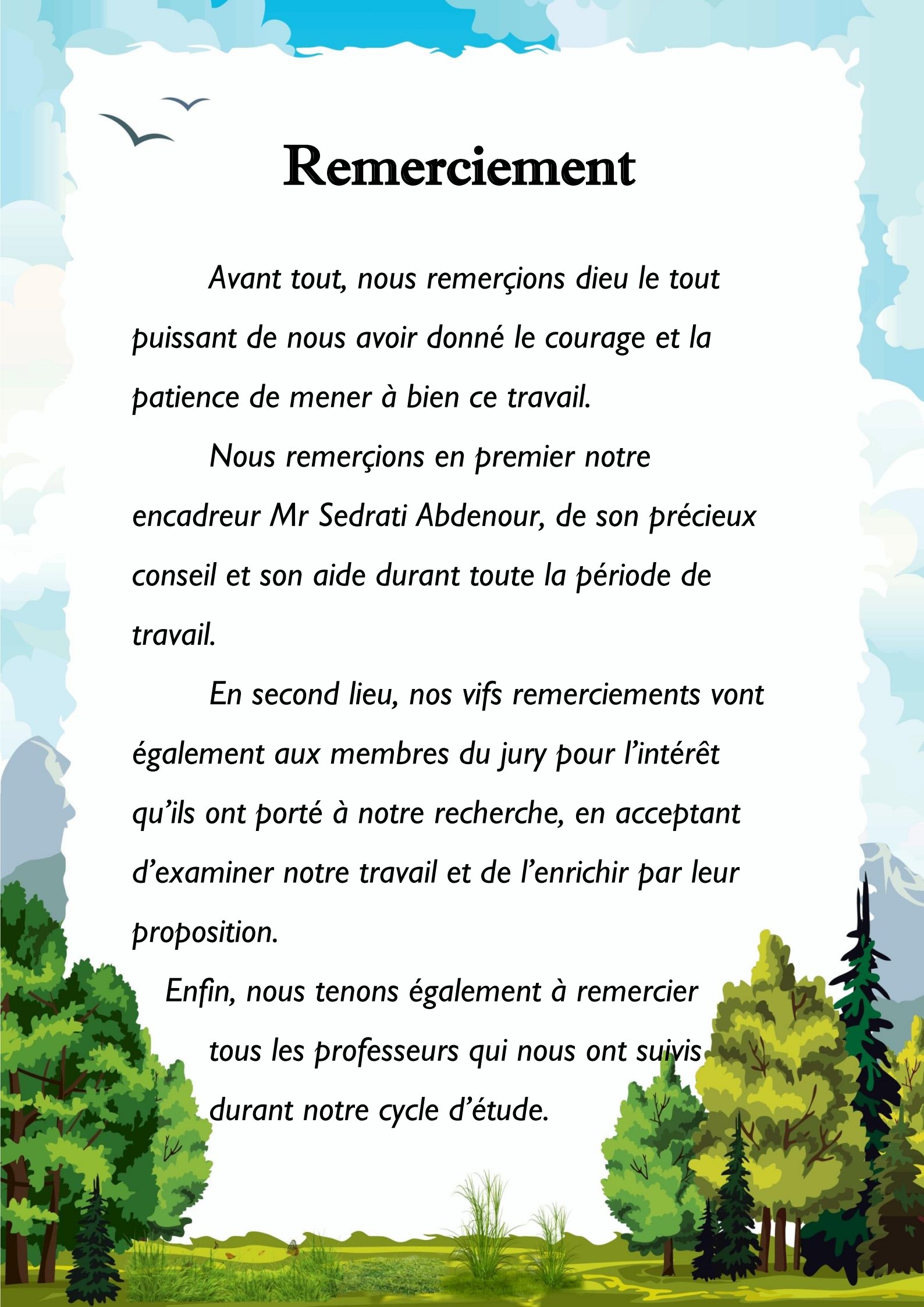
Présenté par :

- **OUNISSI AMINE**
- **SEKAKRA MUSTAPHA**

Devant le jury:

- | | |
|---------------------------------------|---|
| ▪ Président : LARBAA RABEH | M.C.B (Université Abbès Laghrour Khenchela) |
| ▪ Promoteur : SEDRATI ABDENOUR | M.C.B (Université Abbès Laghrour Khenchela) |
| ▪ Examineur : OUANES MYADA | M.C.B (Université Abbès Laghrour Khenchela) |

Année Universitaire : 2020/2021



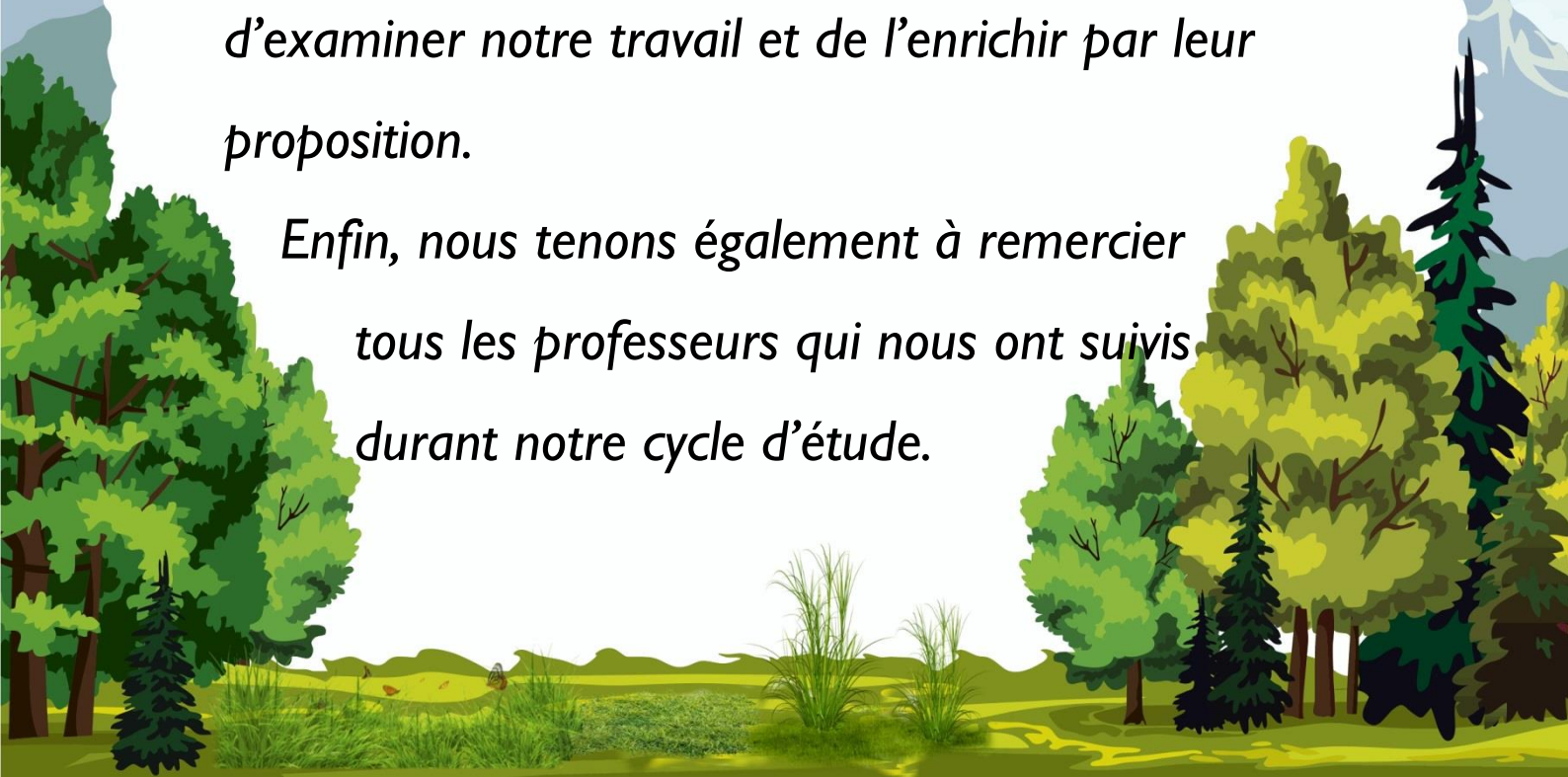
Remerciement

Avant tout, nous remercions dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience de mener à bien ce travail.

Nous remercions en premier notre encadreur Mr Sedrati Abdenour, de son précieux conseil et son aide durant toute la période de travail.

En second lieu, nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche, en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leur proposition.

Enfin, nous tenons également à remercier tous les professeurs qui nous ont suivis durant notre cycle d'étude.



Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents qui m'ont guidé et orienté vers le bon chemin et m'ont donné un magnifique modèle de volonté et de courage pour finir mon étude universitaire et réaliser ce modeste travail,

A mes chers frères et ma chère soeur.

A mes enseignants de département sauf quelques personnes qui n'ont pas l'honneur d'être des professeurs.

A mes amis sans exception chaque'un par son nom

A tous les étudiants de la promotion de M2 Ecologie fondamentale et appliquée

A tous ceux qui m'aiment et m'estiment.

OUNISSI Amine



Dédicace

Je dédie ce travail.....

À mes très chers parents.....

À ma chère maman irremplaçable

*À mon cher père.... pour tous leurs
sacrifices.... leurs amour...leurs
tendresse...leurs soutiens et leurs
prières tout au long de mes études.*

*À mon cher frère et ma chère
sœur...pour leurs encouragements
permanents.*

*À mes très chers amis chacun
par son nom et tous les étudiants de la
promotion de M2 EFA*

Merci...pour....tous

SEKAKRA Mustapha

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENT

DEDICACE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION GENERALE..... 01

Partie bibliographique

CHAPITRE I: Revue de littérature

Introduction..... 05

1. La pollution de l'eau..... 05

1.1. La pollution des eaux..... 05

1.1.1. La pollution chimique..... 05

1.1.2. La pollution microbiologique..... 05

1.1.3. La pollution physique..... 05

1.2. La pollution agricole des eaux..... 06

2. Vulnérabilité des eaux à la pollution..... 06

2.1. Concepts de vulnérabilité..... 06

2.2. Différents types de la vulnérabilité..... 07

2.2.1 La vulnérabilité intrinsèque..... 07

2.2.2 La vulnérabilité spécifique..... 07

2.3. Méthodes d'évaluation de la vulnérabilité..... 07

2.3.1. La méthode « RISKE » 07

2.3.2. La méthode « GOD » 08

2.3.3. La méthode « DRASTIC » 09

2.3.4. La méthode « SINTACS » 09

2.3.5. La méthode SI « Susceptibility Index » 10

3. Apport des SIG dans l'étude de la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution..... 12

3.1. Les principales composantes d'un SIG..... 13

3.1.1. Les matériels informatiques..... 13

3.1.2. Logiciels..... 13

3.1.3. Données..... 14

3.1.4. Utilisateurs.....	14
3.1.5. Méthodes et savoir-faire	14
3.2. Modèles de données vecteurs et raster.....	14
3.2.1. Le modèle vecteur.....	15
3.2.2. Le modèle raster.....	15
3.3. Comment fonctionne un SIG.....	15

CHAPITRE II: Description de la zone d'étude

1. Situation géographique et administrative.....	18
1.1. Situation administrative.....	18
1.2. Situation géographique.....	18
2. Situation géologique.....	19
2.1. Contexte géologique.....	19
2.2. Cadre géologique.....	19
2.3. Etude litho-stratigraphique	20
3. Situation économique et agricole	22
3.1. Les produits phytosanitaires utilisés en zone d'étude.....	24
4. Situation climatique.....	25
4.1. Introduction.....	25
4.2. Climat de la région	25
4.3. Diagramme Ombrothermique Bagnouls et Gaussen (1957)	26
4.4. Climagramme d'Emberger.....	27

Partie expérimentale

CHAPITRE III : Cartographie et vulnérabilité

Introduction.....	31
1. Choix des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité.....	31
2. Logiciels utilisés.....	31
3. Vulnérabilité du système selon « GOD » et « SI ».....	32
3.1. La méthode « GOD »	32
3.1.1. Détermination des paramètres du modèle « GOD »	32
3.1.1.1. Profondeur de la nappe.....	32
3.1.1.2. Lithologie de la Zone non saturée.....	34
3.1.1.3. Type de l'aquifère de la nappe.....	35
3.1.2. Calcul de l'indice « GOD »	36

3.2. Le méthode SI « Susceptibility Index »	38
3.2.1. Détermination des paramètres du modèle « SI »	38
3.2.1.1. Profondeur de la nappe « D »	38
3.2.1.2. Recharge nette « R »	39
3.2.1.3. Nature lithologique de l'Aquifère « A »	40
3.2.1.4. Topographie des terrains « T »	40
3.2.1.5. Occupation du sol « OS ».....	41
3.2.2. Calcul de l'indice SI.....	42
4. Analyse comparative des résultats	44
4.1. Corrélation d'après la méthode « GOD »	44
4.2. Corrélation d'après la méthode « SI »	44
Conclusion.....	45
CONCLUSION GENERALE.....	47
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE	50
RESUME.....	53
ABSTRACT.....	53
ملخص.....	53

Liste des figures

N° de figure	Titre de figure	Page
Chapitre 01 : Revue de littérature		
Fig.01	Indices de classification de la vulnérabilité selon la méthode GOD.	08
Fig.02	Organigramme de la cartographie de la vulnérabilité à partir de la Méthode SI.	12
Fig.03	Les composants d'un SIG.	13
Fig.04	Deux différents types de modèles géographiques.	14
Fig.05	Représentation du monde réel sous la forme de couches thématiques	16
Chapitre 02 : Description de la zone d'étude		
Fig.06	Situation géographique et limites administratives de la zone d'étude.	18
Fig.07	Carte géologique de la région d'étude.	21
Fig.08	Coupe géologique interprétative (IFES).	22
Fig.09	Log litho-stratigraphique du forage G12-140.	22
Fig.10	Superficie agricole totale en hectare	23
Fig.11	Production agricole pour une saison 2018/2019.	23
Fig.12	Diagramme Ombrothermique de la région d'El-Meita (2010 / 2019).	26
Fig.13	Situation de la région d'El-Meita sur le Climagramme d'Emberger (2010/2019).	28
Chapitre 03 : Cartographie de la vulnérabilité		

Fig.14	Carte des indices de la profondeur de la nappe.	34
Fig.15	Carte des indices de la lithologie de la zone non saturée.	35
Fig.16	Carte des indices de la nature de la nappe.	36
Fig.17	Carte de la vulnérabilité de la zone par la méthode GOD	37
Fig.18	Répartition des pourcentages de vulnérabilité GOD	38
Fig.19	Profondeur de la nappe dans la zone d'étude	38
Fig.20	Recharge nette de la zone d'étude	39
Fig.21	Lithologie de l'aquifère de la zone d'étude	40
Fig.22	Carte de pente de la zone d'étude	41
Fig.23	Carte d'occupation du sol	42
Fig.24	Carte de vulnérabilité finale SI	43
Fig.25	Répartition des pourcentages de vulnérabilité	43
Fig.26	Diagramme du l'indice de « GOD » selon les nitrates NO ₃	44
Fig.27	Diagramme du l'indice de « SI » selon les nitrates NO ₃	44

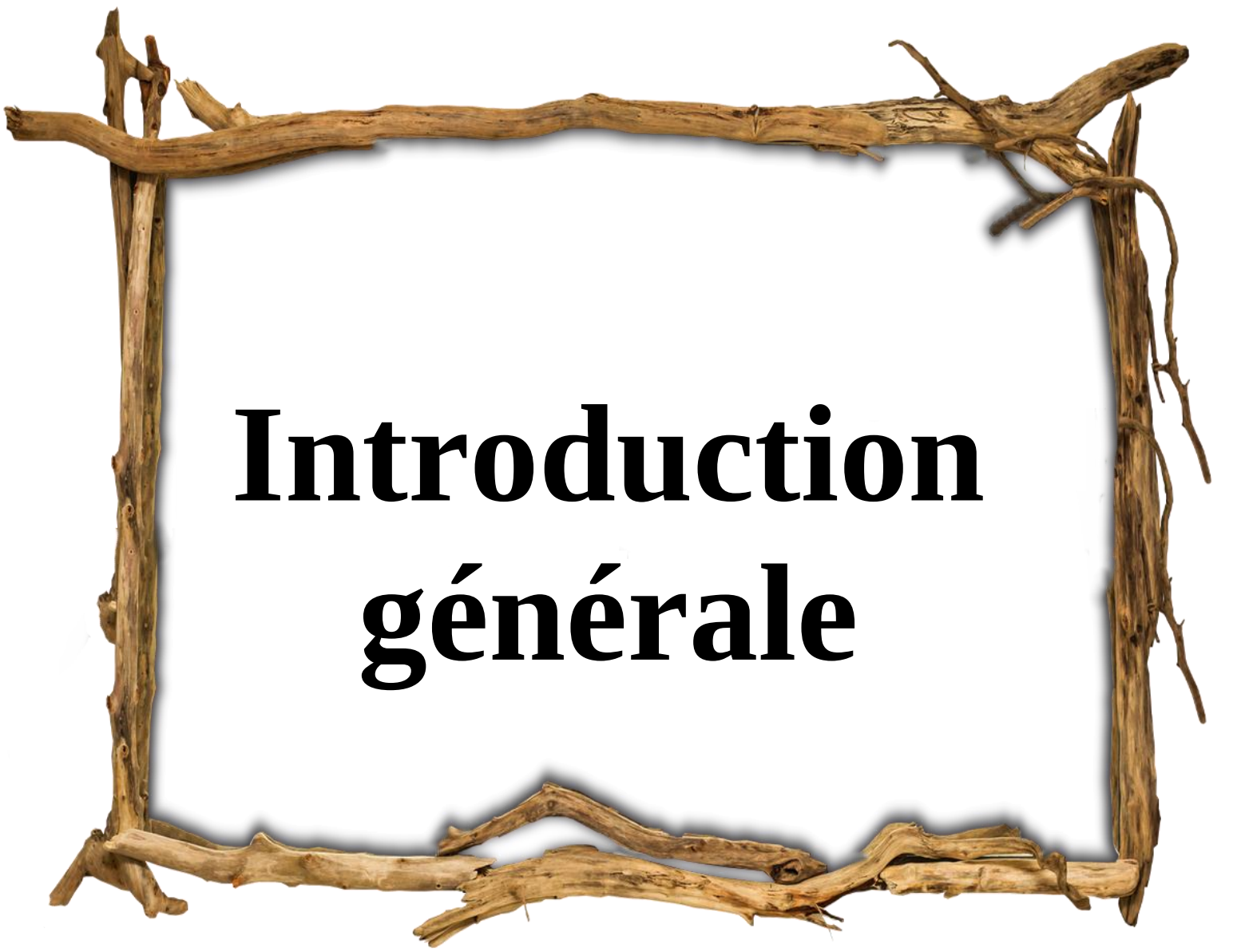
Liste des tableaux

N° de tableau	Titre de tableau	Page
Chapitre 01 : Revue de littérature		
Tab.01	Poids et Cotes SI des paramètres de vulnérabilité	11
Tab.02	Classification des indices de vulnérabilité SI	12
Chapitre 02 : Description de la zone d'étude		
Tab.03	Mobilisation et ventes des engrais	24
Tab.04	Mobilisation et ventes des désherbants	24
Tab.05	Mobilisation et ventes des fongicides	25
Tab.06	Données climatiques de la région d'El-Meita période (2010/2019)	26
Chapitre 03 : Cartographie de la vulnérabilité		
Tab.07	Indice des paramètres calculés selon GOD.	32

Liste des abréviations

HAP	Les hydrocarbures aromatiques polycycliques
PCB	Les polychlorobiphényles
RISK	La roche aquifère (R) les conditions d'infiltrations (I) La couverture protectrice ou sol (S) La karstification (K)
Vg	La vulnérabilité globale
GOD	Groundwater occurrence, Overall aquifer class and Depth of water table.
IG	Indice de GOD
DRASTIC	- Distance à la nappe, épaisseur de la zone non saturée (Depth to groundwater) : D - Recharge de l'aquifère : R ; - Nature de la zone saturée (aquifer media) : A ; - Nature du sol (soil media) : S ; - Topographie, pente en % (topography) : T ; - Nature de la zone non saturée (impact of the vadose zone) : I ; - Perméabilité de l'aquifère (conductivity) : C.
NWWA	l'Association Nationale des Puits d'Eau
EPA	l'Agence de Protection de l'Environnement
SINTACS	S : Soggiacenza (profondeur de la nappe) ; I : Infiltrazione (infiltration) ; N : Azione del Non Saturo (fonction de la zone non saturée) ; T : Tipologia della Copertura (sol) ; A : Carratteri Idrogeologici dell' Acquifero (caractéristique hydrogéologiques de l'aquifère) ; C : Conducibilita Idraulica (conductivité hydraulique) ; S : Acclività della Superficie Topographica (pente moyenne de la surface topographique).
Iv	Indice de vulnérabilité
OS	Occupation du Sol
SIG	Système d'information géographique

ESRI	Entreprise de système d'information géographique
SASS	Système aquifère du Sahara septentrionale
P	Précipitations
T	Température
Ha	Hectare
Km	Kilomètres
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission



Introduction générale

Introduction

Les eaux souterraines constituent en général des réserves naturelles de bonne qualité qui nécessitent peu de traitement par rapport aux eaux de surface cette ressource doit être bien gérée car elle n'est ni inépuisable, ni insensible aux agressions de l'environnement. Il est indispensable d'assumer une gestion quantitative et qualitative des eaux souterraines, afin de satisfaire la demande par les points de production les mieux adaptés. Une exploitation rationnelle est indispensable, car une exploitation mal maîtrisée des nappes pourrait avoir des conséquences très néfastes et peut être irréversible sur la qualité de l'eau.

Le Sahara Algérien étant un des déserts les plus parfaits du monde, l'eau y est absolument en disponible à la survie des hommes, des animaux et des végétaux. Le bassin saharien est une grande entité sédimentaire multicouche. Hydrauliquement, c'est le système aquifère du Sahara septentrionale SASS qui se présente sous la forme de trois niveaux aquifères superposés, séparés ou communiquant à travers des formations semi perméables : la nappe du continental intercalaire (CI), la nappe du turonien plus localisée et la nappe du complexe terminal (CT).

La zone sud de la ville de Khenchela appartient au domaine de la plateforme saharien, elle est située au nord du Sahara septentrionale et au sud de l'Atlas Saharien, c'est ainsi aux richesses contenues dans son sous-sol, qu'elle est devenue une importante région à vocation essentiellement agricole.

Dans notre zone d'étude les nappes du Complexe Terminal deviennent de plus en plus exploitées malgré un manque de connaissance parfait des réserves, du fonctionnement des caractéristiques hydrauliques, du taux de renouvellement ... etc.

Chaque année, de nouveaux périmètres sont exploités dans la région, cela nous rend inquiet du devenir de la qualité de la nappe. Pour cela nous avons effectué la cartographie de la vulnérabilité de la nappe par le logiciel Arcgis 10.0.3. On utilisant l'Arcmap.

Plusieurs méthodes existent pour la cartographie de la vulnérabilité des nappes permis lesquels DRASTIC, GOD, SI, ... Etc. les données a notre possession et la nature de notre zone d'étude nous a mené a choisir deux méthode : GOD et SI.

Les résultats de cette étude seront utilisé pour établir les perspectives à recommander aux services agricoles et aux agriculteurs ; comme l'élaboration d'un périmètre de protection, l'utilisation rationnelle des engrais chimiques et des pesticides.

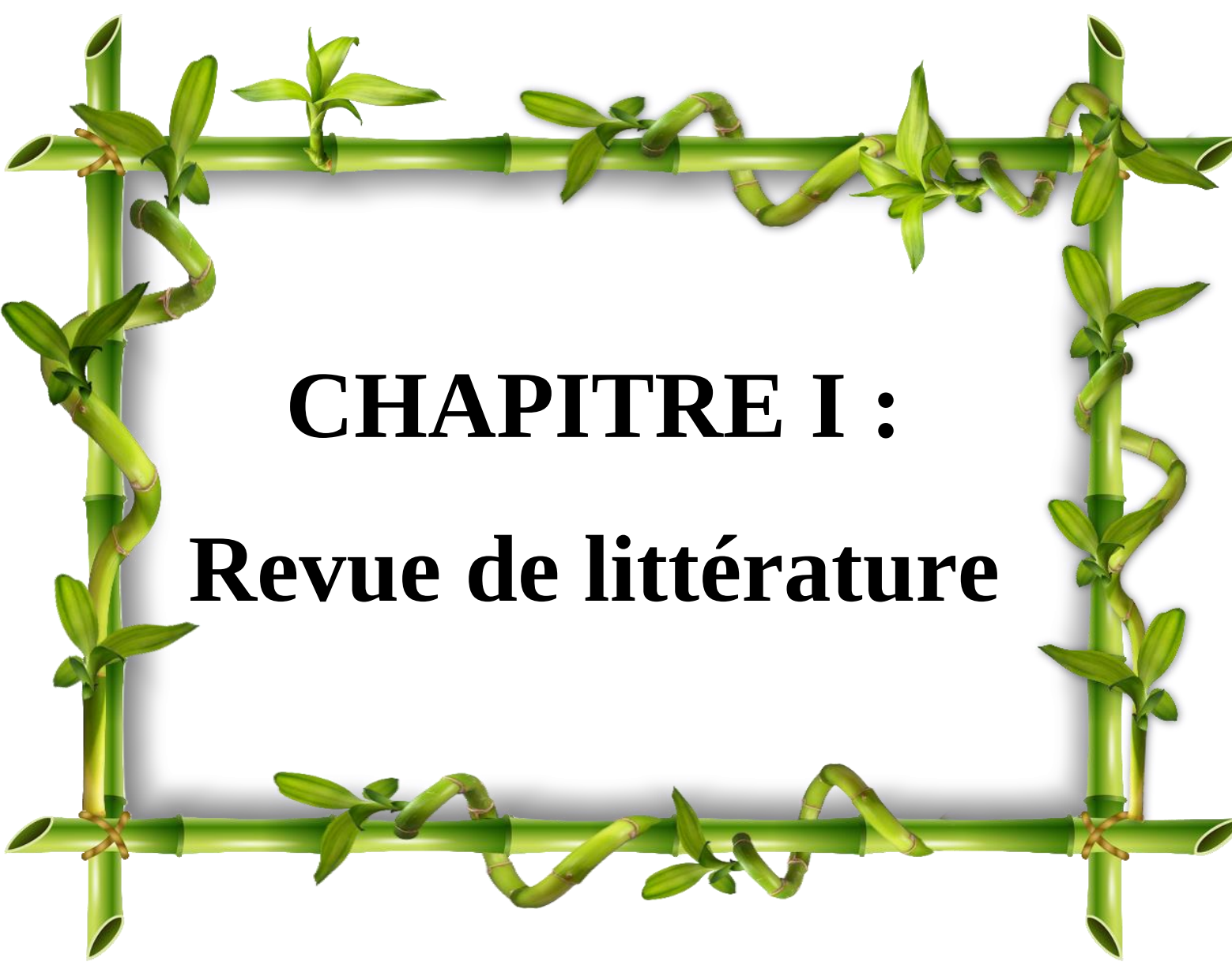
Nous souhaitons par ce travail avoir participé dans la protection de l'environnement et surtout de la ressource hydrique.

Objectifs de cette étude.

Ce travail a été réalisé dans le but d'établir des cartes de vulnérabilité à la pollution agricole suivant les méthodes paramétriques suivantes : la méthode GOD (Foster. 1987) et la méthode SI (Ribeiro. 2000)... D'autre part, une comparaison statistique des résultats obtenus par les différentes méthodes a été effectuée. Les deux méthodes sont appliquées dans un environnement SIG sous ArcGis 10.3



Partie bibliographique



CHAPITRE I :

Revue de littérature

CHAPITRE I : Revue de littérature

Introduction :

La pollution est une modification défavorable du milieu naturel. en modifie les composantes physiques, chimiques ou biologiques. qui apparait en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine (**Mazoyer M ,2002**) Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou au travers des ressources agricoles, en eau et autres produits biologiques (**Ramade F., 1982**)

La pollution comprend des notions à la fois qualitatives et quantitatives. Ainsi à côté des polluants artificiellement par les activités humaines (**Viala A., 1998**)

1. La pollution de l'eau :

La pollution de l'eau s'entend comme, une modification défavorable ou nocive de propriétés physico-chimiques et biologique, produite directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale établit, la pollution peut atteindre tous les milieux tels que les fossés, les rivières, les fleuves, les canaux, les lacs, la mer, ainsi que les eaux souterraine (**Schmitzberger, 2008**)

1.1. La pollution des eaux :

- La pollution de l'eau c'est la contamination de l'eau par des corps étrangers tels que des micro-organismes, des produits chimiques, des déchets industriels ou autres.
- Ces substances et corps étrangers dégradent la qualité de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités.(**Luvagho KAMBALE 2013**).

1.1.1. La pollution chimique :

Elle est due aux polluants chimiques de nature organique et minérale générés par les différentes activités anthropiques. Ce type de pollution regroupe les solvants, les métaux (Zn, Pb, Cd,.....), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les polychlorobiphényles (PCB), les produits pharmaceutiques, les pesticides, les sels, etc...

1.1.2. La pollution microbiologique :

Elle provient de plusieurs sources comme les rejets des hôpitaux, l'agriculture ainsi que les rejets d'eaux usées. L'eau se charge alors de microorganismes pathogènes (bactéries, virus, parasites) qui peuvent être dangereux pour l'environnement et pour la santé humaine (**Parlanti E, 2000**).

1.1.3. La pollution physique :

Elle résulte de différents éléments solides entraînés par les rejets domestiques et industriels. On distingue :

- Pollution solide : elle provient des particules solides apportées par les eaux industrielles ainsi que les eaux de ruissellement et issue des décharges de déchets à ciel ouvert.
- Pollution thermique : causée généralement par les eaux des circuits de refroidissement des

CHAPITRE I : Revue de littérature

usines, en effet tout changement de température de l'eau a des conséquences significatives sur l'équilibre écologique du milieu aquatique naturel et la survie des organismes vivants.

- Pollution radioactive : liée aux rejets des éléments radioactifs par les installations et les centrales nucléaires ainsi que les usines de traitement de déchets radioactifs (**Kalle K et al. 1963**).

1.2 La pollution agricole des eaux :

L'agriculture est devenue une cause importante de pollution des eaux par suite de l'usage systématique des engrais chimiques et des pesticides. (**Viala A. & Botta A., 2005**)

Les multiples activités agricoles telles que l'élevage du bétail, l'utilisation de pesticides, la fertilisation et l'utilisation non durable des terres conduisent à la pollution de l'eau. Les pratiques agricoles endommagent également les écosystèmes aquatiques et les lits des rivières. (**Parris K. (2011)**).

Le secteur agricole est responsable de la pollution de l'eau due aux activités végétales et d'élevage. Selon certains auteurs (**Wiebe K. and Gollehon N. 2007**).

Les principaux pollueurs de l'eau provenant des activités agricoles sont les engrais organiques et minéraux, l'érosion des sols et les eaux usées des fermes d'élevage. (**Petkova M. 2012**).

Le phosphore provient des effluents d'élevage et des engrais de synthèse. Il est entraîné vers les cours d'eau par ruissèlement. Les pollutions phosphorées d'origine agricole se concentrent en zone d'élevage intensif.

L'azote est naturellement présent dans le sol sous forme organique.

Les nitrates correspondent à une partie de l'azote qui avec le temps se minéralise sous forme lessivable. Les apports organiques de fertilisants ajoutent de l'azote qui n'est pas toujours utilisé en totalité par la végétation. Le milieu est alors contaminé.

Produits phytosanitaires : Elles peuvent être ponctuelles ou diffuses et impactent la plupart du temps les eaux superficielles. Les phénomènes de transfert en jeu sont le ruissèlement, le drainage et le lessivage. Il est très difficile d'identifier les sources précises et de quantifier les pollutions. Les facteurs aggravant de ces pollutions sont la proximité de point d'eau, de fossés, la topographie de la zone à traiter, son orientation, sa pédologie et les conditions climatiques en vigueur au moment du traitement. (**AMRANI N , ZEROUK A , 2019**)

1. Vulnérabilité des eaux à la pollution :

2.1. Concepts de vulnérabilité :

Au sens étymologique du terme, le mot « vulnérabilité » est issu du bas latin « vulnerabilis », qui veut dire blessure. Sa première apparition en littérature remonte à la fin du XVIIe siècle.

CHAPITRE I : Revue de littérature

La vulnérabilité est le caractère de ce qui est vulnérable, c'est-à-dire de ce qui est sensible, fragile, faible, défectueux, blessure, attaque. Elle exprime la capacité d'une personne ou d'un bien à résister face à un risque donné. Ce terme vulnérabilité a été utilisé historiquement depuis les années 50 notamment dans les domaines des sciences humaines, de la protection sociale et de la médecine. En hydrogéologie, la notion de vulnérabilité a été introduite par Margat vers la fin des années 60 (**Margat J, 1968**)

La notion de vulnérabilité développée depuis quarante ans ne possède pas de définition unique mais diffère selon la sensibilité des approches et des auteurs (**Cazaux, M. 2007**). Certains l'ont défini comme une propriété intrinsèque des aquifères; d'autres estiment que la vulnérabilité est liée aux propriétés spécifiques du contaminant. Cependant, d'autres auteurs l'associent aux activités humaines et à la qualité agro- pédologique des terrains de surface. On résume que la vulnérabilité est une évaluation qualitative des mécanismes de transfert d'un polluant qui repose sur une conceptualisation multicouche du milieu traversé. (**Foster. 1987**)

2.2. Différents types de la vulnérabilité :

On distingue deux types de vulnérabilité ; la vulnérabilité intrinsèque et la vulnérabilité spécifique : (**Schnebelen, N et al ,2002**)

2.2.1. La vulnérabilité intrinsèque :

Des eaux souterraines à des contaminants tiennent compte de la géologie, caractéristiques hydrologiques et hydrogéologiques d'une région, mais est indépendante de la nature des contaminants et des scénarios de contaminations.

2.2.2. La vulnérabilité spécifique :

prend en compte les propriétés d'un contaminant particulier ou d'un groupe de contaminants, en plus de la vulnérabilité intrinsèque de la zone (**Zwahlen F ,2004**)

2.3. Méthodes d'évaluation de la vulnérabilité :

2.3.1. La méthode RISK :

RISK est une méthode multicritères de cartographie intrinsèque d'un aquifère karstique. Elle prend en compte quatre critères : la roche aquifère (R) les conditions d'infiltrations (I) La couverture protectrice ou sol (S) La karstification (K) Chaque critère est réparti en différentes classes, de 0 à 4, du moins vulnérable au plus vulnérable. Un facteur de pondération est attribué à chaque critère. Il traduira l'importance relative des critères entre eux.

La méthode est mise en œuvre selon 5 étapes principales pour cartographier la vulnérabilité globale : Cartographie de chaque critère ; Discrétisation des cartes ; Calcul de la vulnérabilité globale Vg en chaque maille ; Reclassification de l'indice Vg ; Étape de vérification.

(**Dörfliger N.et al . 2004**)

CHAPITRE I : Revue de littérature

2.3.2. La méthode « GOD » :

La méthode GOD a été développée par (Foster . 1987). Elle présente la vulnérabilité de l'aquifère face à la percolation verticale de polluants à travers la zone non saturée et ne traite pas de la migration latérale des polluants dans la zone saturée. La méthode GOD utilise une approche empirique où la vulnérabilité des aquifères est définie en fonction de l'inaccessibilité de la zone saturée, au sens de la pénétration du polluant, et de la capacité d'atténuation que la couche sus-jacente présente à la zone saturée. L'approche employée pour ce modèle a recours à trois paramètres, à savoir ; le premier réside dans l'identification du type d'aquifère en fonction de son degré de confinement (C_i), le deuxième correspond à la profondeur de la nappe (C_p) et le troisième est défini par la lithologie de l'aquifère (C_a). Les côtes attribuées aux classes des différents paramètres sont inférieures ou égales à "1". L'Indice GOD (IG) qui permet d'évaluer la vulnérabilité de l'aquifère à la pollution est obtenu par la multiplication de ces trois paramètres (Fig.01). La cartographie de la vulnérabilité à la pollution des aquifères par la méthode GOD est faite par le calcul de l'Indice GOD (IG) selon l'équation (1) .(MURAT V. & al .2000).

$$IG = C_a \times C_i \times C_d (1)$$

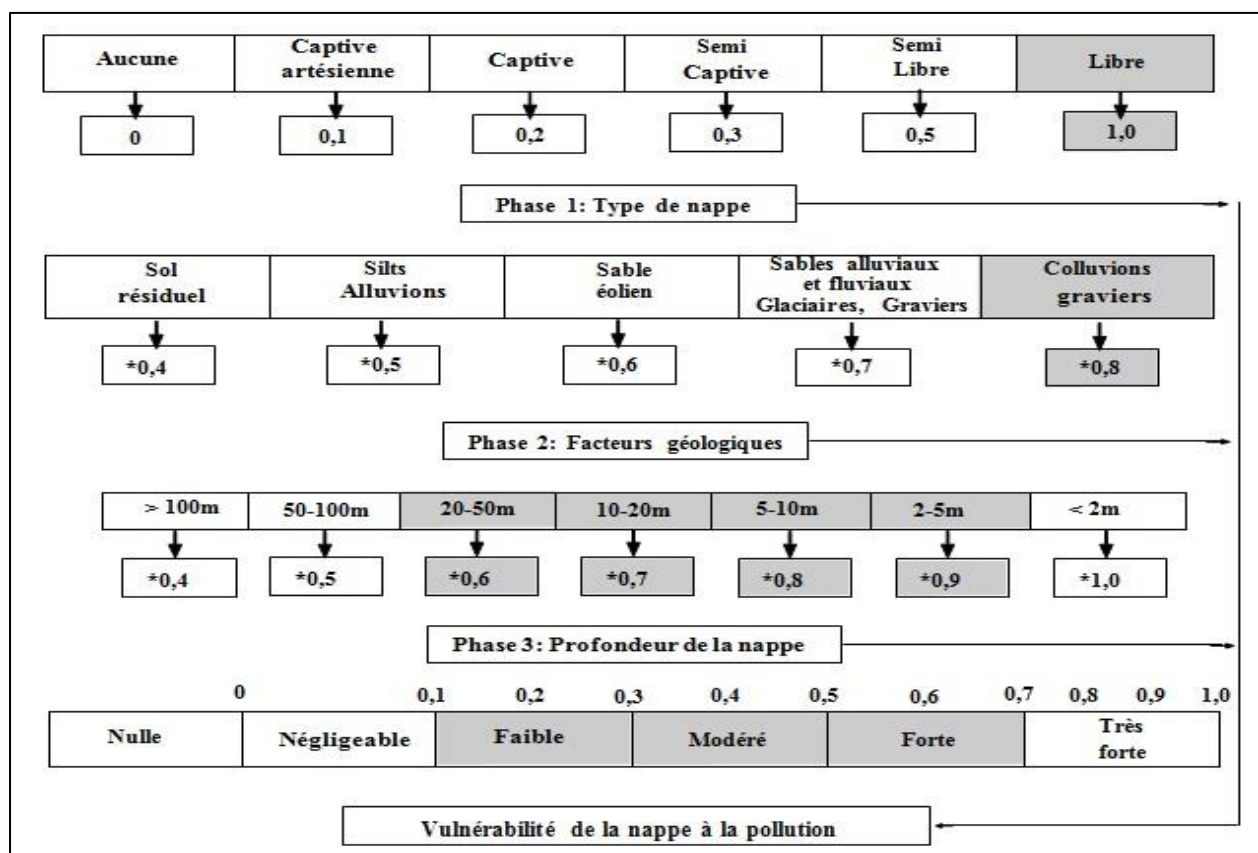


Figure 01 : Indices de classification de la vulnérabilité selon la méthode GOD

CHAPITRE I : Revue de littérature

2.3.3. La méthode « DRASTIC » :

La méthode DRASTIC a été mise au point par l'Association Nationale des Puits d'Eau (NWWA) en coopération avec l'Agence de Protection de l'Environnement (EPA) des Etats-Unis (BRGM, 2002), elle permet d'évaluer la vulnérabilité verticale des eaux souterraines en se basant essentiellement sur des facteurs hydrogéologiques affectant et régissant les écoulements des eaux souterraines. Sept critères sont pris en compte dans le calcul de l'indice de vulnérabilité :

8. Distance à la nappe, épaisseur de la zone non saturée (Depth to groundwater) : D
9. Recharge de l'aquifère : R ;
10. Nature de la zone saturée (aquifer media) : A ;
11. Nature du sol (soil media) : S ;
12. Topographie, pente en % (topography) : T ;
13. Nature de la zone non saturée (impact of the vadose zone) : I ;
14. Perméabilité de l'aquifère (conductivity) : C.

Chaque paramètre est classé en classes associées à des cotes variant de 1 à 10. Une valeur numérique appelée poids paramétrique, comprise entre 1 et 5, est ensuite attribuée à chaque paramètre selon son degré d'influence. Les valeurs de l'indice de la vulnérabilité hydrogéologique de l'aquifère sont alors calculées en faisant la somme des produits des cotes par les poids des paramètres correspondants suivant la formule ;

$$D_{DRASTIC} = D_n D_p + R_n R_p + A_n A_p + S_n S_p + T_n T_p + I_n I_p + C_n C_p$$

Avec; n: notation accordée à chaque paramètre, p: facteur de pondération accordée à chaque paramètre.

Les valeurs de l'indice DRASTIC ($D_{DRASTIC}$) sont ensuite groupées en quatre classes de degrés de vulnérabilité : faible, moyen, élevé et très élevé.

L'indice $D_{DRASTIC}$ le plus élevé correspond au degré de vulnérabilité. Les notations accordées aux paramètres figurent dans l'annexe C.

La méthode DRASTIC peut être utilisée pour l'estimation de la vulnérabilité aux pesticides, mais les indices utilisés sont différents (**MURAT V. 2000**)

2.3.4. La méthode « SINTACS » :

La méthode SINTACS est dérivée de la méthode DRASTIC. Elle a été développée en Italie, au début des années 1990, de manière à s'adapter à la cartographie à plus grande échelle

CHAPITRE I : Revue de littérature

compte tenu de la grande diversité hydrogéologique de l'Italie (**Petelet et al, 2000**). Les paramètres de caractérisation de la vulnérabilité qui ont été retenus dans cette approche sont les mêmes que ceux de la méthode DRASTIC, soit en italien : S : Soggiacenza (profondeur de la nappe) ; I : Infiltrazione (infiltration) ; N : Azione del Non Saturo (fonction de la zone non saturée) ; T : Tipologia della Copertura (sol) ; A : Carratteri Idrogeologici dell' Acquifero (caractéristique hydrogéologiques de l'aquifère) ; C : Conducibilita Idraulica (conductivité hydraulique) ; S : Acclività della Superficie Topographica (pente moyenne de la surface topographique).

Contrairement à DRASTIC, la méthode SINTACS permet d'utiliser, en même temps et dans des cellules différentes, des facteurs de pondération variables selon les situations (**Schnebelen, et al , 2002**).

2.3.5. La méthode SI « Susceptibility Index » :

La méthode d'indice de susceptibilité (SI) est une méthode de vulnérabilité verticale spécifique, développée au Portugal par (**Ribeiro L. (2000)**). Elle prend en compte les polluants d'origine agricole notamment les nitrates et les pesticides. Elle utilise cinq paramètres :

D : (Depth to groundwater) Profondeur de la nappe

R : Recharge nette

A : (Aquifer media) nature lithologique de l'Aquifère

T : (Topography) Topographie des terrains

OS : (Land use) Occupation du sol. L'élaboration de la carte de vulnérabilité, est effectuée par le calcul de l'indice de vulnérabilité (ISI) donnée par la formule:

$$ISI = DcxDp + RcxRp + AcxAp + TcxTp + OcxOp$$

Ou les indices c et p désignent respectivement la cote et le poids du paramètre. Dans la méthode SI, les quatre premiers paramètres sont identiques à quatre paramètres déjà pris en compte dans la méthode DRASTIC en multipliant les cotes par 10. Le nouveau paramètre Occupation des sols a une cote variant de 0 à 100, allant du moins vulnérable au plus vulnérable, est attribuée à chaque classe d'occupation des sols. Les poids attribués aux paramètres SI varient de 0 à 1 selon l'importance du paramètre dans la vulnérabilité.

Paramètres	Poids	Classes	Cotes
	0,186	0 – 1.5	100
		1.5 – 4.5	90
		4.5 – 9	70

CHAPITRE I : Revue de littérature

D: Profondeur de la nappe(en mètres)		9.0 – 15.0	50
		15 – 23	30
		23 – 30	20
		> 30	10
R: recharge (en mm/an)	0,212	0 – 50	1
		50 – 100	3
		100 – 175	6
		175 – 225	8
		> 225	9
A: lithologie de l'aquifère	0,259	Massive shale	2
		Roches ignées ou métamorphiques	3
		Roches ignées ou métamorphiquesaltérées	4
		Calcaire massif	8
		Grès massif	6
		Sable et gravier	8
		Basalte	9
		Calcaire Karstique	10
T: topographie des terrains exprimée par lapente (en degré)	0,121	0 à 2	10
		2 à 6	9
		6 à 12	5
		12 à 18	3
		> 18	1
OS: Occupation des sols	0,222	Décharge industrielle, décharge d'ordures, mines	100
		Périmètre irrigués, rizière, cultures annuelles irrigués et non irrigués	90
		Carrière, chantier naval	80

Tableau 1 : Poids et Cotes SI des paramètres de vulnérabilité (Khemiri et al, 2013)

CHAPITRE I : Revue de littérature

Les indices de susceptibilité calculés représentent le niveau de risque de la vulnérabilité de l'aquifère. Ce risque prend une valeur qui est inférieure à 45 et une valeur maximale de 100. Après le calcul de l'indice de susceptibilité, le degré de vulnérabilité se définit suivant le tableau ci-dessous:

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

Tableau 2 : Classification des indices de vulnérabilité SI (Khemiri et al, 2013)

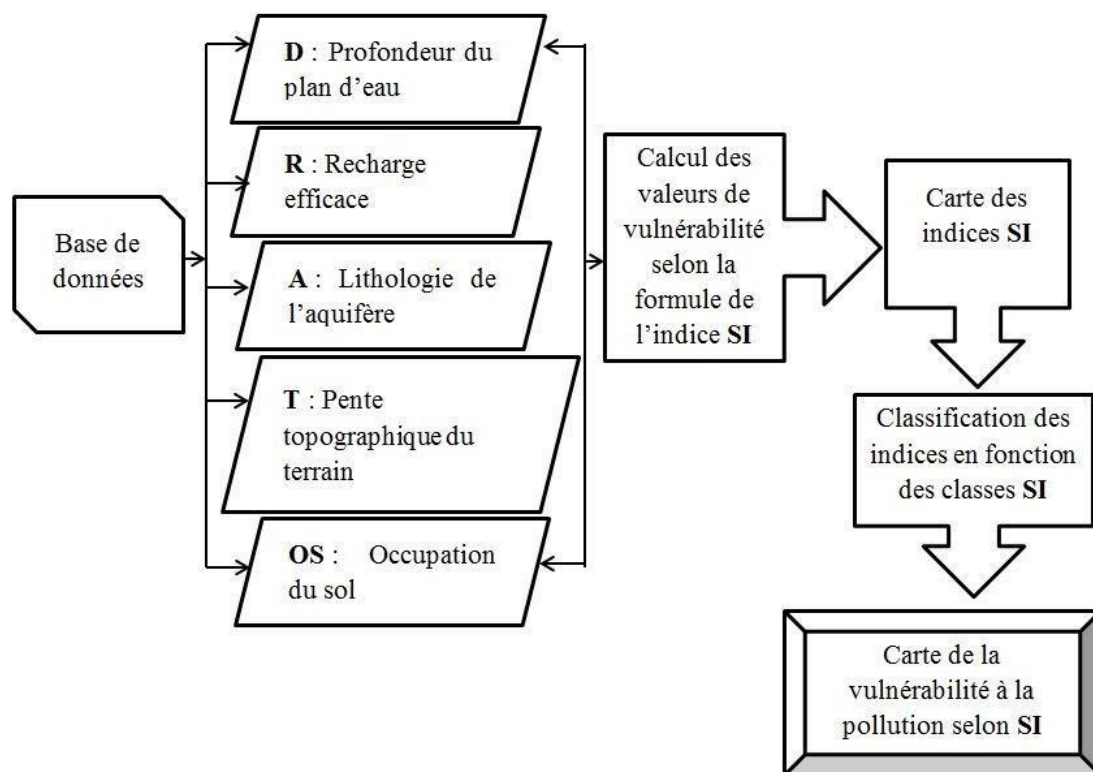


Figure 2 : Organigramme de la cartographie de la vulnérabilité à partir de la Méthode SI.

3. Apport des SIG dans l'étude de la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution :

Un système d'information géographique (SIG) est défini par THERIAULT (1995) comme étant « un ensemble de principes, de méthodes, d'instruments et de données à références spatiales, utilisées pour saisir, conserver, transformer, analyser, modéliser, stimuler et cartographier les phénomènes et les processus distribués dans l'espace géographique ». Il s'agit donc d'un outil informatique qui stocke et gère les informations

CHAPITRE I : Revue de littérature

ayant une référence au territoire. (THÉRIAULT M., et al. 1995).

Les SIG permettent d'inspirer des approches globales en matière de gestion des ressources en eaux qui pourraient faciliter le développement de solutions aux problèmes de surexploitation et de dégradation de la qualité des eaux souterraines. (SMIDA H. & al. 2010).

3.1. Les principales composantes d'un SIG :

Un SIG est constitué de cinq composants majeurs tels que présentés par le schéma ci-dessous: (ESRI, 2004). (Fig.03).

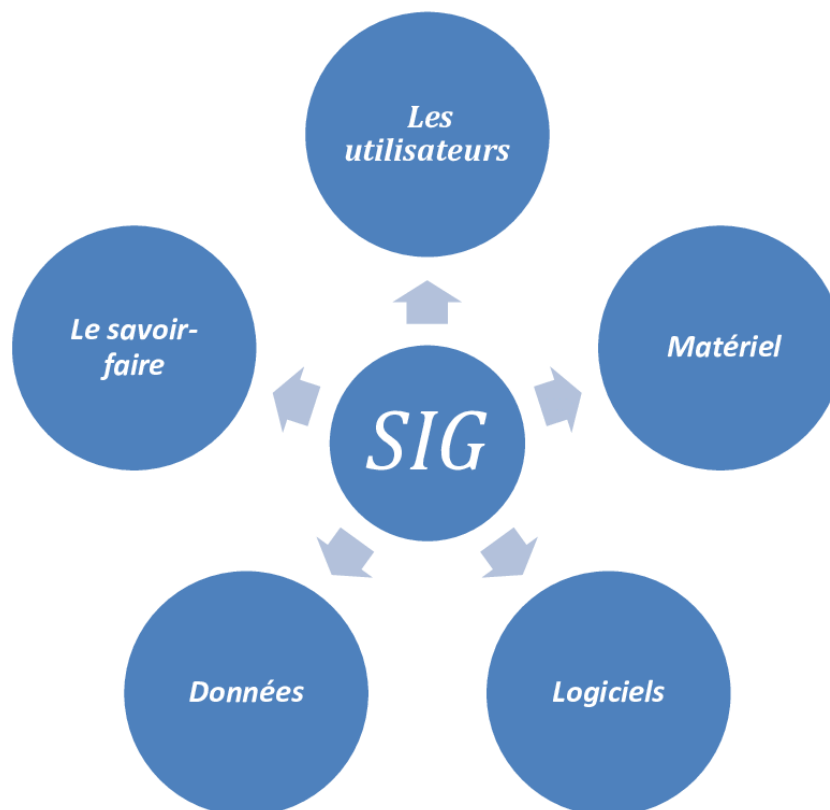


Figure 3 : Les composants d'un SIG (ESRI, 2004).

3.1.1. Les matériels informatiques :

Les SIG fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs des serveurs de données aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome.

3.1.2. Les logiciels :

Ils assurent les 6 fonctions suivantes :

1. saisie des informations géographiques sous forme numérique (Acquisition)
2. gestion de base de données (Archivage)
3. manipulation et interrogation des données géographiques (Analyse)
4. mise en forme et visualisation (Affichage)

CHAPITRE I : Revue de littérature

5. représentation du monde réel (Abstraction)

6. la prospective (Anticipation)

Selon la même source (**ESRI, 2004**). ,les logiciels qui sont utilisables dans le domaine des systèmes d'information géographique il y a : L' ARCGIS, MAPINFO, ENVIE, ERDAS, SURFER...

3.1.3. Les données : Les données sont certainement les composantes les plus importantes des SIG. Les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données.

3.1.4. Les utilisateurs : Un SIG étant avant tout un outil, c'est son utilisation (et donc, son ou ses utilisateurs) qui permet d'en exploiter la quintessence. Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux personnes utilisant dans leur travail quotidien la dimension géographique. Avec l'avènement des SIG sur internet, la communauté des utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante chaque jour et il est raisonnable de penser qu'à brève échéance, nous serons tous à des niveaux différents des utilisateurs de SIG.

3.1.5. Méthodes et savoir-faire : La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation. Un SIG fait appel à une connaissance technique et à divers savoir-faire et donc divers métiers qui peuvent être effectués par une ou plusieurs personnes.

3.2. Les données géographiques (raster / vecteur) :

Les Systèmes d'Information Géographique exploitent deux différents types de modèles géographiques (**IAAT. 2003**). (Fig.04) :

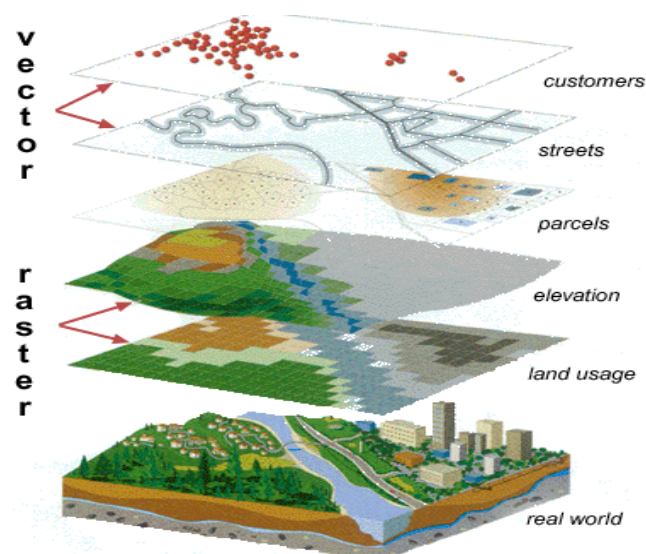


Figure 4 : Deux différents types de modèles géographiques (**ESRI, 2004**).

CHAPITRE I : Revue de littérature

3.2.1. Donnée « raster » :

La donnée raster ou maillée donne une information en chaque point du territoire à partir d'appareil photo ou de caméra aéroportée (avion, ballon, ...) il est possible d'avoir de nombreux détails de la surface de la terre.

Elle peut être scannée, numérique ou ortho rectifiée (corrigée des déformations d'échelle)

Plan scanné ou carte scannée: la carte scannée est un bon référentiel visuel car elle est souvent issue de carte papier destinée au grand public (plan cadastral, carte routière).

Image satellite: image issue de capteurs embarqués dans des satellites d'observation placés sur des orbites. Elle doit subir plusieurs traitements radiométriques et géométriques avant d'être utilisable dans un SIG.

Image satellite radar: image enregistrée par des capteurs embarqués dans des satellites d'observation Elle représente la réponse du sol à l'onde envoyée par le capteur

3.2.2. Donnée « vecteur » :

Pour représenter les objets à la surface du globe, les SIG utilisent trois objets géométriques qui sont le point, la ligne et la surface.

Le point: l'objet le plus simple, il peut représenter à grande échelle des arbres, des bornes d'incendie, des collecteurs d'ordures, ... Mais à des échelles plus petites de type carte routière au 1/1 000 000ème, il représente une capitale régionale.

La ligne: la ligne représente les réseaux de communication, d'énergie, hydrographiques, d'assainissement, etc. Elle peut être fictive, en représentant l'axe d'une route, ou virtuelle en modélisant des flux d'information, d'argent,

La surface: elle peut matérialiser une entité abstraite comme la surface d'une commune ou des entités ayant une existence géographique comme une forêt, un lac, une zone bâtie, ...

3.3. Fonctionnement d'un SIG : Un SIG stocke les informations concernant le monde sous la forme de couches thématiques pouvant être reliées les unes aux autres par la géographie. Ce concept, à la fois simple et puissant a prouvé son efficacité pour résoudre de nombreux problèmes concrets. Il est illustré par la figure ci-dessous (Fig.05).

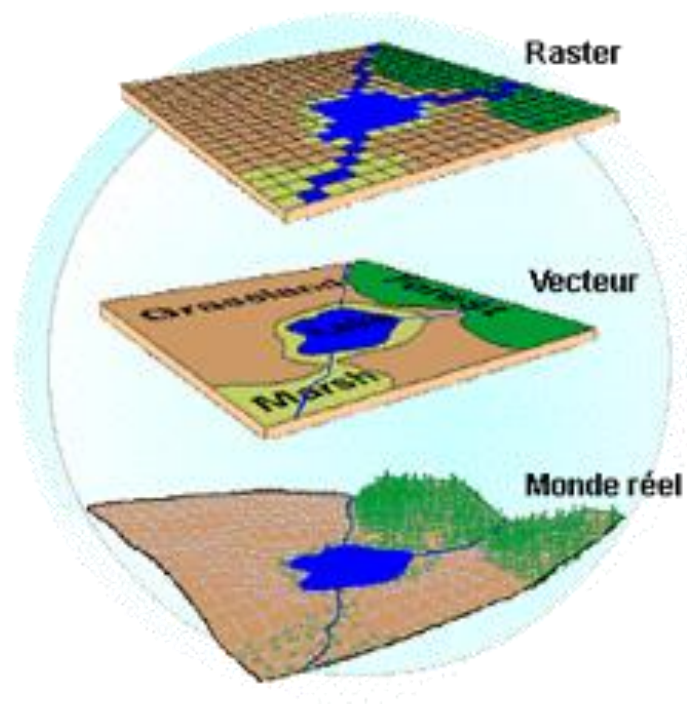
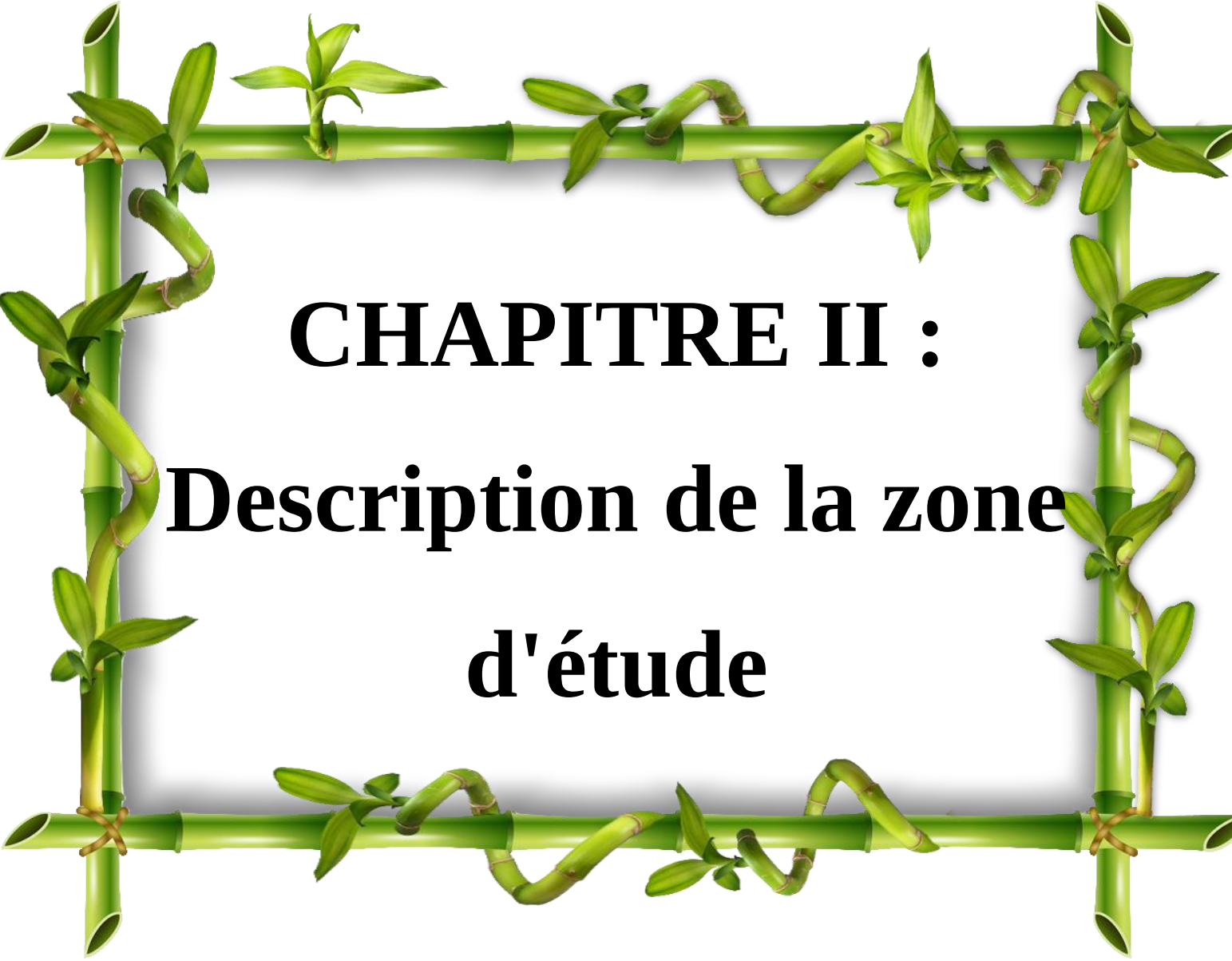


Figure 5 : Représentation du monde réel sous la forme de couches thématiques (ESRI, 2004).



CHAPITRE II :

Description de la zone d'étude

CHAPITRE II : Description de la zone d'étude

1.1. Situation géographique et administrative de Khenchela et la zone d'étude :

1.1.1. Situation géographique :

La wilaya de Khenchela est située à l'est de l'Algérie et s'étend sur une superficie de 9.715,6 km². Elle est composée de 08 daïras et de 21 communes et compte 399.200 habitants (Estimation 2009).

La diversité climatique de la wilaya de Khenchela lui confère un attrait touristique certain en plus de ses nombreuses sources thermales (Hammam Essalihine, Hammam El-Knif...) et sites archéologique de l'époque romaine. L'agriculture et l'élevage constituent l'essentiel des ressources avec 84.6 % du territoire de la wilaya affecté à l'agriculture (Fig.06).

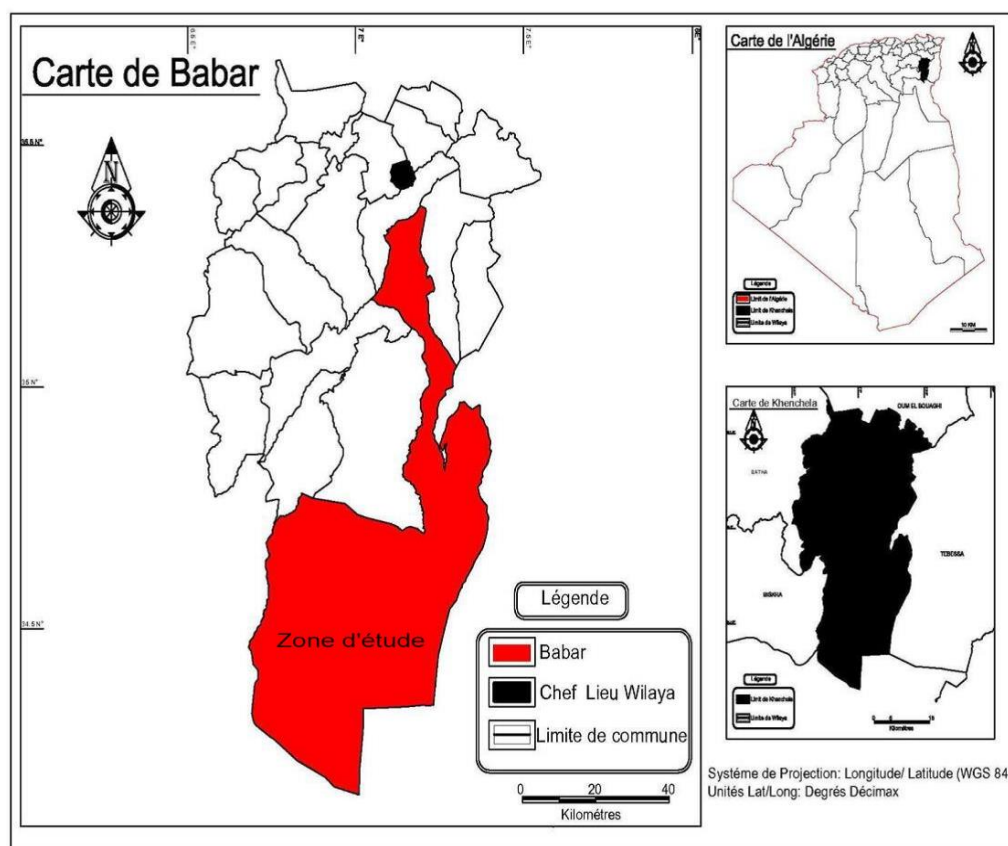


Figure 6 : Situation géographique et limites administratives de la zone d'étude

1.2. Situation administrative :

Notre zone d'étude appartient administrativement a la commune de Babar en même temps chef-lieu de daïra d'une très grande superficie de l'ordre de 355000 Ha soit 3550 Km², elle occupe à elle seule quelque 36% (plus du 1/3) de la surface totale de la wilaya de Khenchela.

Sur le plan administratif, la Daïra de Babar englobe sous sa tutelle uniquement la commune de Babar. Elle est délimitée :

CHAPITRE II : Description de la zone d'étude

- à l'Est par la commune de Kheirane, Chechar et la wilaya de Biskra.
- à l'Ouest par la commune d'El Mahmel, Ouled Rechache et la wilaya de Tébessa.
- au Nord par la commune de N'sigha.
- au Sud par la wilaya d'El Oued.

Son chef-lieu est distant de 40 Km du chef-lieu de la wilaya de Khenchela. C'est une commune qui se caractérise par un relief complexe où dominant deux types de relief: une zone montagneuse au Nord et au centre (monts des Nememcha et de Zoui) et une zone de plaine alluviale au Sud sur la zone d'épandage de crue du plateau présaharien.

L'absence de voies de communication rapide couvrant le vaste territoire de la commune, pour assurer les liaisons avec les principales agglomérations qui lui sont proches, surtout avec la partie Sud de la commune qui est moins desservie, et vu l'état de dégradation du réseau existant, d'une part et de la grande surface qu'elle occupe de l'autre part, on considère que cette commune est en situation d'enclavement, notamment sa partie Sud (zone de notre étude).

2. Situation géologique :

2.1. Contexte géologique :

On abordera dans cette partie les aspects géologiques de la zone d'étude, qui nous permettra par la suite de comprendre la relation entre la minéralisation de l'eau et la nature géologique du substratum. Les travaux géologique réalisés sur le Sahara septentrional sont nombreux : **(Fabre, 1976), (Bel et Cuche, 1969)** a ça se rajoute les études pétrolière et du service de l'hydraulique. Les études universitaires non jamais touché cette région.

2.2. Cadre géologique générale :

Lorsqu'on aborde le Sahara par le Nord, on est surpris par la rapidité avec laquelle on passe des montagnes et plateaux de l'Atlas à la plate-forme désertique saharienne. Ce passage souligné par des affleurements de calcaires blancs sub-verticaux, correspond à l'accident sud atlasique, qui est selon les endroits un pli, un pli-faille, ou une flexure. Au sud de cet accident qui va d'Agadir au Golfe de Gabès, s'étend le bouclier africain formé de roches éruptives et métamorphiques où se sont déposés plusieurs milliers de mètres de terrains sédimentaires allant du Cambrien au Quaternaire **(Cornet, 1964)**.

Au point de vue géologique le secteur d'étude est localisé au sud de l'Atlas Saharien dans une zone effondrée par la flexure sud atlasique correspondant au Sahara septentrional.

Le passage de l'Atlas Saharien à la plateforme saharienne se fait par l'intermédiaire d'un ensemble de plis-failles et de failles correspondant à la flexure saharienne ou flexure sud-atlasique qui s'est développée lors de la phase paroxysmale alpine et ce suite à la

CHAPITRE II : Description de la zone d'étude

surrection de l'Atlas saharien (Fig.07).

2.3. Etude litho-stratigraphique :

La carte géologique n'a fait apparaître qu'une couverture tabulaire de terrains tertiaires, et de sédiments détritiques quaternaires. Au point de vue litho-stratigraphique

(IFES, 2011), les formations effleurant au niveau de la région (Fig.08) et (Fig.09) ou ayant été recoupées par les différents forages sont représentées de la base au sommet par la succession

litho-stratigraphique suivante :

✓ L'Éocène inférieur :

L'Éocène inférieur est représenté par de affleurements assez circonscrits et faillés inclus dans des plis anticlinaux au Nord-Ouest du secteur d'étude sur le versant sud de l'Atlas saharien ou il correspond à une formation calcaro-marneuse fossilifère (Gastéropodes, Lamellibranches, Alvéolines et Miliolidés).

Les terrains correspondant ont été recoupés par le forage de l'oasis de Khangat sidinadji situé au-delà du coin nord-Ouest de la région, ou ils sont constitués par 295 m de calcaire gris a silex fracturés surmontant des calcaires gris argileux avec des intercalations de marnes.

✓ L'Éocène moyen :

Cette série faillée, d'une puissance d'environ 200 m, affleure au nord de la région ou elle est formée à la base par des intercalations de calcaires et de marnes gypseuses et au sommet par des argiles grises avec de petits bancs de calcaires et marnes gypseuses.

✓ Le mio-pliocène :

Le Mio-Pliocène affleure sur une grande étendue au nord de la flexure sud atlasique et du secteur d'étude, ou il est constitué à la base par des argiles, des sables, des conglomérats rougeâtres a ciment gréseux admettant quelques passées argilo – sableuses et au sommet par des marnes et de petits bancs calcaires lacustres.

La série Mio-pliocène se termine par des marnes brunes ou rougeâtres gypseuses.

✓ Le plio-Quaternaire :

Le Plio-Quaternaire a été traversé par plusieurs forages sur toute l'étendue de la zone étudiée, au Sud de la flexure Sud atlasique. Comme exemple nous citerons les forages : R'tim Roudjel, Oglat El-Meita, Ouzzern etc...

Il est représenté par une série assez épaisse dépassant les 600 m constituée de la base au sommet par :

- des conglomérats, sables et argiles.

CHAPITRE II : Description de la zone d'étude

- des alluvions sableuses et argileuses.
- de la croûte calcaire
- des alluvions actuelles et récentes.

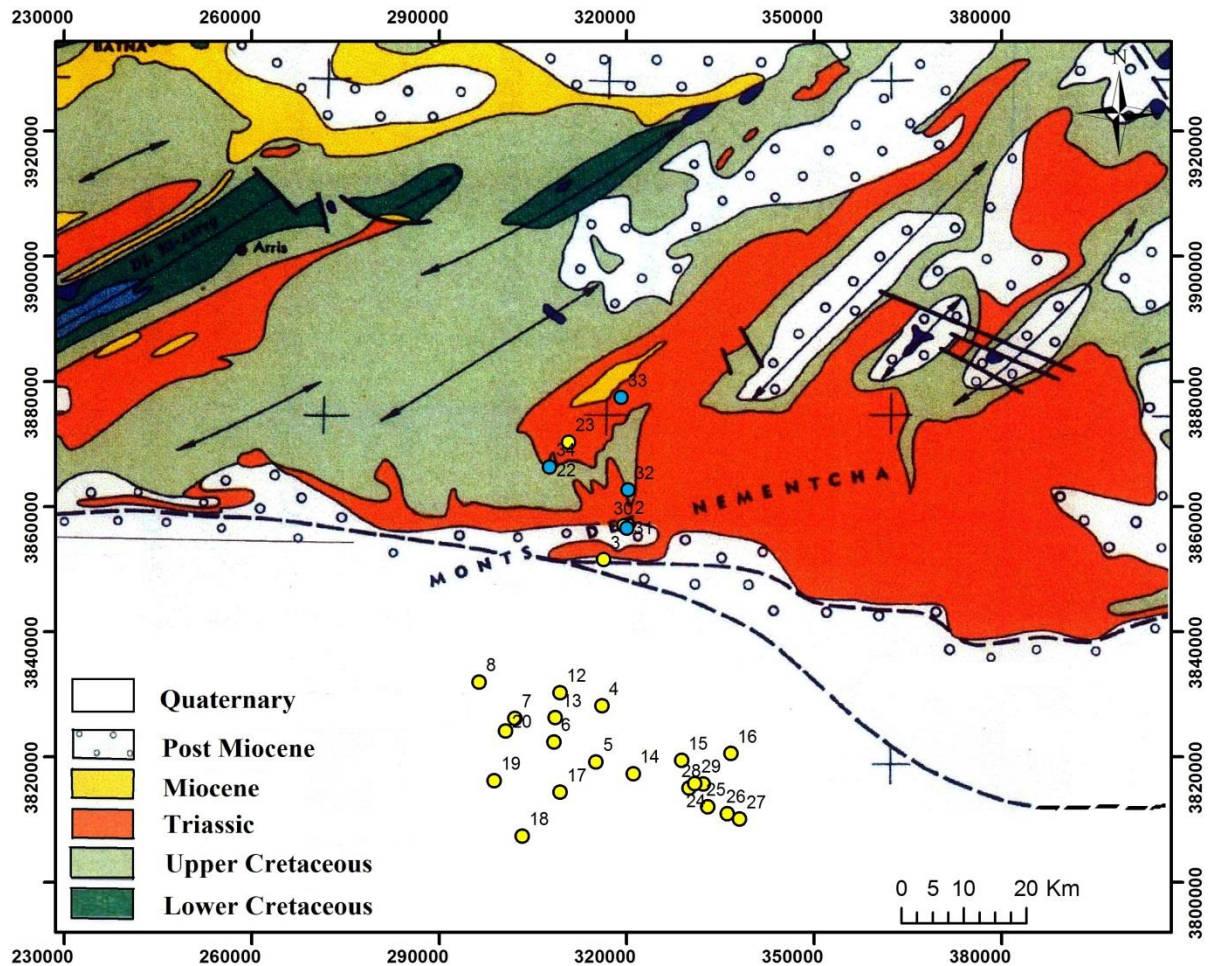
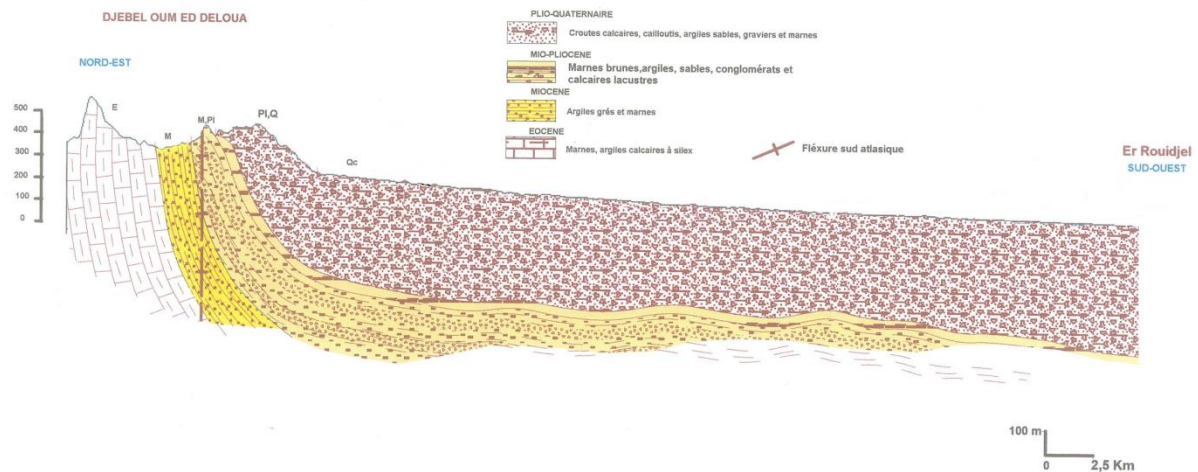


Figure 7 : Carte géologique de la région d'étude.



CHAPITRE II : Description de la zone d'étude

Figure 8 : Coupe géologique interprétative (IFES).

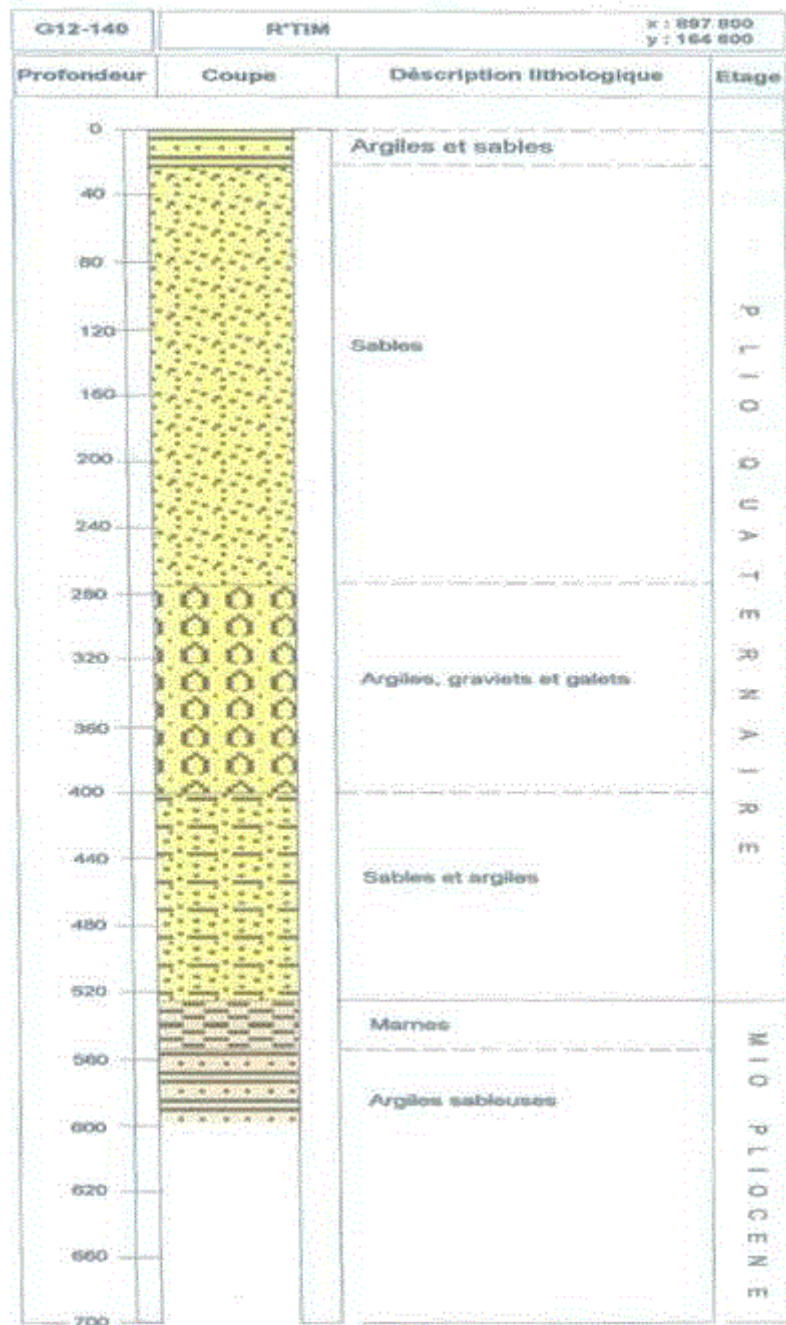


Figure 9 : Log litho-stratigraphique du forage G12-140. (Sedрати ,2017)

3. Situation économique et agricole :

A Khenchela, dans la région de Babar également appelée Sahara de Khenchela ou encore Sahara des Nememcha, comme la plupart des régions Sahariennes les activités économiques principales sont liées à l'agriculture et à l'élevage.

La superficie agricole totale représente 99% de la région sud, répartie comme suit:

CHAPITRE II : Description de la zone d'étude

- ✓ Zone agricole utilisée 26 : 93.580 hectares
- ✓ Steppe et prairie: 223.156 hectares
- ✓ Terres improductives: 43.191 hectares

La superficie agricole totale 359.930 Hectares distribué comme suit:

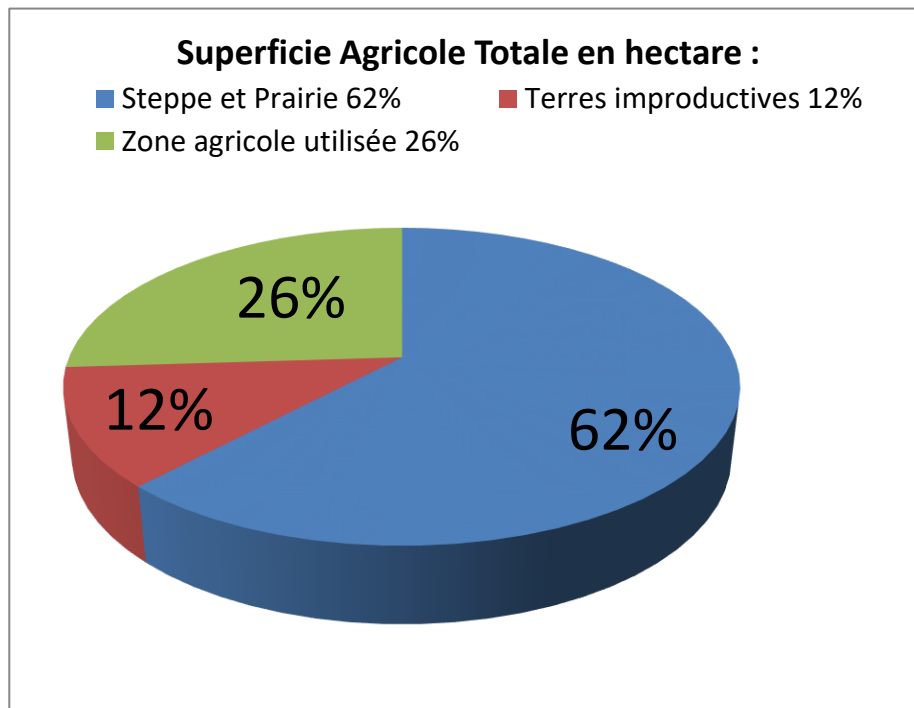
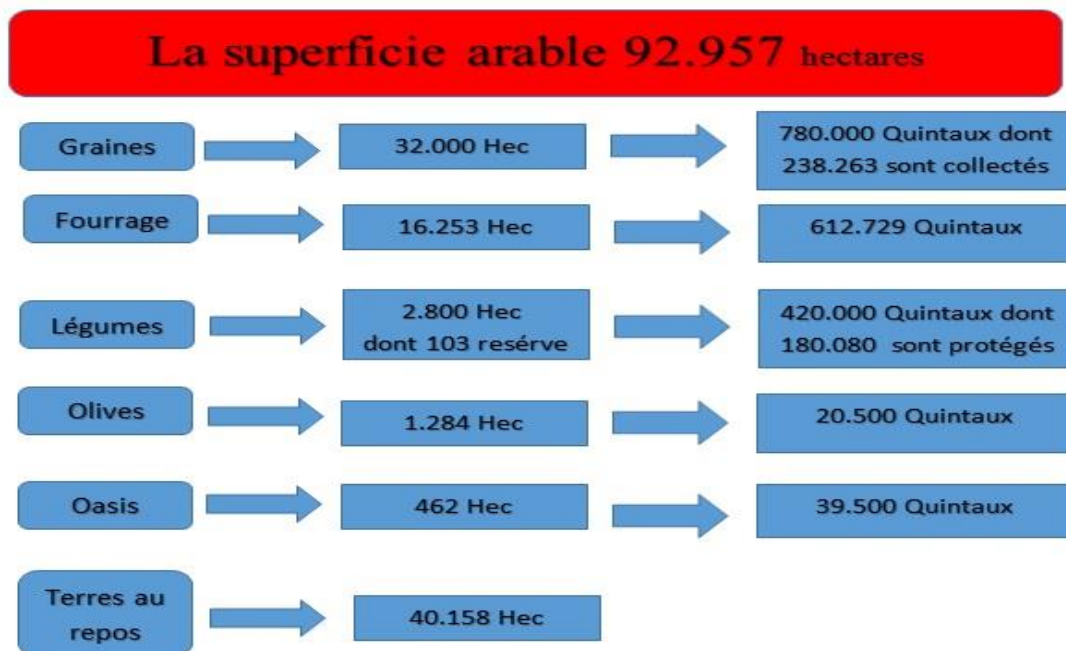


Figure 10 : Superficie agricole totale en hectare.



Source : D.S.A Khenchela

Figure 11: Production agricole pour une saison 2018/2019.

CHAPITRE II : Description de la zone d'étude

3.1. Les produits phytosanitaires utilisés en zone d'étude :

Tableau 03 : Mobilisation et ventes des engrais :

Nature de produits	Stock initial 31/05/2020	Enlèvement a partir de L'UCC	Mobilisation totale	Vente	Stock restant
1-Produits phosphatés					
PHOSFERT MAP12-52	00	4100	4100	3796,5	303,5
N.P.K 15.15.15	00	3738 ,50	3738,5	3796,5	618,5
WEATFERT	04	200	204	204	00
TOTAL	04	8038 .5	8042,50	7120	922
2-Produits azotés					
UREE 46%	4562	11527 ,5	16089,50	14690	1399,5
AZOSUL	/	300	300	210	90
TOTAL	4562	11827,50	16389 ,80	14900	1489 ,5

Tableau 04 : Mobilisation et ventes des désherbants :

Type de Désherbant	Stock initial (Unité)	Dépôt de Vente	Mobilisation total (eq/ha)	Vente (Unité)	Equivalent ha	Stock finaux
Anti-dicotylédones						
ZOOM1.08KG	/	10 Boites	90ha	/	/	10 B
MUSTANG 5L	/	300L	600ha	10L	20ha	290 L
Anti-monocotylédones						
TRAXOS 5L	/	100L	100L	70L	70ha	30L
PELAS 5L	/	40L	40L	05L	10ha	35L
AXIAL 5L	/	/	/	/	/	/

CHAPITRE II : Description de la zone d'étude

HELIOSOL 5L	/	80L	80L	05L	05ha	75L
Double action						
TRAXOS ONE 5L	/	500L	500ha	415L	415ha	85L
HUSSAR EVOLUTION 5L	/	150L	150ha	10L	10ha	140L
PACK DESCOVRY	/	15 P	150ha	/	/	15 P
PACK PROME PREVENTIVE	/	05 P	50ha	03P	30ha	02 P

Tableau 05 : Mobilisation et ventes des fongicides :

Type de Fongicides	Stocks initiales	Enlèvement auprès UCC	Mobilisation Totales (ea/ha)	Ventes (Unité)	Equivalent (ha)	Stocks finaux
AMISTAR XTRA 5L	/	100L	100L	35L	47ha	65L

4. Situation climatique :

4.1. Introduction :

Les paramètres hydro-climatiques ont une grande importance pour toute étude hydrogéologique car ils ont une influence sur le comportement hydraulique et surtout le bilan hydrique des aquifères.

La zone d'étude appartient au grand bassin de chott Melghir, qui fait partie du système aquifère du Sahara septentrionale (SASS) et il est caractérisé par un climat aride. L'aridité s'exprime non seulement par les températures élevées en été et par la pénurie des précipitations, mais surtout par l'importance de l'évaporation due à la sécheresse de l'air et qui pose un grand problème à l'agriculture dans la région.

4.2. Climat de la région :

La caractérisation du climat de la zone d'étude a été réalisée sur la base des données chronologiques période (2010/2019) d'El-Meita parce que cette station est la plus proche à

CHAPITRE II : Description de la zone d'étude

notre aire d'étude et caractérisée par les mêmes conditions géographique que celles de la région étudiée.

Le tableau suivant nous montre les données climatiques de la région de Khenchela (El-Meita) durant la période (2010/2019),

Tableau 06 : Données climatiques de la région d'El-Meita période (2010/2019)

Facteurs Mois	H%	T°C moyenne mensuelle	T°C minimale moyenne	T°C maximale moyenne	P (mm) moyenne mensuelle	Vitesse moyenne du vent (m/s)
Janvier	48.88	12.85	7.14	18.02	4.54	3.26
Février	43.75	13.53	7.93	19.13	11.11	4.25
Mars	38.3	17.30	11.5	23.11	12.30	4.44
Avril	36.52	21.86	15.6	28.13	18.41	4.10
Mai	31.4	25.87	19.56	32.18	10.47	3.86
Juin	26.54	31.21	24.66	37.77	4.75	3.46
Juillet	27.17	34.85	28.37	41.33	0.31	2.83
Août	28.36	33.9	27.69	40.11	2.73	2.61
Septembre	32.73	29.82	24.26	35.39	15.57	2.68
Octobre	40.73	23.98	18.33	29.64	14.28	2.69
Novembre	48.18	17.64	12.7	22.58	8.21	2.96
Décembre	46.18	13.23	7.84	18.62	2.28	2.56
	37.39*	23*	17.13*	28.83*	104.96**	3.79*

NB : * moyenne ** cumul

(<http://Tutiempo.net>,

2020)

Les données enregistrées montrent bien que la région se caractérise par des précipitations très faibles et très irrégulières, le cumul annuel est de 104.96 mm. La température moyenne annuelle est de 23°C avec un maxima moyen de 41.33°C enregistré au mois de juillet et un minima moyen de 7.14°C au mois de janvier. Les vents dominants ont une direction Sud - Ouest. La vitesse moyenne est de 3,79 m/s.

4.3. Diagramme Ombrothermique Bagnouls et Gaussen (1957)

Le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1957) est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèches et humides de l'année, où sont portés en abscisses les

CHAPITRE II : Description de la zone d'étude

mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), avec $P=2T$.

L'analyse de ce diagramme que nous avons réalisés sur notre région d'étude pendant la période (2010/ 2019), nous montre que la période sèche dans la région d'El-Meita s'étale durant toute l'année (Fig.12).

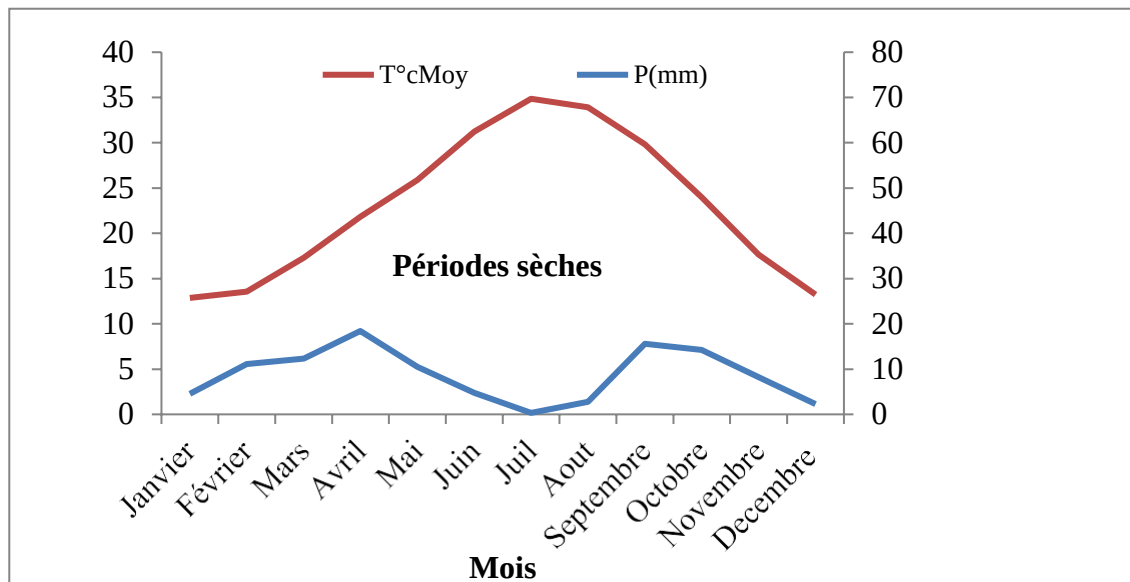


Figure 12 : Diagramme Ombrothermique de la région d'El-Meita (2010 / 2019).

4.4. Climagramme d'Emberger

Le Quotient pluviométrique d'Emberger (Q2) spécifique au climat méditerranéen permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude. Pour déterminer ce quotient, nous avons utilisé la formule de **Stewart (1968)**, adapté pour l'Algérie, qui se présente comme suit :

$Q2 = 3.43 * p / M - m$ Où : P = Pluviosité moyenne annuelle en mm

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (°C). m = moyenne des minima du mois le plus froid (°C).

M et m sont exprimés en degrés. Pour notre région d'étude; $P=104.96\text{mm}$, $M=41,33\text{ }^{\circ}\text{C}$, $m=7.14$ donc $Q2 = 10.52$.

Le diagramme d'Emberger a montré que la région étudiée appartient à l'étage bioclimatique aride inférieur avec un hiver tempéré (Fig.13).

CHAPITRE II : Description de la zone d'étude

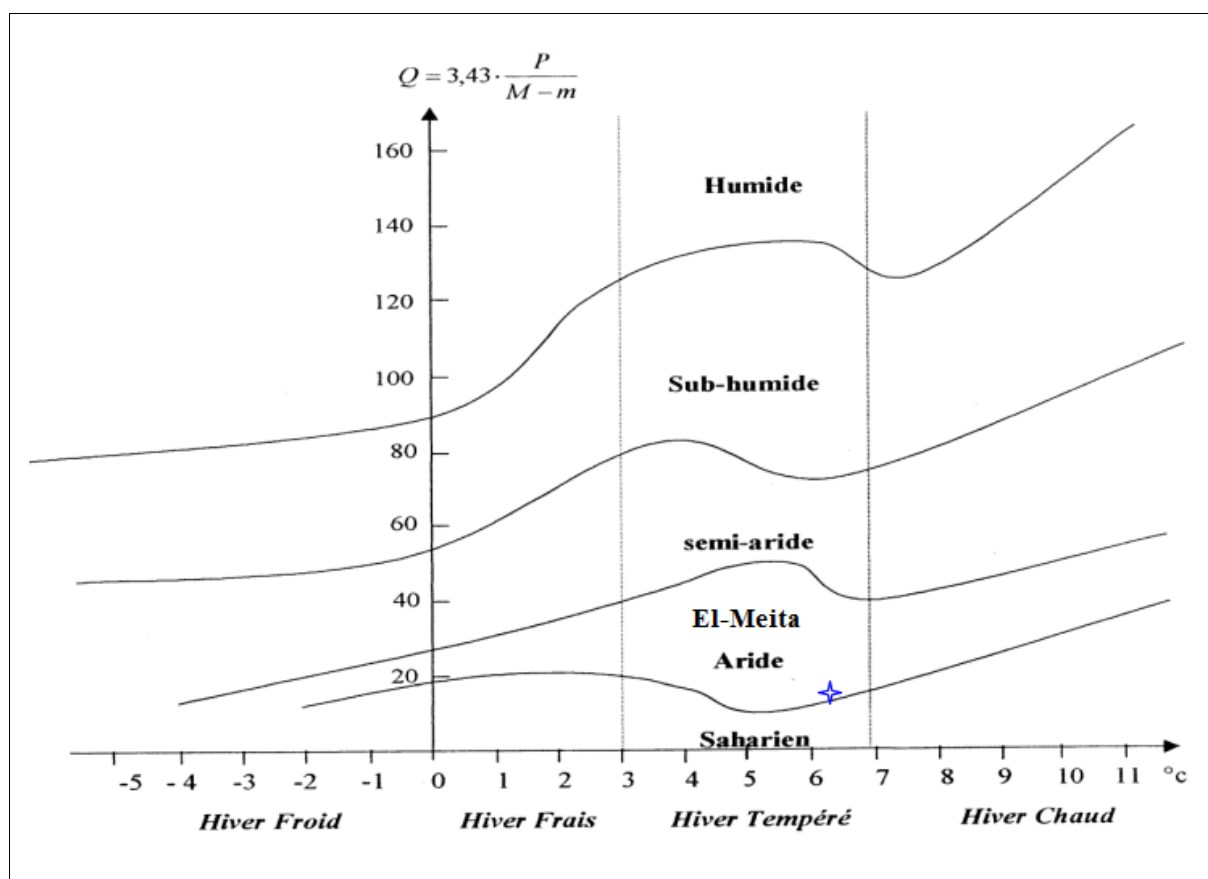


Figure 13 : Situation de la région d'El-Meita sur le Climagramme d'Emberger (2010/2019).



Partie Expérimentale



CHAPITRE III :

Cartographie et

vulnérabilité

CHAPITRE III : Cartographie et vulnérabilité

Introduction

La nouvelle stratégie de protection de ressources en eau, qui doit être instaurée, est de protéger et sauvegarder les ressources dans leur gisement avant qu'elles ne soient contaminées, bien que le développement des techniques de décontamination des nappes a évolué, mais la dépollution reste longue, coûteuse et la restauration de la potabilité des eaux reste difficile. Cette stratégie sera basée sur l'élaboration d'un document cartographique (carte de vulnérabilité ou carte de sensibilité) que le gestionnaire de la ressource en eau pourra utiliser lors de l'implantation des installations (**Gabriel AKE.2010**).

Le but de l'établissement de cette cartographie est de montrer quelles sont, suivant les terrains rencontrés en surface, les possibilités de pénétration et de propagation des polluants dans le terrain, de mieux apprécier la fragilité des captages d'eau potable existants, de mieux cerner les zones à risque lors du choix de nouveaux sites des captages et de prévoir les mesures compensatoires à mettre en œuvre sur les infrastructures existantes ou à créer pour limiter les risques de pollution chronique ou accidentelle, diffuse ou ponctuelle.

Les méthodes d'estimation de la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution sont très nombreuses. Chacun élabore sa méthode selon ses besoins. 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.

1. Choix des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité :

Plusieurs techniques permettent l'évaluation de la vulnérabilité des aquifères. Ces techniques peuvent être regroupées en trois (**Kimmeier, 2001**)

- Les méthodes hydrogéologiques de type matriciel.
- Les méthodes des systèmes de ration.
- Les méthodes de ration et de paramètres pondérés.

Afin d'examiner la vulnérabilité du système aquifère de la région d'El Meita, nous allons appliquer deux méthodes d'évaluation : à savoir la méthode de GOD et la méthode SI .

2. Logiciels utilisés :

Dans l'étude de la vulnérabilité de la région d'El Meita, le logiciel ArcGis version 10.3 a été utilisé. ArcGIS est une suite de logiciels d'information géographique (ou logiciels SIG) développés par la société américaine Esri (Environmental Systems Research Institute, Inc.). ArcGIS Desktop comprend une suite d'applications intégrées :

- ✓ **ArcMap** : pour analyser les données, réaliser des produits cartographiques;

CHAPITRE III : Cartographie et vulnérabilité

- ✓ **ArcCatalog** : pour la gestion et la navigation dans les bases de données ;
- ✓ **ArcToolbox** : pour effectuer la conversion, la manipulation, le traitement et l'analyse de données.

À l'aide de ces trois applications, on peut effectuer toutes les tâches SIG, de la plus simple à la plus avancée.

3. Vulnérabilité du système selon « GOD » et « SI » :

3.1. La méthode « GOD » :

3.1.1. Détermination des paramètres du modèle « GOD » :

3.1.1.1. Profondeur de la nappe « D » :

La profondeur de la nappe est un paramètre important, qui constitue un facteur déterminant de la vulnérabilité. Plus cette profondeur est élevée, plus le contaminant met de temps à atteindre la surface piézométrique. Pour la nappe d'El-Meita, ce paramètre a été déterminé pendant les relevés piézométriques. Les résultats pour les indices de la méthode GOD sont présentés dans le tableau (Tab. 07).

Tableau 07 : Indice des paramètres calculés selon GOD.

N = °	Type de l'aquifère	Indice de nappe	Facteurs géologiques	Indice de profondeur	Indice de GOD
2	Semi libre	0,5	0,4	0,6	0,12
3	Semi libre	0,5	0,4	0,5	0,1
4	Libre	1	0,6	0,4	0,24
5	Libre	1	0,6	0,4	0,24
6	Libre	1	0,6	0,4	0,24
7	Libre	1	0,6	0,4	0,24
8	Libre	1	0,6	0,4	0,24
12	Libre	1	0,6	0,5	0,3
13	Libre	1	0,6	0,4	0,24
14	Libre	1	0,6	0,4	0,24

CHAPITRE III : Cartographie et vulnérabilité

15	Libre	1	0,6	0,4	0,24
16	Libre	1	0,6	0,4	0,24
17	Libre	1	0,6	0,5	0,3
18	Libre	1	0,6	0,5	0,3
19	Libre	1	0,6	0,4	0,24
20	Libre	1	0,6	0,4	0,24
22	Semi libre	0,5	0,4	0,4	0,08
23	Semi libre	0,5	0,4	0,4	0,08
24	Libre	1	0,6	0,4	0,24
25	Libre	1	0,6	0,4	0,24
26	Libre	1	0,6	0,4	0,24
27	Libre	1	0,6	0,4	0,24
28	Libre	1	0,6	0,4	0,24
29	Libre	1	0,6	0,4	0,24
30	Libre	1	0,6	0,5	0,3

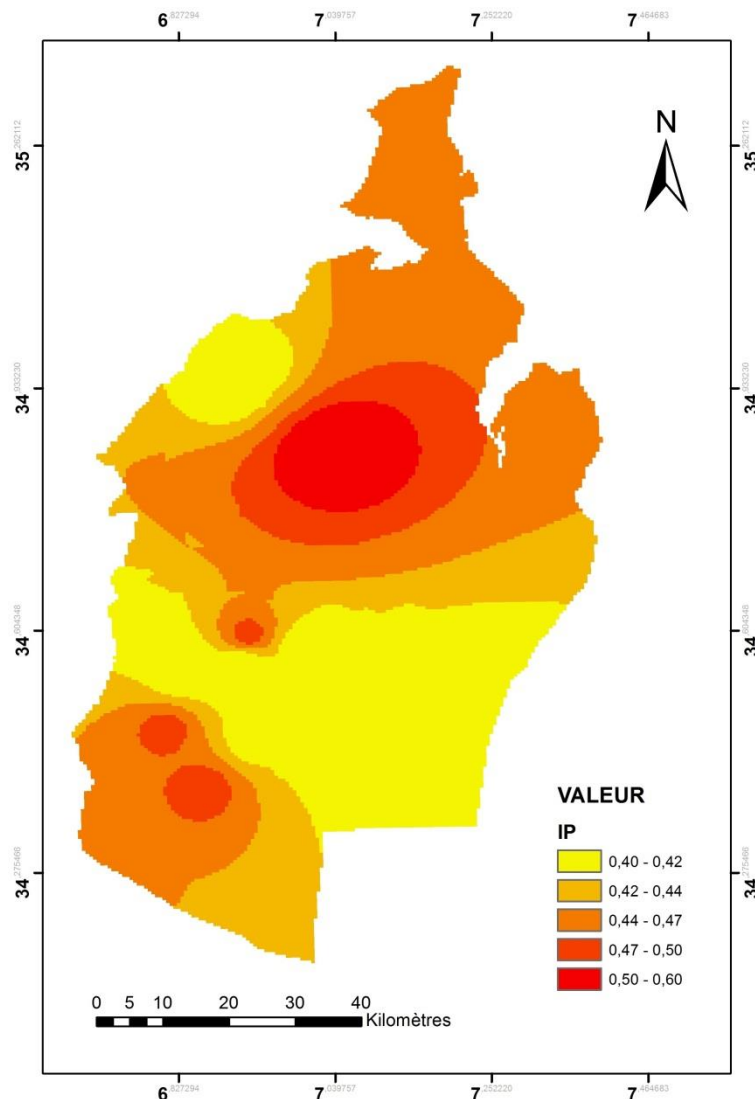


Figure 14 : Carte des indices de la profondeur de la nappe.

La carte des indices de la profondeur de la nappe d'El-Meita (Fig.14) ; montre que la profondeur de la nappe augmente du nord au sud. La profondeur est entre 30 et 200 mètres, ces profondeurs ont un indice faible dans le système empirique d'évaluation de GOD qui est entre 0,4 et 0,6. On observe aussi une profondeur faible au sud-ouest à proximité du Chott.

3.1.1.2. Lithologie de la zone non saturée :

La nature de la zone non saturée constitue un paramètre important dans l'estimation de la vulnérabilité, car elle influe sur la vitesse de propagation des polluants. Son impact est déterminé à partir de la lithologie des terrains qui la constituent. La percolation des contaminants jusqu'à la surface piézométrique est d'autant plus grande que cette lithologie est favorable (Zaïr, 2014).

Pour la nappe d'El-Meita, la zone non saturée est composée essentiellement des siltés alluvions et des sables alluvions. L'indice de la nature géologique est moyen pour ces sols ;

ces derniers permettent un passage plutôt facile pour les pollutions vers la nappe.

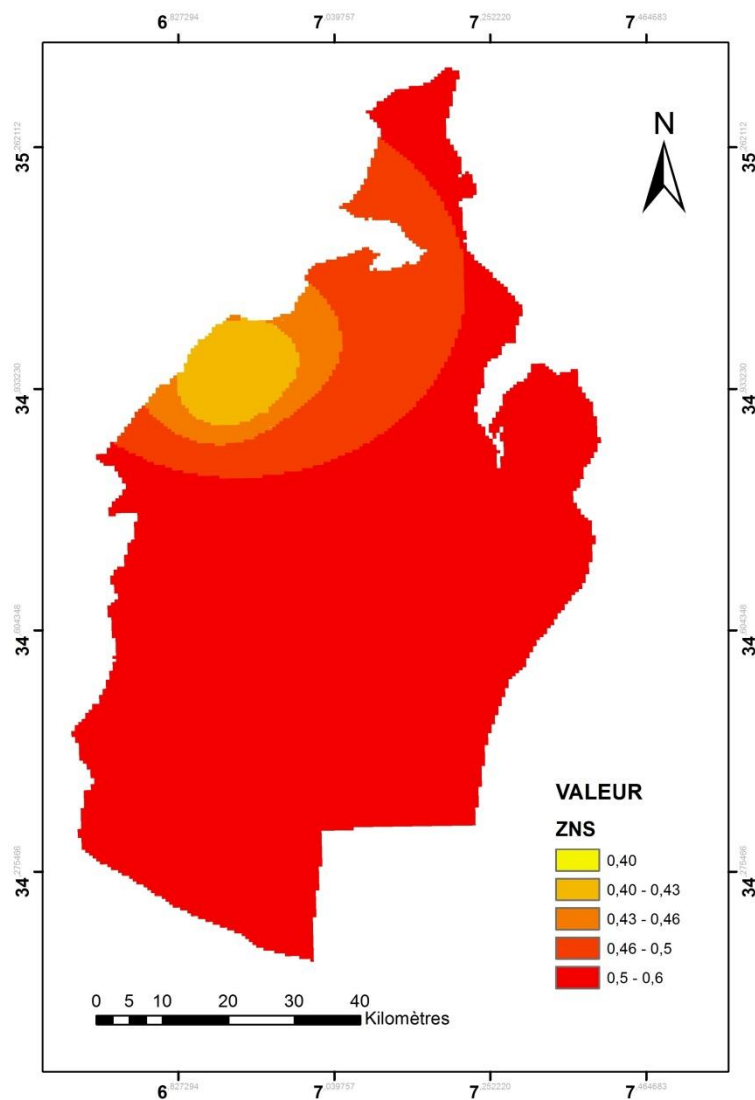


Figure 15 : Carte des indices de la lithologie de la zone non saturée.

3.1.1.3. Type de l'aquifère de la nappe :

Ce paramètre désigne le type de l'aquifère. Son identification a été basée sur les logs des forages et des puits creusés pour le captage de la nappe.

L'observation de la carte d'indice de la nappe montre que les indices les plus faibles se situent au sud dans la plaine (Fig.16), la nappe est libre (indice de nappe égale à 1). Pour la région nord la nappe est semi-libre.

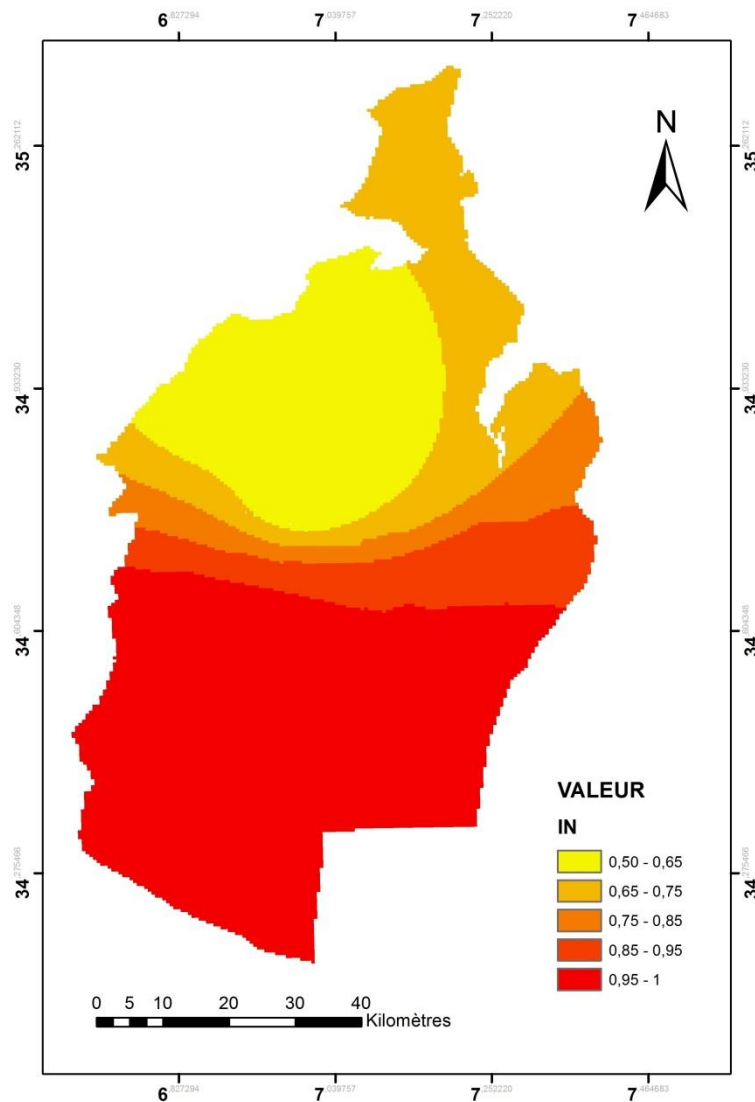


Figure 16 : Carte des indices de la nature de la nappe.

3.1.2. Calcul de l'indice GOD :

L'analyse de la carte de vulnérabilité (Fig.17), établie à l'aide du modèle GOD, a permis de distinguer deux classes de vulnérabilité différente . Cet indice de vulnérabilité est compris entre 0,08 et 0,3. Ces deux zones répartissent dans la zone comme suit :

La première zone de vulnérabilité négligeable qui représente 3,2 % de la zone, elle occupe le nord-ouest de la zone en bas des montagnes de l'Atlas saharien. Ceci correspond à la nature lithologique de la nappe semi captive.

- La deuxième partie à faible vulnérabilité s'étend du nord-est au sud de la plaine et représente 96,8 % de la région. Cela est expliqué par la nature libre de la nappe sableuse et la profondeur élevée.

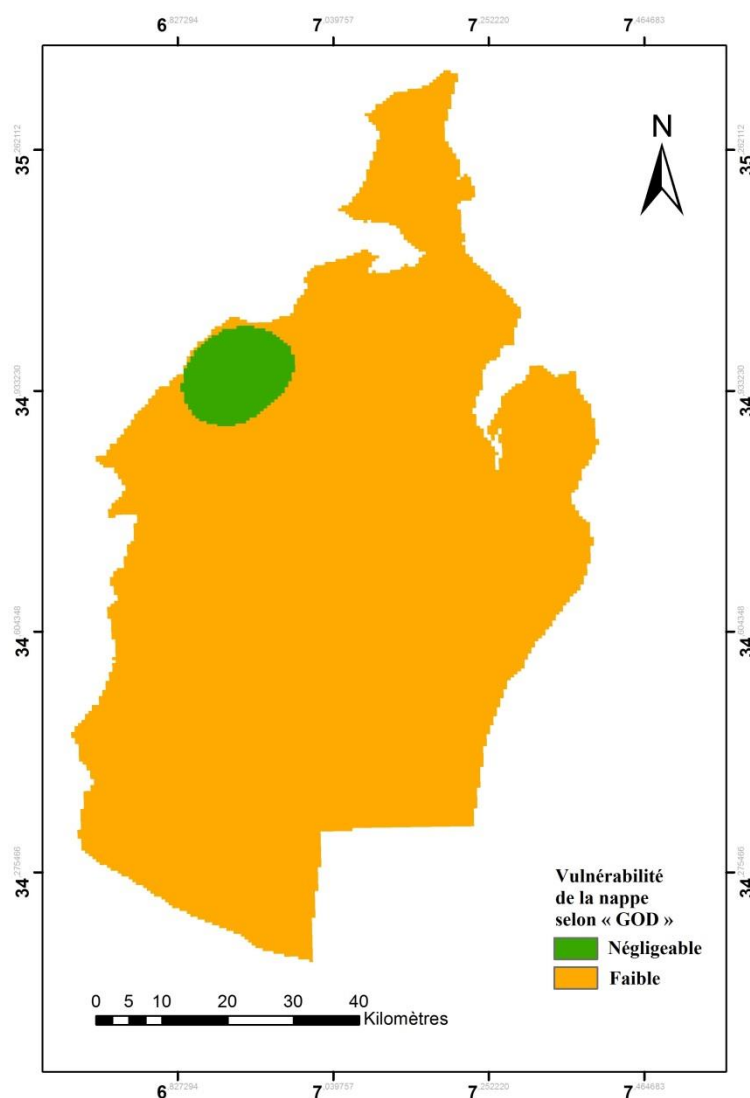


Figure 17 : Carte de la vulnérabilité de la zone par la méthode GOD

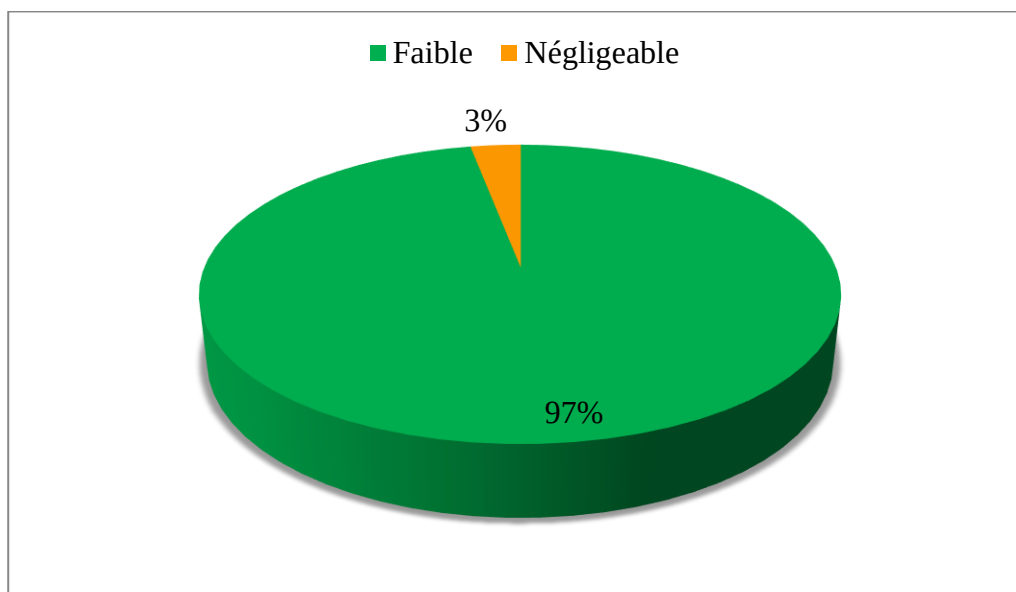


Figure 18 : Répartition des pourcentages de vulnérabilité GOD

3.2. La méthode SI (Susceptibility Index) :

3.2.1. Détermination des paramètres du modèle « SI » :

3.2.1.1. Profondeur de la nappe « D » :

La profondeur de la nappe représente la distance verticale traversée par un contaminant à la surface du sol pour atteindre la nappe. Généralement, la protection potentielle de l'aquifère augmente avec la profondeur de la nappe. Ce paramètre a été obtenu par interpolation de niveaux piézométriques de 25 puits. La profondeur dans la zone d'étude va de 30 mètres comme minimum pour atteindre une profondeur supérieure à 200 mètres.

La carte des profondeurs de la nappe montre deux classes (Fig.18) :

La classe de 23 – 30 mètres. Cette profondeur représente 4% de la superficie totale de la région. Situé principalement dans le de la zone d'étude.

La classe de > 30m : représente 96% de la superficie totale de la région.

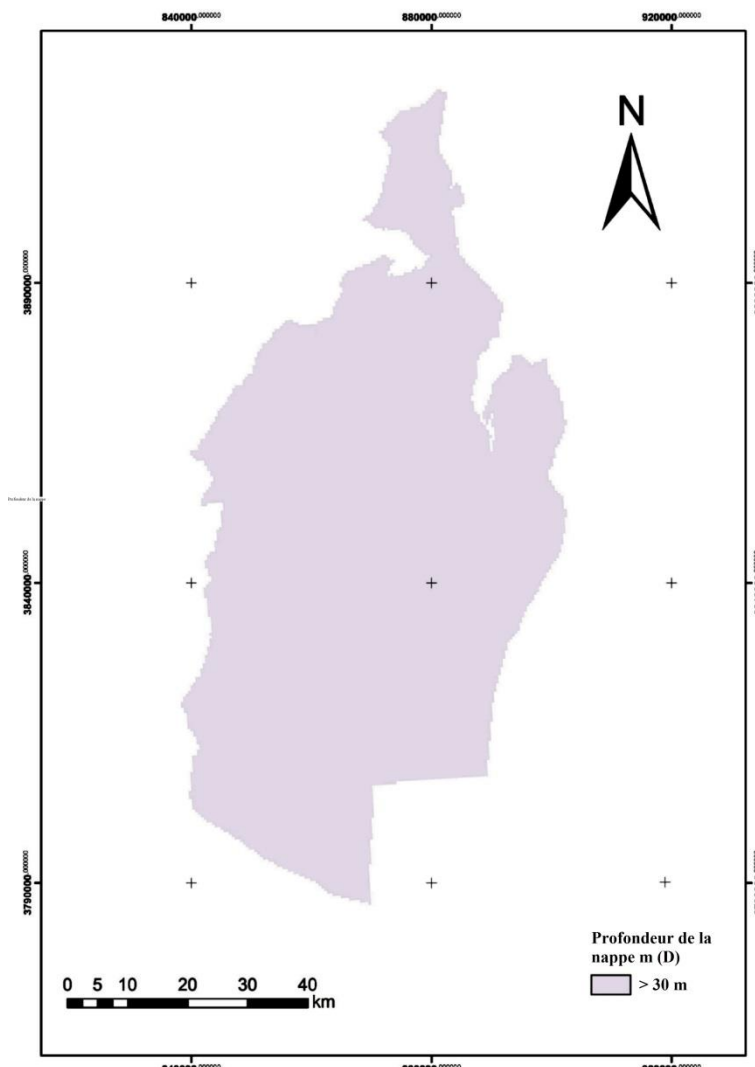


Figure19 : Profondeur de la nappe dans la zone d'étude

3.2.1.2. Recharge nette « R » :

La recharge de l'aquifère est le principal vecteur des contaminants vers les eaux souterraines. Le contaminant peut mieux se solubiliser et atteindre la nappe en plus grande quantité lorsque la recharge est grande. La recharge « R » est calculée selon cette méthode avec les équations suivantes correspondantes à différents groupes hydrologiques de sols :

$R = (P - 10.28) \cdot 2 / (P + 15.43) \rightarrow$ groupe hydrologique A. $R = (P - 15.05) \cdot 2 / (P + 22.57) \rightarrow$

groupe hydrologique B. $R = (P - 19.53) \cdot 2 / (P + 29.29) \rightarrow$ groupe hydrologique C.

$R = (P - 22.67) \cdot 2 / (P + 34.00) \rightarrow$ groupe hydrologique D. La carte hydrologique des sols a été tirée de la carte générale des sols de Tébessa 1 :500 000.

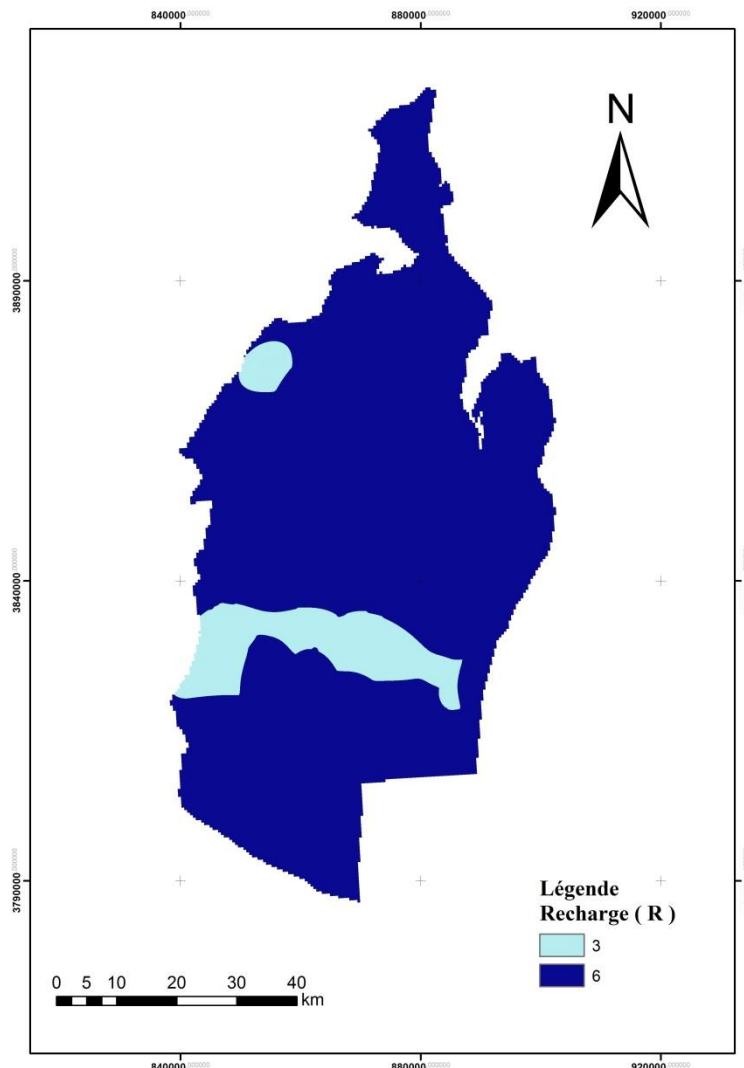


Figure 20 : Recharge nette de la zone d'étude

Deux types de sols qui couvrent la zone d'étude : sols avec une note 3, et les sols calchiques avec une note de 6.

3.2.1.3. Lithologie de l'aquifère « A » :

La circulation et la propagation d'un contaminant dans la zone saturée dépendent de la texture et la distribution lithologique des couches de l'aquifère. Cela est toujours contrôlé par la granulométrie, la porosité, la perméabilité et la lithologie des formations géologiques (**Smida H. 2007**). La détermination de Ce paramètre se fait par la corrélation des coupes litho stratigraphique. La répartition spatiale des niveaux réservoir de la nappe d'El Meita montre deux classes lithologiques :

Au nord l'aquifère est formé essentiellement par grès massif et une note de 6 est attribué.

Au sud l'aquifère est essentiellement composé par sable et gravier et une note de 8 est attribuée.

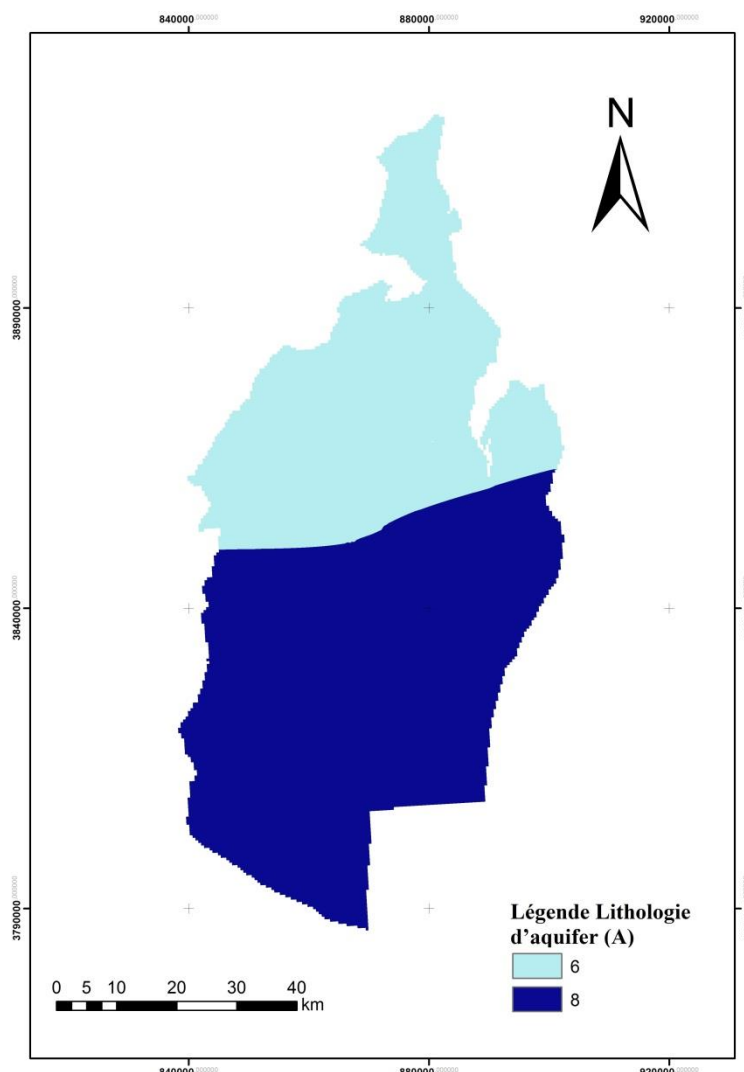


Figure 21 : Lithologie de l'aquifère de la zone d'étude.

3.2.1.4. Topographie « T » :

La topographie se réfère à la pente de la surface du sol. Les pentes qui favorisent l'infiltration

CHAPITRE III : Cartographie et vulnérabilité

sont généralement associées à une grande vulnérabilité. Plus la pente est grande, moins est le potentiel de pollution due à l'augmentation du ruissèlement et le taux d'érosion.

Pour le paramètre topographie, une carte matricielle du pourcentage de pente est réalisée à partir du modèle numérique de terrain SRTM (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) avec maillage de 30m X 30m, 4 classes ont été définies dans la zone d'étude :

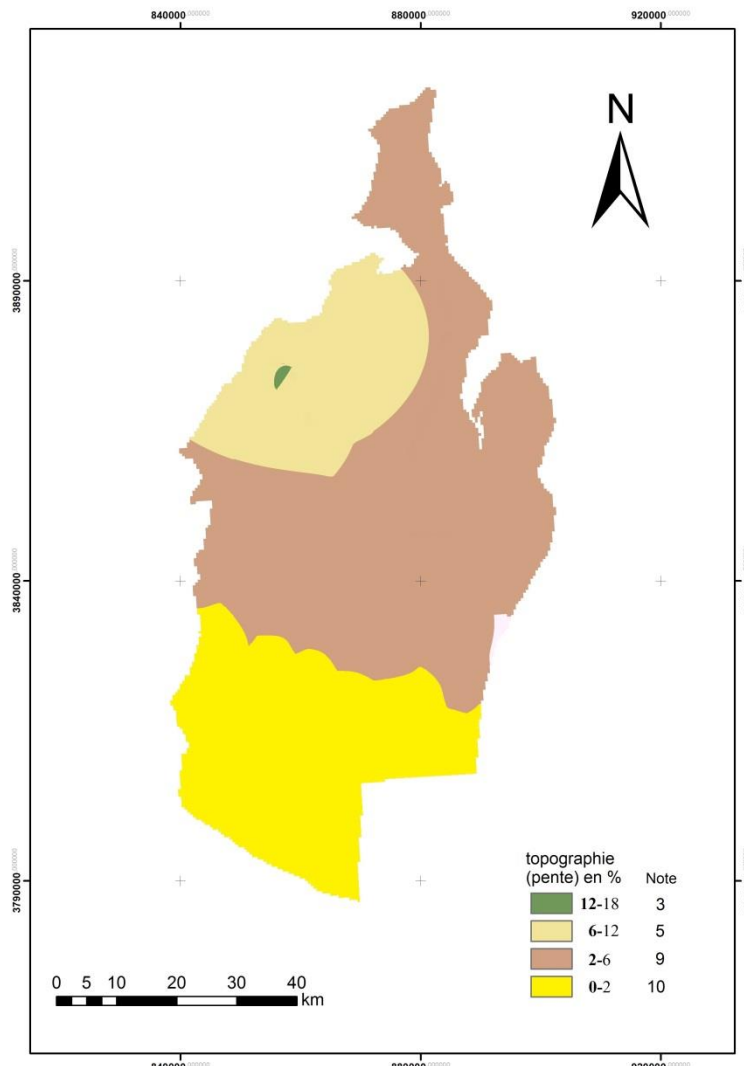


Figure 22 : Carte de pente de la zone d'étude

3.2.1.5. Occupation du sol: « OS »

La carte d'occupation du sol de la zone d'étude a été extraite à partir de la carte globale de l'occupation des sols de l'Afrique (CCI LAND COVER - S2 PROTOTYPE LAND COVER20m MAP OF AFRICA ,2016) cette carte est réalisée par les observations du satellite européen Sentinel-2A pendant une année de 2015 à 2016. Cette carte montre que la région de d'El Meita est une zone essentiellement agricole avec des périmètres irrigués et des cultures annuelles irrigués et non irrigués.

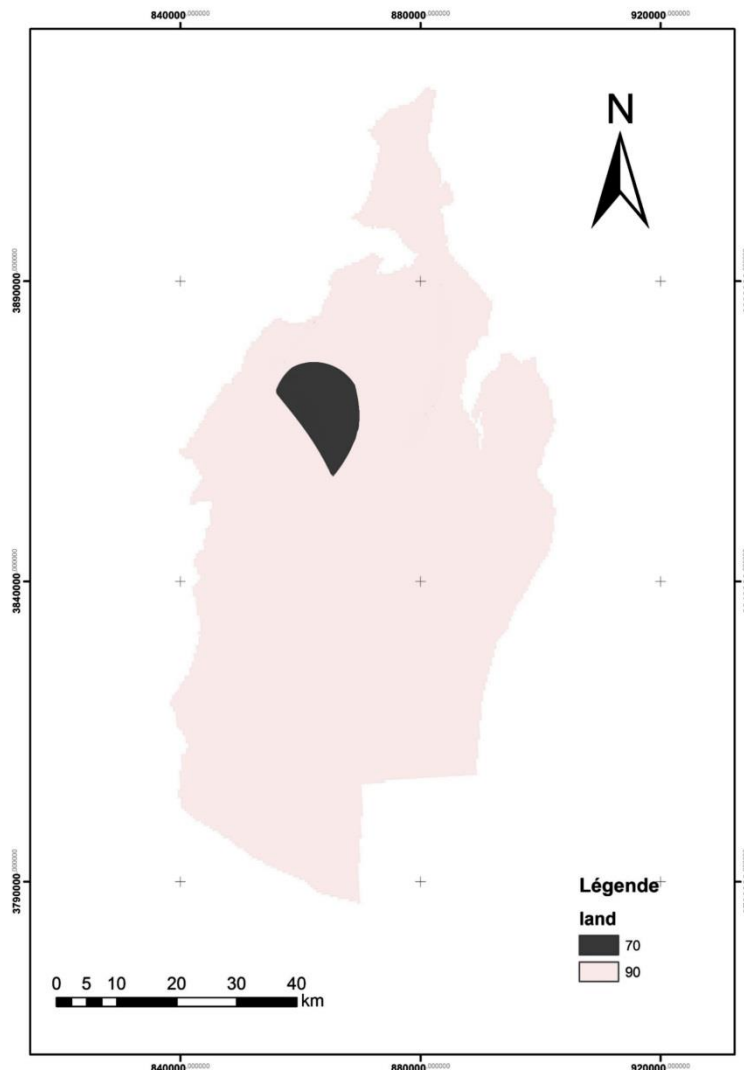


Figure 23 : Carte d'occupation du sol

3.2.2. Calcul de l'indice SI : « Susceptibility Index »

La carte de vulnérabilité finale SI (Fig. 23) est obtenue en exécutant le modèle dans l'environnement du logiciel SIG ArcView en utilisant les cinq couches du modèle SI suivant l'équation :

$$SI_{index} = rDND + rRNR + rANA + rTNT + rOSNOS$$

Les rI sont les poids des paramètres SI Les NI sont les notes des paramètres SI

La carte de vulnérabilité obtenue montre deux degrés de vulnérabilité :

- Elevé occupe 84 % de la superficie totale de la zone d'étude
- Moyen représente 16 % de la zone d'étude

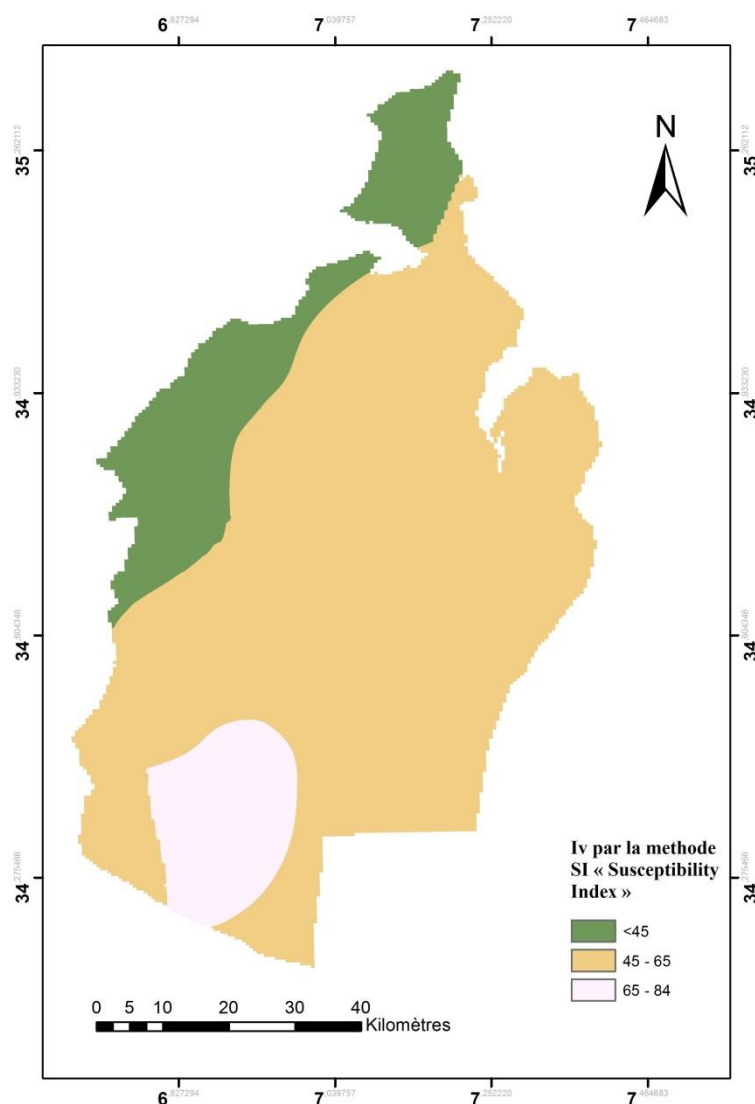


Figure 24 : Carte de vulnérabilité finale SI

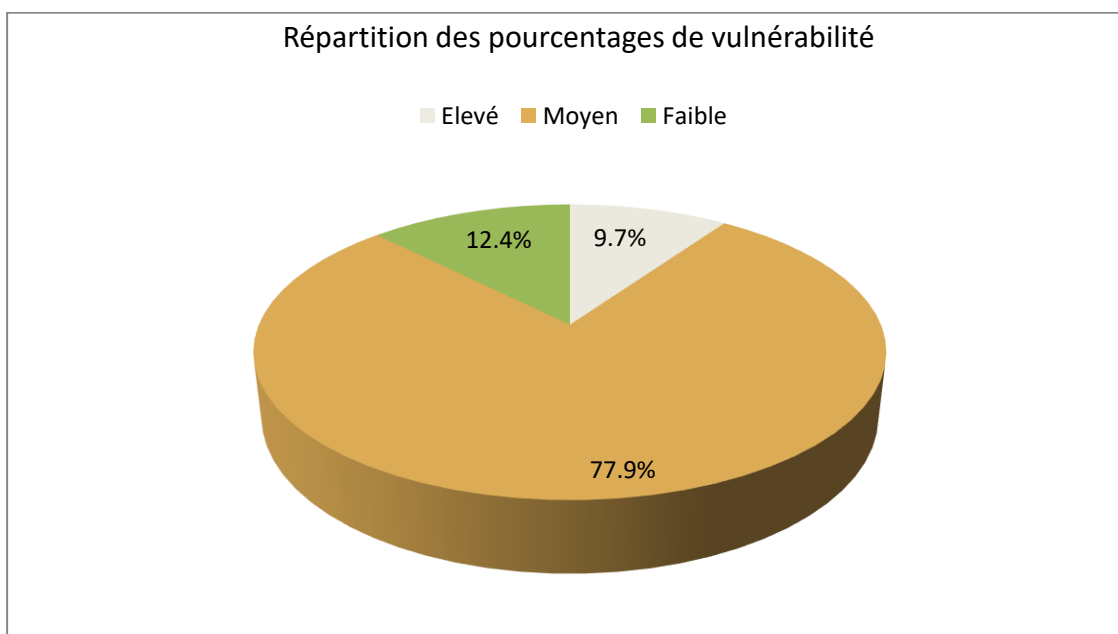


Figure 25 : Répartition des pourcentages de vulnérabilité

CHAPITRE III : Cartographie et vulnérabilité

4. Analyse comparative des résultats :

Nous avons pris en considération les données de la thèse de doctorat de Mr. Sedrati afin d'atteindre de tels résultats.

4.1. Corrélation d'après la méthode « GOD » :

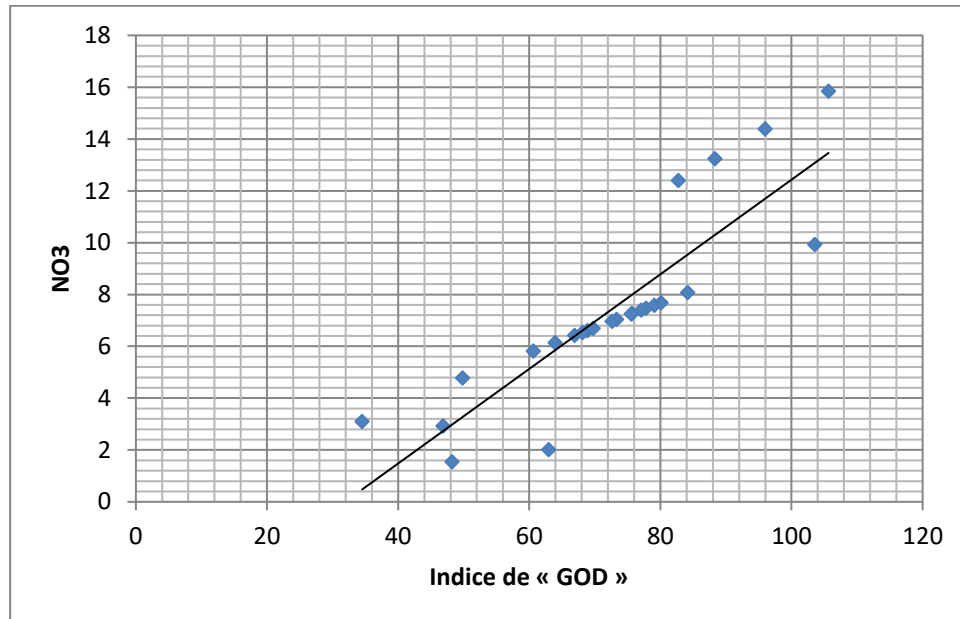


Figure 26 : Diagramme du l'indice de « GOD » selon les nitrates NO3

4.2. Corrélation d'après la méthode « SI » :

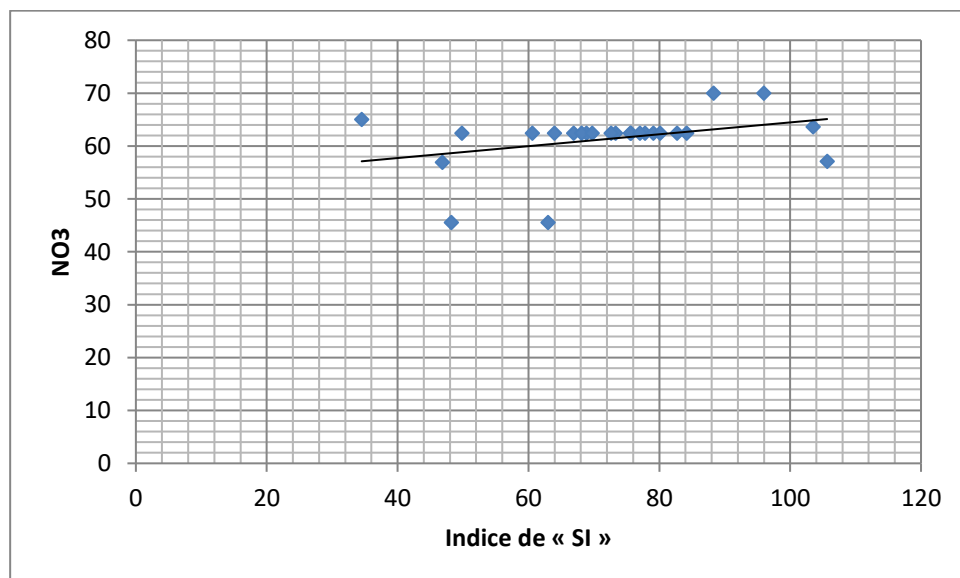


Figure 27 : Diagramme du l'indice de « SI » selon les nitrates NO3

- Les résultats deux modèles GOD et SI ont été comparés aux résultats de la concentration des eaux en nitrate (**Sedrati, 2017**) pour vérifier la méthode la plus adéquate pour notre zone d'étude.

Les résultats ont montré ce qui suit :

CHAPITRE III : Cartographie et vulnérabilité

$$- R_{GOD} = 0,69$$

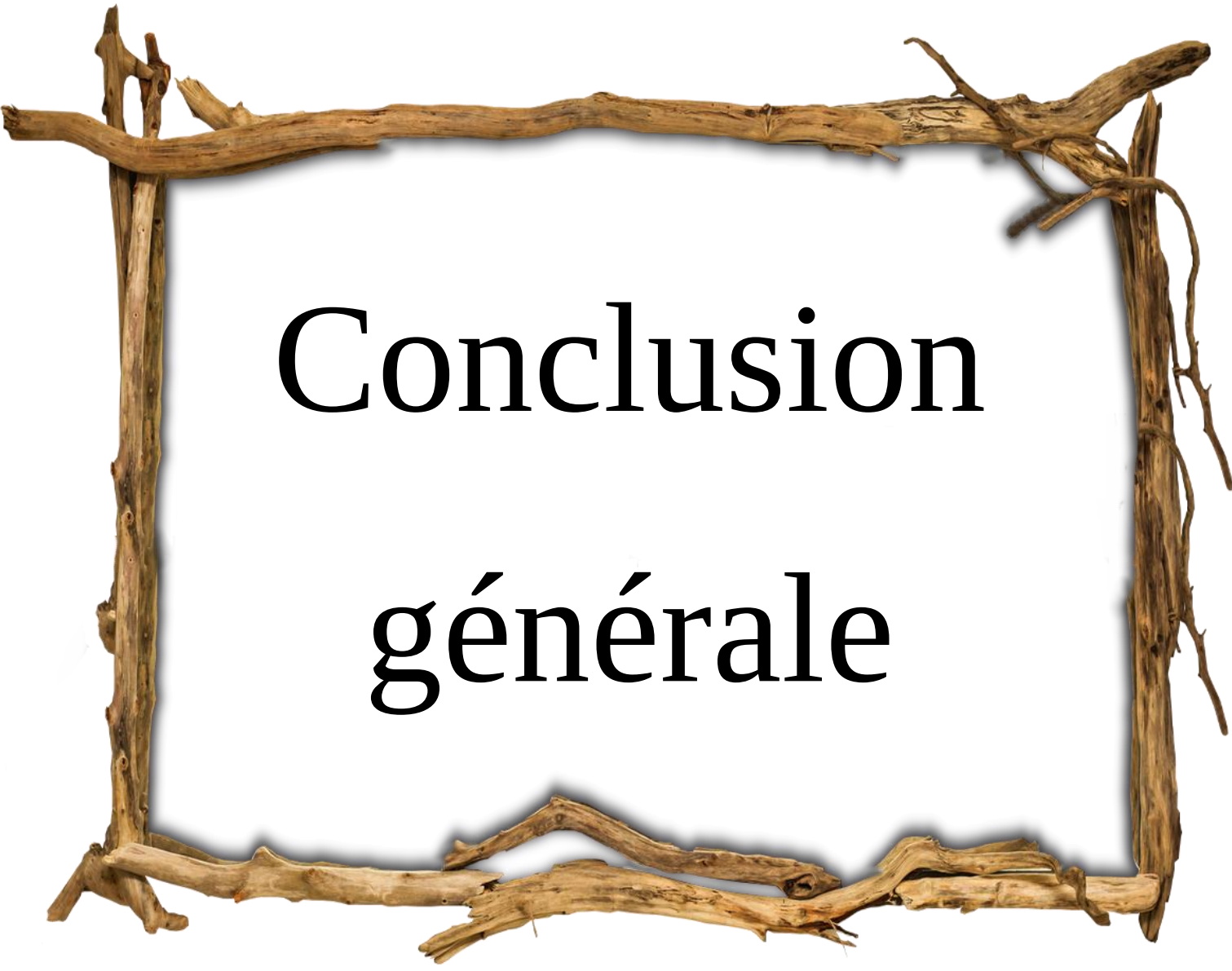
$$- R_{SI} = 0,34$$

-Le coefficient de corrélation R_{GOD} est le plus représentatif de la pollution des eaux souterraines de la nappe d'El-Meita.

Conclusion :

La cartographie des vulnérabilités permet de mieux protéger la nappe phréatique et d'améliorer sa gestion des ressources. Les cartes produites peuvent être utilisées comme outils d'aide à la décision pour l'aménagement du territoire dans la région d'El Meita.

La comparaison des cartes de vulnérabilité à la pollution obtenue selon les méthodes GOD et SI montre que les résultats sont très différents en termes de taux recouvrement, mais qu'ils ont un degré de similarité dans l'espace. Au niveau de la représentation de la vulnérabilité, la méthode GOD permet d'obtenir une information plus fine. Ceci dit que pas d'importance de paramètre d'occupation du sol dans cette région de climat aride à semi-aride. En comparant les résultats qualitatifs et quantitatifs de la vulnérabilité avec l'analyse de la qualité chimique de l'eau, il convient de vérifier ces différentes méthodes de vulnérabilité dans la région.



Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

La plaine d'El-Meita localisé dans le sud de la wilaya de Khenchela au nord-est de l'Algérie, se trouve approximativement entre les latitudes 34°30' à 35°00' N altitude et 6°78' à 7°30' E longitude, au sud de l'Atlas saharien et au nord du Chott Melghigh. La plaine d'El-Meita couvre environ 2350 km². Avec des latitudes qui varient entre 1248 et -12 m du nord-est ou sud-ouest.

La zone étudiée a un climat aride à semi-aride, les températures maximales sont enregistrés entre Mai et Octobre et les plus faible en hiver atteignent 5°C et avec une moyenne annuelle de 22°C. Les précipitations annuelles sont de l'ordre de 200 mm (climat semi-aride) au nord et 60 mm au sud (climat aride).

Les principaux oueds qui drainent la plaine sont : oued Mehane, oued Ouzzern et oued El-Meita. D'aspect temporaire, ils prennent naissance dans le nord pour se jeter dans la plaine sous forme de Nfidha. L'activité principale de la région est l'agriculture spécialement la culture des céréales (blé, orge et farine) qui utilise les eaux souterraines comme unique source d'irrigation.

Les forages utilisés pour l'irrigation ont des profondeurs qui variées entre 30 et 200 m, ils sont implanté tous dans la nappe du complexe terminal du plio-quaternaire. L'étage plioquaternaire qui est composé d'alluvions constitué de graviers, sables et argiles avec une épaisseur qui atteint 525 m constitue la première nappe du complexe terminal repose sur une couche de marne imperméable.

La cartographie de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la plaine alluviale d'El-Meita selon deux méthodes

C'est un moyen d'aide à la prévision d'éventuelle pollution des eaux souterraines. Elle a permis de dresser le portrait de la défense naturelle de l'aquifère d'El-Meita contre les pollutions à partir des méthodes GOD et SI. Elle a également permis de faire la comparaison entre ces différentes méthodes. L'objectif a donc été atteint. De cette étude il ressort que les méthodes intrinsèques, surtout la méthode GOD, fournissent de meilleurs résultats d'évaluation de la vulnérabilité par rapport à la méthode SI. Leur application sur la plaine d'El-Meita a montré que la nappe est vulnérable à pollution dans son ensemble. Cette vulnérabilité est accentuée au niveau des zones qui ont une faible vulnérabilité à la pollution et présentent un risque très faible de pollution du fait des pratiques agricoles. Ces zones de faible vulnérabilité représente 96.8 % du bassin. Quant à la carte de vulnérabilité à la pollution d'origine agricole établie par la méthode SI, elle surévalue la vulnérabilité à la pollution de la plaine d'El-Meita avec 9.7% de zones fortement vulnérables.

Conclusion générale

Les zones les plus favorables à la recharge sont aussi les plus vulnérables. Il apparaît donc nécessaire d'entreprendre des mesures de gestion des ressources en eau dans la plaine d'El-Meita.

Cette expérience a montré que les SIG sont d'un apport majeur sur plusieurs plans.

L'automatisation, l'analyse, la rapidité de manipulation et la mise en mémoire des données avec capacité de réactualisation ont donné pleine satisfaction.



Référence bibliographique

Référence bibliographique

- **Achour M. (2014) :** vulnérabilité et protection des eaux souterraines en zone aride : cas de la vallée du m'zab (ghardaia-algérie). Mémoire magister. Université d'ORAN
- **AMRANI N, ZEROUK A. (2019) :** L'étude de vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution d'origine agricole-cas de la nappe d'El Mahmel
- **Bel F, Cuche D (1969)** Mise au point des connaissances sur la nappe du Complexe Terminal ; ERESS ; Ouargla. Algérie.
- **Cazaux M. (2007) :** Les eaux souterraines en Gironde. Cartographie de la vulnérabilité aux pollutions des nappes éocènes dans le secteur du Blayais. Rapport de stage Master II. Départ.Des sciences de la terre et de l'Environnement de Montpellier. 54 p.
- **Cornet, A. (1964) :** Introduction à l'hydrogéologie saharienne; Revue de géogr. phys. et de géol. dyn. (2), vol. VI, fasc. 1; 5-72.
- **Dörfliger N et al .(2004) :** Dörfliger N Jauffret D., Loubier S. (2004) : Cartographie de la vulnérabilité des aquifères karstiques en Franche Comté, avec la collaboration de V. Petit, rapport BRGM RP-53576-FR, 121 pages, 24 illustrations, 4 annexes.
- **ESRI, (2004) :** Utilisation d'ArcMap, ArcGIS 9, ESRI 380 New York Street Red Lands, CA92373-8100 USA. www.esri.com ; Imprimé en France ESRI France 21, rue des Capucins 92190Meudon www.esrifrance.fr, pp. 646
- **Fabre, J. (1976) :** Introduction à la géologie du Sahara algérien. SNED, ALGER ; Algérie. P. 422.
- **Foster, S.S.D. (1987) :** Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. Vulnerability of soil and Groundwater to pollutants. RIVM.TNO Comittee on Hydrological Research, p. 69-86.
- **IAAT. (2003) :** Cahier méthodologique sur la mise en œuvre d'un SIG. Territoires numérique. 10p.
- **IFES, Icosium Forage & Engineering Services (2011) :** Etude géophysique par prospection électrique dans la zone sud de la wilaya de Khenchela commune de Babar.
- **Kalle K. et al (1963) :** Über das Verhalten und die Herkunft der in den

Référence bibliographique

Gewässern und in der Atmosphäre vorhandenen himmelblauen Fluoreszenz. Deutsche Hydrografische Zeitschrift.1963;16:153–166.

- **KHEMIRI S., KHNISSI A., ALAYA1 M. B., SAIDI S. et ZARGOUNI F.(2013)** Using GIS for the Comparison of Intrinsic Parametric Methods Assessment of Groundwater Vulnerability to Pollution in Scenarios of Semi-Arid Climate. The Case of Foussana Groundwater in the Central of Tunisia; Journal of Water Resource and Protection, 2013, 5, 835-845
- **Luvagho KAMBALE. (2013)** : Institut superieur de developpement rural de goma - LICENCIE EN ENVIRONNEMENT EN DEVELOPPEMENT DURABLE 2013.
- **Margat J. (1968)** : Vulnerabilite des nappes d'eau souterraine a la pollution [Ground water vulnerability to contamination]. Bases de al cartographie, (Doc.) 68 SGC 198 HYD, BRGM, Orleans, France.
- **Martel, R. (2003)** : Vulnérabilité à la nappe des aquifères fracturés du sud-ouest du Québec : évaluation par les méthodes DRASTIC et GOD ; commission géol du Canada, Recherches en cours 2003-D3, 14 p.
- **Mazoyer M. (2002)** : Larousse agricole. Montréal (Québec). Larousse. 767 p.
- **MURAT V. (2000)** : Etude comparative des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité intrinsèque des aquifères à la pollution : Application aux aquifères granulaires du piémont laurentien. Mémoire de maitrise, Université du Québec, INRS-Géoressources, Québec, 291p.
- **Parlanti E. et al (2000)** : Dissolved organic matter fluorescence spectroscopy as a tool to estimate biological activity in a coastal zone submitted to anthropogenic inputs. Organic geochemistry. 2000;31:1765–1781.
- **Parris K. (2011)** : Impact of Agriculture on Water Pollution in OECD Countries: Recent Trends and Future Prospects. International Journal of Water Resources Development 27(1): 33-52. DOI: 10.1080/07900627.2010.531898.
- **Petelet-Giraud, Emmanuelle Dörfliger, Nathalie Crochet, P. (2000)** : RISKE: Méthode d'évaluation multicritère de la vulnérabilité des aquifères karstiques. Application aux systèmes des Fontanilles (Hérault, Sud de la France)
- **Petkova M. (2012)** : Main sources of water pollution. Measures to protect water purity. New knowledge journal 1(3): 109-112.

Référence bibliographique

- **Ramade F. (1982)** : Eléments d'écologie : écologie appliquée, action de l'homme sur la biosphère. **Paris: Mc Graw – Hill. 452 p.**
- **Ribeiro L. (2000)**: Desenvolvimento de um índice para avaliar a susceptibilidade dos aquíferos à contaminação, Nota interna, (não publicada), ERSHA-CVRM.
- **Schmitzberger K. (2008)** : La prévention des pollution ,la pollution de l'eau,édition agence de l'eau,rhin-Meuse,p127-130.
- **Schnebelen, Net. et al (2002)** : Schnebelen, N, Patel JP Lenindre Y , Baudry D , Hoarau A , Dufour P ,Benhammouda, S. (2002). Gestion des eaux souterraines en Aquitaine année 5. Protection de la nappe BRGM/RP-51178-FR.
- **(Sedрати ,2017)** : Contribution à l'étude hydrogéochimique et isotopique des eaux de la nappe du complexe terminal - zone sud Khenchela - Algérie
- **SMIDA H. & al. (2010)** :Cartographie des zones vulnérables à la pollution agricole par la méthodeDRASTIC couplée à un Système d'information géographique (SIG) :cas de la nappe phréatique de Chaffar(sud de Sfax, Tunisie),Sécheresse 21 (2) : 131-46.
- **Stewart P. (1969)** Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique ; quelques réflexions. Bull. soc. Hist. Afr. Du Nord, Pp24-25.
- **THÉRIAULT M., et al., (1995)** : Combing hedonic modeling, GIS and spatial statistics to analyze residential markets in the Quebec urban community, joint European conference on geographical information AM/FM/GIS , EGIS, urban data management society the hague, March 26/31 1995 proceeding Vol2. France.
- **Viala A. & Botta A (2005)** : Toxicologie. 2ème édition TEC & DOC. p248, 1096p.
- **Viala A. (1998)** : Eléments de toxicologie. Ed. Médicales Internationales. Lavoisier- Paris. 521p.
- **Wiebe K. and Gollehon N. (2007)** : Agricultural Resources and Environmental Indicators. Nova Science Publishers, UK.
- **Zwahlen F. (2004)** : Vulnerability and risk mapping for the protection of carbonate (karst) aquifers, final report COST Action 620, European Commission, Directorate- General for Research, EUR 20912. Luxemburg.
- **Zaïr, N, (2014)** : Problème de vulnérabilité des eaux souterraines de la région d'El-Oued (Sud-Est Algérien), Mémoire de Master, Université d'El-Oued.

Résumé :

L'aquifère de la plaine d'El Meita appartient administrativement à la commune de Babar en même temps chef-lieu de daïra d'une très grande superficie de l'ordre de 355000 Ha, est d'une grande importance économique, car elle est utilisée pour irrigation et consommation domestique. La zone de l'aquifère est essentiellement occupée par des aires agricoles caractérisées par une utilisation croissante d'engrais chimiques, menacent la qualité des eaux souterraines. L'étude de la vulnérabilité à la pollution de cette nappe a été effectuée en appliquant les méthodes GOD et SI dans un environnement SIG. La comparaison des cartes de vulnérabilité obtenue montre que Les taux de récupération sont très différents, mais ils ont un certain degré de similitude dans l'espace. Au niveau de la caractérisation de la vulnérabilité, la méthode GOD permet d'obtenir des informations plus détaillées.

Mot clés : Aquifère, carte de vulnérabilité, Pollution agricole, GOD, SI, SIG, El Meita

Abstract:

The aquifer of the plain of El Meita administratively belongs to the commune of Babar at the same time capital of daïra with a very large area of around 355,000 Ha, is of great economic importance, because it is used for irrigation and domestic consumption. The aquifer zone is mainly occupied by agricultural areas characterized by an increasing use of chemical fertilizers, threatening the quality of groundwater. The study of the vulnerability to pollution of this water table was carried out by applying the GOD and SI methods in a GIS environment. The comparison of the vulnerability maps obtained shows that the recovery rates are very different, but they have a certain degree of similarity in space. In terms of vulnerability characterization, the GOD method provides more detailed information.

The key word: Aquifer, vulnerability map, Agricultural pollution, GOD, SI, SIG, El Meita

ملخص :

تنتمي طبقة المياه الجوفية في سهل المينا إدارياً إلى بلدية بابار في نفس الوقت عاصمة الدائرة بمساحة كبيرة جداً تبلغ حوالي 355000 هكتار ، وهي ذات أهمية اقتصادية كبيرة ، لأنها تستخدم للري والاستهلاك المنزلي. تحتل منطقة الخزان الجوفي بشكل أساسي مناطق زراعية تتميز باستخدام متزايد للأسمدة الكيماوية ، مما يهدد جودة المياه الجوفية. تم إجراء دراسة قابلية التعرض للتلوث في هذا منسوب المياه من خلال تطبيق طرق GOD و SI في بيئة نظم المعلومات الجغرافية. تُظهر مقارنة خرائط الثغرات الأمنية التي تم الحصول عليها أن معدلات الاسترداد مختلفة جداً ، لكن لديها درجة معينة من التشابه في الفضاء. من حيث توصيف نقاط الضعف ، توفر طريقة GOD معلومات أكثر تفصيلاً.

الكلمة المفتاحية : طبقة المياه الجوفية ، خريطة الضعف ، التلوث الزراعي ، GOD ، SI ، SIG ، El Meita