

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
**UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCCEN**



**Faculté de Technologie**

**Département d'Hydraulique**

**Mémoire**

Pour l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique  
Option : eau sol et Aménagement

**Thème**

**VULNERABILITE ET RISQUE DE  
POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES DE LA  
PLAINE DE MAGHNIA**

Présenté par:  
**Draou Sarah**

**Soutenu le:**

Jeudi 05/09/2013

Devant le jury composé de :

<b>Benmansour A.</b>	<i>Président</i>	<i>Université de Tlemcen</i>
<b>Adjim F.</b>	<i>Encadreur</i>	<i>Université de Tlemcen</i>
<b>Adjim M.</b>	<i>Co-encadreur</i>	<i>Université de Tlemcen</i>
<b>Bessedik M.</b>	<i>Examineur</i>	<i>Université de Tlemcen</i>
<b>Fandi W.</b>	<i>Examineur</i>	<i>Université de Tlemcen</i>

## ***Dédicace***

### ***A Mes Très Chers Parents***

*Tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour que je vous porte, ni la profonde gratitude que je vous témoigne pour tous les efforts et les sacrifices que vous n'avez jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien-être.*

*J'espère avoir répondu aux espoirs que vous avez fondés en moi.*

*Je vous rends hommage par ce modeste travail en guise de ma reconnaissance éternelle et de mon infini amour.*

*Que Dieu tout puissant vous garde et vous procure santé, bonheur et longue vie pour que vous demeuriez le flambeau illuminant le chemin de vos enfants.*

### ***A ma sœur adorable : MERIEM***

#### ***A mes Très Chers Frères : SID AHMED et ADAM***

*Pour la joie que vous me procurez et merci infiniment pour votre aide à la réalisation de ce travail.*

#### ***A ma chère SIHEM***

*Ton aide, ta générosité, ton soutien ont été pour moi une source de courage et de confiance.*

#### ***A RADOUANE .....RCS***

#### ***A mes grands parents***

#### ***A mes amis***

*Halima Saadia, Lamia, Samia, Fatima Zohra et toute la promotion E.S.A  
Merci pour les bons moments qu'on a passé ensemble, de votre soutien et de votre serviabilité*

***SARAH***

## **Remerciements**

*Je tiens avant tout à remercier Dieu pour m'avoir inspiré la volonté et le courage d'acheminer ce travail jusqu'à la fin.*

*Mes remerciements vont d'abord à mes encadreurs Mme Adjim F. et Mr Adjim M. qui, avec leurs expériences, m'ont guidé le long de la réalisation de ce travail. Leurs conseils et recommandations ont été précieux pour l'aboutissement ce travail.*

*Je tiens aussi à remercier Melle Fandi W. et Mr Bessedik M. pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce mémoire en acceptant de l'examiner. Mes vifs remerciements vont à Mr. Benmansour A. pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de soutenance.*

*Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à L'épanouissement de ce travail.*

## **RESUME:**

La plaine de Maghnia représente 80% de l'espace communal. Elle fait partie de la grande plaine d'Angads s'étendant jusqu'à Fès au Maroc, donc c'est une plaine alluviale à cheval sur l'Algérie et le Maroc d'un système d'aquifère multi-couches à nappe libre et vu sa vulnérabilité elle nécessite protection contre la pollution de ses eaux souterraines.

La plaine de Maghnia est principalement à vocation agricole mais comporte aussi des activités industrielles et des infrastructures de développement. Ceci a nécessité la réalisation d'une carte de risque de pollution des eaux souterraines par la combinaison de la carte de vulnérabilité faite par la méthode DRASTIC et la carte des différents foyers de pollution. Le résultat de cette combinaison est une carte de risque de pollution de trois degrés faible modéré et élevé.

Afin de réaliser ce travail, nous avons suivi la méthodologie proposée dans le COST 620. Tout d'abord une carte d'alea a été réalisée sur la base d'un inventaire détaillé des différents foyers potentiels de pollution Deux cartes de risques de pollution ont pu être élaborées grâce à l'utilisation de deux versions de cartes de vulnérabilité tracées par la méthode DRASTIC. Trois degrés de risques ont été obtenus : faible modéré et élevé.

La cartographie de la vulnérabilité et du risque de pollution des eaux souterraines de la plaine de Maghnia s'avère donc un document indispensable pour la protection de ces eaux et pour une meilleure orientation de l'aménagement du territoire de la plaine de Maghnia.

### **Mot clés :**

Eau souterraine, Pollution, Cartographie, SIG, Vulnérabilité, Alea, Risque, DRASTIC, Plaine de Maghnia.

## ملخص:

يمثل سهل مغنية 80% من مساحة بلديتها وهو جزء كبير من سهل أنقاد الذي يمتد الى فاس بالمغرب لذلك هذا هو السهل الرسوبي الممتد بين الجزائر و المغرب و الذي يتضمن مختلف الطبقات الجوفية المحتوية للمياه الجوفية و نظرا لقابلية تلوثها لأنها حساسة إلا أنها تحتاج الى حماية ضد تلوث مياهها.

يتم استخدام سهل مغنية أساسا للزراعة و لكنه يشمل أيضا أنشطة للتنمية الصناعية و المنشآت التنموية. استلزم ذلك انشاء خريطة لخطورة تلوث المياه الجوفية بإدماج خريطة الحساسية المرسومة بطريقة DRASTIC مع خريطة المخاطر لمختلف بؤر التلوث ونتيجة هذا التطابق هو خريطة الخطورة للتلوث على ثلاث مستويات : منخفضة متوسطة و عالية.

في اطار هذه المذكرة ، لقد اتبعنا المنهجية المقترحة في اطار COS 620 . أولا تم رسم خريطة المخاطر على أساس جرد البيانات لمختلف بؤر التلوث المتواجدة في سهل مغنية. كما يمكن انشاء خريطتين للخطورة ضد التلوث و ذلك باستخدام نسختين من خريطة الحساسية المرسومة بطريقة DRASTIC. اذن نتج عنها ثلاث مستويات : ضعيفة، متوسطة و عالية.

الخرائطية لحساسية و خطورة التلوث للمياه الجوفية تعد وثيقة أساسية لحماية هذه المياه وتحسين توجيه فرق التخطيط العمراني لسهل مغنية.

## الكلمات المفتاحية :

الحساسية ، المخاطرة ، الخطورة، COST 620 ، (SIG) المياه الجوفية، التلوث ، خرائطية ، نظام المعلومات الجغرافية ، سهل مغنية.

## **Abstract:**

Plain Maghnia represents 80% of the municipal area. It is part of the great plain of Angads extending up to Fez in Morocco, so this is an alluvial plain straddling Algeria and Morocco with a multi-layered aquifer system in unconfined and saw its vulnerability it requires protection against pollution of its groundwater. As part of this work we took the plain Maghnia as a work site, or there are agricultural activities concentrated industrial and infrastructure development.

This gave the need for a map of the pollution risk with the combination of vulnerability map made by the DRASTIC method and map different foci of pollution. The result of this combination was to obtain three different degree of risk in plain Maghnia.

We followed the classification proposed in the COST 620 for the completion of the mapping of the pollution risk methodology, the first risk map was not really fair because we worked on the basis of a vulnerability map that does not match with standards of the DRASTIC method, so we redid it by following the DRASTIC index standards, and we had two areas of vulnerability (moderate, high). The overlay map and the new hazard vulnerability map gave too different results comparing with the first but most logic.

So the mapping of vulnerability and the risk of pollution of groundwater is an indispensable for the protection of these waters and a better orientation of the land of the plain Maghnia document.

### **Key words:**

Groundwater, pollution, Mapping, GIS, vulnerability, Hazard, Risk, COST 620, the plain Maghnia.

# Table des matières

---

## **Table des matières:**

**Dédicace**

**Remercîment**

**Table des matières**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

Introduction générale:..... 1

## **CHAPITRE I:**

### **Vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines**

1	Vulnérabilité des eaux souterraines:.....	4
1.1	Définition de vulnérabilité:.....	4
1.2	Les types de vulnérabilité:.....	5
1.2.1	<b>La vulnérabilité intrinsèque:</b> .....	5
1.2.2	<b>La vulnérabilité spécifique:</b> .....	5
1.3	Les critères de vulnérabilité: .....	6
2	Cartographie de la vulnérabilité:.....	7
2.1	Méthodes de cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines: .....	7
a)	<b>Les méthodes de cartographies à index</b> .....	8
b)	<b>Les modèles de simulation</b> .....	8
c)	<b>Les méthodes statistiques</b> .....	8
2.2	Les différentes méthodes existantes de cartographie de la vulnérabilité à la pollution: .....	8
2.2.1	<b>La méthode DRASTIC:</b> .....	8
2.2.2	<b>La méthode EPIK</b> .....	9
2.2.3	<b>La méthode RISKE</b> .....	10
2.2.4	<b>La méthode DISCO</b> .....	11

# Table des matières

---

2.2.5	La méthode GOD.....	11
2.2.6	La méthode SINTACS.....	11
2.2.7	L'approche européenne (O.C.P.K.).....	12
3	La cartographie de risque de pollution des eaux souterraines:.....	13
3.1	Le risque:.....	13
3.2	Risque, aléa et vulnérabilité:.....	14
3.3	Evaluation de risque:.....	14
3.4	La cartographie de risque:.....	15
4	Conclusion:.....	16

## CHAPITRE II:

### Présentation de la plaine de Maghnia

1	Présentation générale de la plaine de Maghnia:.....	18
1.1	Situation géographique:.....	18
1.2	Situation géologique :.....	20
1.2.1	Série lithostratigraphique :.....	20
1.2.2	Cadre structural:.....	22
1.3	Evolution de la population dans la plaine de Maghnia:.....	22
1.3.1	L'agglomération chef lieu de Maghnia:.....	23
1.3.2	L'agglomération secondaire de Betaim:.....	23
1.3.3	L'agglomération secondaire de Bekhata:.....	24
1.3.4	L'agglomération secondaire Ras Asfour :.....	24
1.3.5	L'agglomération secondaire Akid Abess :.....	24
1.3.6	L'agglomération secondaire Akid Lotfi :.....	24
1.3.7	La zone éparsé :.....	25
1.4	Le climat:.....	25

# Table des matières

---

1.4.1	<b>La température:</b> .....	25
1.4.2	<b>La pluviométrie:</b> .....	26
1.5	Hydrographie:.....	27
2	La description de la production en eau : .....	28
2.1	Les ressources en eau de Maghnia :.....	28
2.1.1	<b>Les ressources superficielles:</b> .....	28
2.1.2	<b>Ressource souterraines:</b> .....	30
2.2	L'alimentation en eau potable dans la plaine de Maghnia : .....	31
3	L'irrigation dans la plaine de Maghnia : .....	34
3.1	Le périmètre d'irrigation: .....	34
3.1.1	<b>La ressource en eau du périmètre d'irrigation:</b> .....	34
3.1.2	<b>Observations:</b> .....	35
3.1.3	<b>Les problèmes du périmètre:</b> .....	35
3.1.4	<b>Le Projet d'Extension:</b> .....	36
3.2	Irrigation à partir des forages et puits:.....	37
3.3	Irrigation par les eaux usées:.....	37
3.3.1	<b>Impact sur les eaux souterraines:</b> .....	39
4	L'état d'assainissement dans la plaine de Maghnia: .....	40
4.1	Caractéristiques des réseaux d'assainissement: .....	40
4.1.1	<b>Agglomération de Maghnia:</b> .....	40
4.1.2	<b>Agglomération Betaim:</b> .....	40
4.1.3	<b>Agglomération Mesamda:</b> .....	41
4.1.4	<b>Agglomération Akid Lotfi:</b> .....	41
4.1.5	<b>Agglomération Akid Abess:</b> .....	41
4.1.6	<b>Agglomération Lagfaf:</b> .....	41
4.1.7	<b>Agglomération Ouled charef:</b> .....	42
4.2	Impact sur les eaux souterraines :.....	43

# Table des matières

---

4.3	Station d'épuration:.....	43
5	L'occupation du sol dans la plaine de Maghnia:.....	44
5.1	Infrastructure de développement :.....	44
5.1.1	<b>Les déchets ménagers :</b> .....	44
5.1.2	<b>La décharge sauvage de Maghnia:</b> .....	44
5.1.3	<b>Les déchets encombrants (poubelle):</b> .....	45
5.1.4	<b>Les stations service:</b> .....	47
5.1.5	<b>Le transport:</b> .....	49
5.2	L'activité industrielle: .....	52
5.2.1	<b>Les carrières:</b> .....	52
5.2.2	<b>Les rejets des unités industrielles:</b> .....	53
5.2.3	<b>Les déchets de la STEP :</b> .....	57
5.2.4	<b>Les abattoirs:</b> .....	58
5.3	Les activités agricoles: .....	59
5.3.1	<b>Les cultures:</b> .....	59
5.4	L'élevage:.....	63
6	Conclusion: .....	64

## CHAPITRE III:

### Application sur la plaine de Maghnia

1	Cartographie de vulnérabilité à la pollution de la plaine de Maghnia:.....	66
2	La cartographie des aléas: .....	68
2.1	Définition de l'inventaire des aléas: .....	69
2.2	Confection d'une base de données sur les différents aléas:.....	73
2.3	Pondération des aléas: .....	77
2.4	Interprétation graphique:.....	78
2.5	Technique de cartographie: .....	81

## Table des matières

---

3	La cartographie de risque: .....	83
4	Discutions sur les résultats: .....	86
5	Conclusion: .....	92

## *Liste des figures*

---

### **Liste des figures**

<b>Figure 1.1:</b> la vulnérabilité des eaux souterraine a la pollution.....	5
<b>Figure 2. 1:</b> Répartition des plaines de la wilaya de Tlemcen..	19
<b>Figure 2. 2:</b> Carte géologique de la plaine de Maghnia .	20
<b>Figure 2.3:</b> Série litho stratigraphique.....	21
<b>Figure2.4:</b> Evolution de la population de 1977 à 1998 .....	23
<b>Figure 2.5:</b> Variations annuelle de la pluviométrie de l'année (2004-2010) enregistrées à la station météorologique de la frontière .....	26
<b>Figure 2.6:</b> Le réseau hydrographique de plaine de Maghnia.....	27
<b>Figure2.7:</b> barrage Beni Bahdel .....	29
<b>Figure 2.8:</b> Barrage Hamam Boughrara .....	29
<b>Figure 2.9:</b> Les débits distribués par la station de Souk Tlata et le barrage de Hamam Boughrara en (m <sup>3</sup> /jour) en 2011 .....	32
<b>Figure 2.10:</b> Les débits distribués par la station de Souk tlata et le barrage de Hamam Boughrara en (m <sup>3</sup> /jour) en 2012 .....	32
<b>Figure 2.11:</b> Les volumes distribués pour le périmètre d'irrigation (1970-2005).....	36
<b>Figure 2.12:</b> Pompage des eaux usées à partir d'Oued Ourdefou pour l'irrigation .....	39
<b>Figure 2.13:</b> L'utilisation des eaux usées en irrigation .....	40
<b>Figure 2.14:</b> L'état catastrophique de réseau d'assainissement dans la plaine de Maghnia .....	42
<b>Figure 2.15:</b> L'encombrement des poubelles dans la plaine de Maghnia.....	46
<b>Figure 2.16:</b> La saturation des sols par les hydrocarbures.....	47
<b>Figure 2.17:</b> Les quantités d'huile usagée générées a travers la plaine de Maghnia par an.....	49
<b>Figure 2.18:</b> La contrebande de Mazout à la frontière Algéro-Marocaine.....	50
<b>Figure 2.19:</b> Le déversement des hydrocarbures de contrebande.....	51

## *Liste des figures*

---

<b>Figure 2.20:</b> Oued Mouileh près de la frontière Algéro-Marocaine.....	56
<b>Figure 2.21:</b> L'abattage en abattoir de Maghnia durant l'année 2012.....	59
<b>Figure 2.22:</b> Les surfaces utilisées pour les cultures.....	60
<b>Figure 2.23:</b> Le bilan de production des cultures.....	61
<b>Figure 2.24:</b> Irrigation par les eaux de Oued Mouileh. ....	62
<b>Figure 2.25 :</b> Les espèces ovine, bovine, caprine et poulet de chair et pondeuse dans la plaine de Maghnia.. ....	64
<b>Figure 3.1:</b> La carte de vulnérabilité de la plaine de Maghnia.....	68
<b>Figure 3.2:</b> Plan de travail pour la réalisation de la cartographie de l'aléa, inspiré de Zwahlen F., 2004 .....	68
<b>Figure 3.3:</b> Les principales classes d'aléa .....	69
<b>Figure 3.4:</b> La page de collection des données pour l'inventaire des aléas.....	74
<b>Figure 3.5:</b> Exemple d'une page de logiciel.....	75
<b>Figure 3.6:</b> La carte d'aléa non classé de la plaine de Maghnia.....	80
<b>Figure 3.7:</b> La carte d'aléa classée de la plaine de Maghnia.....	81
<b>Figure 3.9 :</b> Schéma de la méthodologie de l'évaluation de risque.....	83
<b>Figure 3.10:</b> La carte de risque de la plaine de Maghnia.....	84
<b>Figure 3.11:</b> La carte de vulnérabilité selon les normes de l'indice DRASTIC.....	87
<b>Figure 3.12:</b> Schéma de la méthodologie de l'évaluation de risque selon la nouvelle carte de vulnérabilité.....	89
<b>Figure 3.13:</b> La carte de risque à la pollution.....	90

## *Liste des tableaux*

---

### **Liste des tableaux**

<b>Tableau 1.1:</b> Les critères de vulnérabilité.....	6
<b>Tableau 2.1:</b> Températures moyennes mensuelles de la station de Maghnia (1977-2002).....	25
<b>Tableau2.2:</b> Situation de l'alimentation en eau potable a Maghnia 2011.....	33
<b>Tableau2.3:</b> Les types d'irrigation dans la plaine de Maghnia.....	35
<b>Tableau2.4:</b> Les surfaces irriguées par les forages et les puits.....	37
<b>Tableau 2.5:</b> Les surfaces irriguées par les eau usées..	38
<b>Tableau 2.6:</b> Irrigation à partir des Oueds dans la plaine de Maghnia.....	61
<b>Tableau 2.7:</b> Périodes d'utilisation des pesticides. ....	63
<b>Tableau 3.1:</b> Les classe de vulnérabilité dans la plaine de Maghnia (Selon le travail de Benabdelkrim en 2008).....	67
<b>Tableau 3.2:</b> Les catégories et sous catégories des aléas .....	69
<b>Tableau 3.3:</b> Les aléas des infrastructures de développement dans la plaine de Maghnia.....	70
<b>Tableau 3.4:</b> Les aléas des activités industrielles dans la plaine de Maghnia.....	71
<b>Tableau 3.5:</b> Les aléas des activités agricoles dans la plaine de Maghnia.....	71
<b>Tableau3.6:</b> Les points de rejets des eaux usées dans la plaine de Maghnia après exécution.....	76
<b>Tableau3.7:</b> Les classes des aléas selon l'indice d'aléa Hi.....	79
<b>Tableau 3.8:</b> Les trois classes de risque selon l'indice d'intensité de risque.....	82
<b>Tableau 3.9:</b> Indice DRASTIC et degré de vulnérabilité .	86

## *Abréviation :*

---

### **Abréviation :**

A.E.P : Alimentation En Potable

A.N.A.T : Agence National d'Aménagement de Territoire

A.N.R.H : Agence National des Ressources Hydriques

C.E.T : Centre d'Enfouissement Technique

C.H.U. : Centre Hospitalier Universitaire

C.W. : Chemin de la Wilaya

D.E : Direction de l'Environnement.

D.E.M : Direction des Energies et des Mines

D.R.E : Direction des ressources en eaux de la Wilaya de Tlemcen.

D.S.A : Direction des Services Agricole.

DBO : Demande biologique en oxygène

DCO : Demande chimique en oxygène

G.I.P.L.A.I.T. : Groupe Industriel des Productions laitières

H.I. : Hazard index

M.E.S. : Matière En Suspension

M.O : Matière Organique

M.T.H. : Maladie à Transmission Hydrique

O.M.S : Organisation Mondial de la Santé

O.N.A.T : Office National d'Assainissement et de traitement

P.A.W: Plan d'aménagement de la wilaya

P.D.A.U : Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme

## Introduction générale:

L'eau est un composé chimique ubiquitaire sur la Terre, essentiel pour tous les organismes vivants connus. C'est le milieu de vie de la plupart des êtres vivants, indispensable à toute forme de vie et essentiellement pour le développement économique et social des pays. Elle se trouve en général dans son état liquide et possède à température ambiante des propriétés uniques, c'est notamment un solvant efficace pour beaucoup de corps solides trouvés sur Terre

Les eaux souterraines ont, pendant longtemps, été synonymes « d'eaux propres » répondant naturellement aux normes de potabilité. Ces eaux sont en effet moins sensibles à la pollution accidentelle.

Néanmoins, de nombreuses nappes sont « influencées » par la qualité d'eaux de surface. Lorsqu'une nappe souterraine a été contaminée, il est très difficile de récupérer sa pureté originelle : les polluants ayant contaminé la nappe sont en effet non seulement présents dans l'eau, mais également absorbés sur les roches et minéraux du sous-sol (Banton O. et Bangoy L.M., 1997); Et aussi les activités humaines tentent à polluer les réserves naturelles soit par des contaminations par des agents chimiques soit par l'utilisation domestique d'eaux potables.

Ces dernières décennies, l'Algérie comme les pays à climat aride et semi-aride où les ressources en eau sont rares souffrent de problème de pénurie d'eau potable suite à une forte croissance démographique et l'exode rural comme dans le cas de la plaine de Maghnia qui entraînent le problème de détérioration de la qualité de ressource souterraine.

Notre travail avait comme but de réaliser une cartographie du risque à la pollution des eaux souterraines de la plaine de Maghnia, dans le cadre de mieux orienter le développement urbain, industriel, agricole et la préservation des ressources souterraines de la région.

Dans le chapitre I, nous présentons une étude bibliographique sur la cartographie de la vulnérabilité et du risque de pollution des eaux souterraines. Ainsi, nous citons brièvement les principales méthodes de cartographie de la vulnérabilité en portant un intérêt particulier à la méthode DRASTIC.

Dans le chapitre II, nous présentons le site d'étude à savoir la plaine de Maghnia. Après avoir donné les principales caractéristiques géographiques géologiques et climatologiques de la plaine de Maghnia, nous présentons les résultats de l'inventaire détaillé que nous avons effectués sur les activités industrielles agricoles et infrastructures de développement. En effet ces données sur l'occupation des sols

## **Introduction générale**

---

sont essentielles pour l'élaboration de la carte de risque de pollution des eaux souterraines de la nappe de Maghnia.

Le chapitre III a regroupé les différentes étapes de l'application de la méthodologie proposée par le COST 620 pour l'élaboration de la cartographie du risque de pollution des eaux souterraines dans la plaine de Maghnia. Enfin, on termine par une conclusion générale ainsi que des recommandations.

La contamination des eaux souterraines dans un environnement urbain est due à l'infiltration des eaux usées domestiques rejetées, sans contrôle, dans le milieu récepteur naturel, accentuée par des conditions hydrogéologiques favorables (Navarro A, Carbonel M., 2007). La qualité naturelle des eaux souterraines peut être dégradée par l'activité humaine. La détérioration de la qualité de l'eau est appréciée par la mesure des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, dans le cas d'une détérioration jugée importante (El warititi M. et al, 2007).

La vulnérabilité d'une nappe à la pollution est une notion relative, non mesurable et sans dimension. La précision de son évaluation dépend essentiellement de la nature, de la quantité et de la fiabilité des données utilisées (El warititi M. et al, 2007). Autrement dit, la vulnérabilité est le terme utilisé pour représenter les caractéristiques du milieu naturel qui déterminent la sensibilité des eaux souterraines à la pollution. Elle décrit la vitesse de propagation d'un polluant vers et dans la nappe d'eau souterraine et caractérise la capacité de "protection" d'une nappe vis-à-vis d'une pollution (BRGM., 2010).

L'évaluation de la vulnérabilité des aquifères apporte des éléments de connaissance précieux dans la gestion et la protection de la ressource en eaux souterraines (B.R.G.M., 2004).

Les cartes de vulnérabilité à la pollution des nappes d'eau souterraine ont comme but de montrer quelles sont, suivant la nature des terrains rencontrés en surface et les conditions hydrogéologiques, les possibilités de pénétration et de propagation des polluants dans les aquifères, c'est-à-dire la vulnérabilité des nappes à la pollution (Albinet M. et Margat J., 1971).

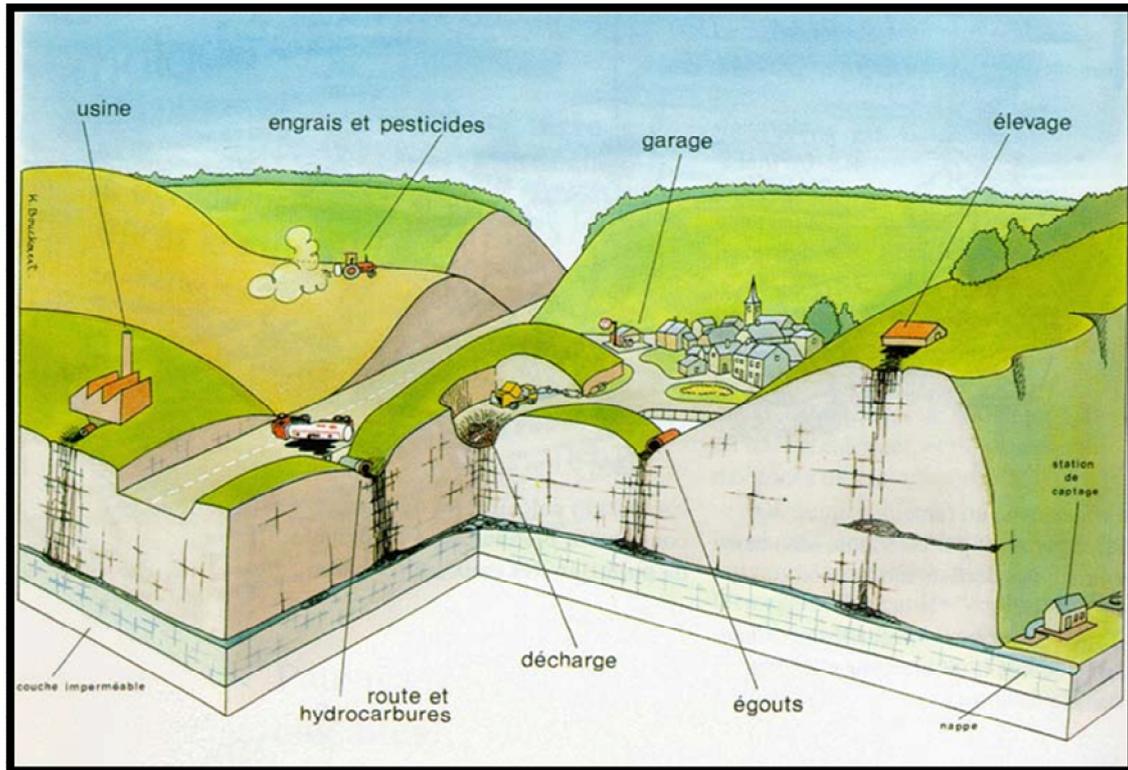
# 1 Vulnérabilité des eaux souterraines:

## 1.1 Définition de vulnérabilité:

La vulnérabilité est un terme introduit en hydrogéologie par Margat dans les années 60. Il est défini et utilisé de manière très diverse (Gogu et Dassargues 1998 ; Lallemand Barres, 1994 ; Lallemand barres et Roux 1989). Certains auteurs 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 (Amharref M., Bernoussi A., 2007).

Ainsi, elle matérialise la facilité avec laquelle elle peut être atteinte par une pollution. Cette pollution peut être engendrée par une source ponctuelle (ex. décharge, cimetière, rejet d'eau usée brute domestique ou industrielle, etc., ou diffuse (engrais chimiques, pesticides, herbicides) (El warititi M. et al, 2007).

Alors, la vulnérabilité dépend du type de nappe, libre ou captive, et du mode de circulation de l'eau dans l'aquifère. Les nappes libres sont les plus vulnérables: les polluants d'origine superficielle peuvent diffuser librement dans le sol et la zone non saturée jusqu'au niveau piézométrique, Pour atteindre une nappe libre en milieu poreux, les polluants transportés par les eaux d'infiltration doivent franchir de nombreux obstacles: le sol, la zone non saturée, la zone saturée (El warititi M. et al, 2007). A ces trois milieux peut se rajouter l'infiltration qui rentre en compte dans la migration des polluants (Cazaux M., 2007).



**Figure 1.1:** la vulnérabilité des eaux souterraine a la pollution. [6]

### 1.2 Les types de vulnérabilité:

Le concept de vulnérabilité englobe deux notions différentes ou deux types de vulnérabilité intrinsèque et spécifique.

#### 1.2.1 La vulnérabilité intrinsèque:

C'est le terme utilisé pour représenter les caractéristiques du milieu naturel qui déterminent la sensibilité des eaux souterraines à la pollution par les activités humaines (B.R.G.M., 2008).

#### 1.2.2 La vulnérabilité spécifique:

C'est le terme utilisé pour définir la vulnérabilité d'une eau souterraine à un polluant particulier ou à un groupe de polluants. Elle prend en compte les propriétés des polluants et leurs relations avec les divers composants de la vulnérabilité intrinsèque (B.R.G.M., 2008).

La distinction des deux types de vulnérabilité est nécessaire car, d'une façon générale, elles ne se placent pas sur la même échelle d'investigation : la vulnérabilité intrinsèque peut être considérée comme invariante dans le temps alors que la

## **La vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines**

vulnérabilité spécifique (directement liée aux polluants éventuels) est évolutive et ne caractérise qu'un instant précis (B.R.G.M., 2008).

### **1.3 Les critères de vulnérabilité:**

La vulnérabilité d'une nappe dépend de multiples facteurs intervenant soit sur la nature et/ou la concentration, soit sur son temps de transfert. Elle est évaluée en prenant en compte les caractéristiques du sol, de la zone saturée et de la zone non saturée qui contrôle le comportement des polluants. Un certain nombre de critères sont disponibles, ils sont associés aux ensembles souterrains (le sol, la zone saturée, la zone non saturée); sont récapitulés dans le tableau suivant:

**Tableau 1.1:** Les critères de vulnérabilité (B.R.G.M., 2008).

Sol	Zone non saturée (ZNS)	Zone saturée
Topographie <i>(pente)</i>	Profondeur de la nappe libre ou épaisseur de la ZNS	Type de nappe <i>(libre ou captive)</i>
Pédologie <i>(perméabilité verticale des sols, nature et texture des sols)</i>	Temps de transfert <i>(perméabilité verticale)</i>	Temps de résidence <i>(dépend de l'hydrodynamisme des formations aquifères)</i>
Bilan hydrique <i>(ruissellement et infiltration efficace)</i>		Relation eaux souterraines/eaux superficielles
	Structure de la ZNS <i>(variation de faciès, épaisseur des discontinuités de faciès, position dans le profil vertical, texture, teneur en matière organique et argile)</i>	Piézométrie <i>(sens et direction d'écoulement et évolutions selon la période du cycle hydrologique)</i>
	Présence ou non d'un horizon moins perméable et position de celui-ci	Épaisseur de l'aquifère <i>(quantité de réserve)</i>
		La recharge <i>(recharge annuelle nette).</i>
		Type de système hydrogéologique <i>(caractères plus ou moins capacitif et transmissif)</i>
Battement de nappe		
Fracturation <i>(directions et densité)</i>		

## **2 Cartographie de la vulnérabilité:**

La cartographie de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines permet d'identifier les zones à haut risque de contamination, indépendamment du type de polluant. Elle devrait en principe conditionner les plans d'occupation des sols ou, du moins, permettre de cibler les zones où des mesures rigoureuses de protection devraient être adoptées (Menani M.R., 2001).

Autrement, les cartes de vulnérabilité ont pour but de représenter les différents niveaux de vulnérabilité des eaux souterraines sur un rapport cartographique à différentes échelles selon les objectifs demandés à la précision des différents paramètres (Benabdelkrim A., 2008).

Les cartes de vulnérabilité doivent répondre à deux préoccupations principales :

la prévention par la localisation des zones sensibles dans lesquelles une pollution peut affecter gravement l'eau souterraines, la définition de la pénétration et de la propagation des polluants dans l'aquifère et la situation des foyers de contamination actifs ou potentiels

La protection par mise en place d'aménagements spéciaux (étanchéité des stockages et des canalisations de surface et souterrains, collecte des effluents, etc.), de périmètres de protection des eaux souterraines captées et des réseaux de surveillance de la qualité des eaux souterraines (Castany G., 1980).

Les cartes de vulnérabilité des aquifères sont des outils standard pour protéger les eaux souterraines contre toute éventuelle source de pollution. Elles sont précieuses pour toute décision future (Smida H. et al, 2009).

### **2.1 Méthodes de cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines:**

Plusieurs méthodes de cartographie de la vulnérabilité ont été développées et appliquées. De nombreuses méthodes de cartographie de la vulnérabilité ont été décrites et évaluées (Magiera, 2000. In Bensaoula F . Bensalah M., 2007), allant des plus complexes avec des modèles prenant en compte les processus physiques, chimique et biologiques dans la zone noyée, à des méthodes de pondération entre différents critères affectant la vulnérabilité (Gogu et Dassargues.,1998. In Dorni S., 2011).

Ces méthodes de vulnérabilité peuvent être classées en trois grandes catégories :

### *a) Les méthodes de cartographies à index*

Basées sur la combinaison de cartes de divers paramètres d'une région (critères de vulnérabilité), en donnant un index numérique ou une valeur à chaque paramètre. La combinaison des cartes se fait au moyen de logiciels de traitement multicritères (SIG, par exemple) (Derni S., 2011).

### *b) Les modèles de simulation*

Ils consistent à trouver une solution numérique à des équations mathématiques représentant le processus de transfert de contaminants (Schnebelen., 2002). Ils donnent une image de vulnérabilité spécifique de la nappe ;

### *c) Les méthodes statistiques*

Elles sont basées sur une variable qui dépend de la concentration en contaminant ou d'une probabilité de contamination. Ces méthodes intègrent des données sur la distribution des contaminants sur la zone d'étude et fournissent des caractéristiques sur les probabilités de contamination sur la zone d'étude. Elles donnent une image de la vulnérabilité spécifique de la nappe ( Derni S., 2011).

## **2.2 Les différentes méthodes existantes de cartographie de la vulnérabilité à la pollution:**

Différentes méthodes de vulnérabilité développées et normalisées sont présentées. Toutes ces méthodes sont basées sur des systèmes paramétriques : le principe commun de ces systèmes consiste à sélectionner préalablement les paramètres sur lesquels se base l'évaluation de la vulnérabilité (Mimoun D. et Graillet D., 2010).

Nous proposons dans notre étude bibliographique les différentes méthodes les plus utilisées pour la cartographie de la vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines à la pollution par la pondération et l'indexation des paramètres qui sont basées sur la combinaison des cartes de divers critères.

### **2.2.1 La méthode DRASTIC:**

La méthode la plus utilisée actuellement dans le monde est la méthode DRASTIC. C'est une méthode qui a été élaborée par L. Aller et al en 1987 et fait partie du groupe des méthodes d'évaluation (de la vulnérabilité des aquifères) pondérées, basées sur l'attribution d'une notation aux différents paramètres utilisés (variant généralement entre 1 et 10). Une pondération est également attribuée selon l'importance relative de chacun des paramètres utilisés (El warititi M. et al, 2007).

## La vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines

La méthode DRASTIC est basée sur l'estimation de 7 paramètres relatifs à la recharge, au sol, à la zone non saturée et à la zone saturée de l'aquifère.

[D] : Profondeur de la surface de la nappe (ou Depth);

[R] : Recharge nette;

[A] : Nature lithologique de l'Aquifère;

[S] : Sol (granulométrie et faciès);

[T] : Topographie des terrains;

[I] : Impact de la zone non saturée (lithologie et épaisseur);

[C] : Conductivité hydraulique (perméabilité) de la zone saturée (SinanM. et al, 2003).

Une fois les différentes classes définies et leurs notes attribuées, la méthode détermine l'indice DRASTIC (Id) qui permet de caractériser le degré de vulnérabilité (1 à 10) d'un secteur donné, de la nappe. La vulnérabilité est d'autant plus importante que l'indice (Id) calculé est élevé. L'Id a été calculé en faisant la somme des produits des cotes par les poids des paramètres correspondants selon la relation suivante:

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

Avec :

"P" étant le poids du paramètre c'est un facteur de pondération allant de 1 à 5

"C" la cote associée (Sinan M. et al., 2003)

D, R, A, S, T, I, C: représentent les paramètres DRASTIC, "p" étant le poids du paramètre et "c" la cote associé.

L'établissement de la carte de vulnérabilité d'une nappe à la pollution consiste à reporter dans l'espace les valeurs de l'indice DRASTIC (Id) et leur regroupement dans cinq classes différentes.

Quant aux valeurs de l'indice DRASTIC, utilisées, elles sont celles fournies par Engel et représentent la mesure de la vulnérabilité hydrogéologique de l'aquifère. Ces valeurs varient de 23 à 226 et sont classées en quatre classes.

Neuf classes d'indices de vulnérabilité DRASTIC obtenues pour la région varient de "101" (valeur minimum) à "209" (valeur maximum).

## **La vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines**

---

Ces valeurs représentent la mesure de la vulnérabilité hydrogéologique de l'aquifère et se situent dans la gamme des valeurs théoriques selon la classification de tel que mentionné dans le tableau 2.

Cette autre classification permet de fixer les limites des intervalles des indices calculés et de faire correspondre des classes de vulnérabilité à ces indices (Kouassi.D et all., 2009).

### **2.2.2 La méthode EPIK**

C'est la première méthode dédiée spécifiquement aux aquifères karstiques sensus-stricto (Doerfliger, 1996 ; Doerfliger et Zwahlen, 1997). Elle est basée sur quatre critères : Epikarst ; Protective Cover (couverture protectrice : sol) ; Infiltration Conditions (conditions d'infiltration) ; Karst network development (développement du réseau karstique).

La méthode EPIK est une méthode multicritères à indices qui prend en compte quatre critères principaux:

- **L'épikarst "E"**: Son degré de développement conditionne une infiltration plus ou moins rapide de l'eau dans le toit du substratum calcaire.
- **La couverture protectrice "P"**: Son épaisseur est un facteur déterminant sur le temps de transit de l'eau depuis la surface du sol, jusqu'au toit de la formation calcaire.
- **Les conditions d'infiltration "I"**: Elles caractérisent une infiltration diffuse et lente ou concentrée.
- **Le développement du réseau karstique "K"**: Il détermine la rapidité des écoulements au sein de l'aquifère karstique (Pinaud M., 1999 in Fellah H.S, 2012).

### **2.2.3 La méthode RISKE**

Cette méthode s'inspire de la méthode suisse EPIK en raison de sa spécificité karstique. RISKE est un acronyme qui reprend les initiales des 5 critères pris en compte : Roche aquifère, Infiltration, Sol, Karstification, Epikarst (Petelet-G et al., 2000 in [7] ).

Elle a basée sur cinq critères caractéristiques du fonctionnement et de la structure des aquifères karstiques qui sont:

- **R**: pour la roche aquifère : (lithologie et fracturation) la nature des formations géologiques peut influencer sur la circulation de l'eau, et donc des polluants potentiels, à l'intérieur de l'aquifère.
- **I**: pour les conditions d'infiltration : (infiltration diffuse / infiltration Ponctuelle) Les deux paramètres primordiaux retenus sont la pente qui va plus ou

moins favoriser le ruissellement au détriment de l'infiltration et les pertes qui vont permettre une infiltration directe et très rapide de l'eau jusqu'à l'aquifère.

➤ **S**: pour le sol et la couverture protectrice (la teneur en cailloux, la texture et l'épaisseur) Les formations pédologiques forment une couverture protectrice au dessus des roches aquifères. Il est donc important d'évaluer le pouvoir protecteur et/ou régulateur de ces horizons vis-à-vis de polluants potentiels.

➤ **K**: pour le degré de développement de la karstification : La karstification du milieu est l'un des paramètres les plus importants qui conditionnent la vulnérabilité. Ce critère permet de caractériser la vulnérabilité du milieu souterrain. Le développement du réseau karstique est donc à évaluer à partir de différentes méthodes, telles que l'analyse des hydrogrammes de crues (estimation du degré de karstification).

➤ **E**: pour l'Epikarst (Dörfliger N. et al, 2005).

### 2.2.4 La méthode DISCO

La méthode "DISCO" (discontinuités - couverture protectrice) a pour but de définir les zones de protection en tenant compte de l'hétérogénéité du milieu. Trois paramètres sont nécessaires et suffisants pour évaluer le transport d'un polluant d'un point quel conque du bassin d'alimentation jusqu'à son arrivée au captage : le paramètre "discontinuités" ; le paramètre "couverture protectrice" ; le paramètre "ruissellement" englobe les phénomènes d'écoulement de l'eau en surface avant son infiltration (ruissellement de pente, cours d'eau permanents ou temporaires) [7].

Le report sur cartes, la combinaison et la pondération de ces paramètres permettent de déterminer un facteur de protection final F pour chaque partie du bassin d'alimentation. Les zones de protection des eaux souterraines sont alors déterminées en attribuant une valeur du facteur de protection à chacune des zones S1, S2 et S3 en délimitant les zones S (Vernoux J.F., 2007).

Le facteur de protection final F de vulnérabilité est évalué selon la formule suivante:

$$\text{Vulnérabilité} = 0,5D + 0,3R + 0,2S$$

Avec: **D** : Discontinuités; **P** : couche protectrice; **R** : ruissellement (Pochon A. et Zwahlen F., 2003 in Fellah H.S., 2012).

### 2.2.5 La méthode GOD

Ce système a été développé par Foster en 1987. Il 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.

Cette méthode est basée sur l'identification de trois critères : Type de nappe (Groundwater occurrence) ; Type d'aquifère en termes de facteurs lithologiques (Overall aquifer class) ; Profondeur de la nappe (Depth to groundwater table) [7].

### 2.2.6 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 compte tenu de la grande diversité hydrogéologique de l'Italie (Petelet et al., 2000 In [7]).

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).

### 2.2.7 L'approche européenne (O.C.P.K.)

L'approche européenne pour la cartographie de la vulnérabilité intrinsèque proposée par COST 620, DALY et al. 2001, est un modèle très flexible qui peut être adapté à différents milieux aquifères (Zwahlen F., 2004 in Bensaoula F., 2006).

## La vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines

---

L'approche COST 620 est basée sur une démarche itérative afin d'évaluer le risque de contamination d'un aquifère en tenant compte des caractéristiques particulières d'un milieu karstique.

L'objectif de COST 620 était de développer de nouveaux outils qui puissent assister les décisions en termes d'aménagement des zones karstiques européennes et protéger sur le long terme ces ressources face aux dangers de pollutions potentielles générées par les activités anthropiques (Pranville J. et al., 2007 in Fella HS., 2012). Elle définit des concepts et des principes qui sont considérés comme universels et applicables à toute la gamme de karst en Europe (Sineich et al., 2005 in Bensaoula F., 2006).

L'approche européenne utilise quatre critères pour déterminer la vulnérabilité intrinsèque d'un aquifère karstique. Dans ce modèle conceptuel quatre facteurs, O, C, P et K sont mis en jeu:

- **(overlaying layers)** correspondent à la couche couvertures de sol pouvant être définies comme protectrices ou vulnérables vis-à-vis de l'infiltration.
- **C (concentration of flow)** ou concentration de l'écoulement. Ce facteur représente le degré de concentration des précipitations vers les endroits qui permettent une infiltration rapide. Si cette infiltration est diffuse ce facteur n'est pas déterminant. Le degré de concentration dépend des paramètres qui contrôlent le ruissellement tel que la pente, les propriétés de surface (telle que la perméabilité), la végétation, la présence d'éléments qui concentrent l'écoulement (telles que les pertes et les zones à forte perméabilité).
- **K (Karst network development)** rend compte du degré de développement du système karstique, notamment de son réseau de drainage de la zone saturée.
- **P (Precipitation régime)**, qui fait intervenir un facteur externe au système. Il considère le régime des précipitations (quantité annuelle, intensité, fréquence et durée). Ce facteur influe sur l'infiltration et la recharge de l'aquifère et par conséquent le transport du polluant et sa dilution au sein de l'aquifère.

### **3. La cartographie de risque de pollution des eaux souterraines:**

#### **3.1 Le risque:**

Difficile de donner une définition au risque, d'abord parce que ce n'est que dans ces derniers temps que la terminologie a commencé à être officialisée, et d'autre part parce que dans la littérature la cible étant considérée à risque est généralement la santé et la sécurité humaines. En outre, le risque est un terme galvaudé avec une grande variété de définitions. Les termes aléas et les risques sont souvent utilisés simultanément en français et en anglais (Zwahlen F. (Ed.), 2004).

Le risque peut être défini comme la probabilité ou la fréquence attendue d'une conséquence négative spécifiée. Le risque n'est pas conçu comme une mesure absolue mais comme un moyen de mesure relative ou de comparaison (où il peut être particulièrement utile, c'est quand les différentes composantes du risque sont utilisées) (Zwahlen F. (Ed.), 2004).



#### **3.2 Risque, aléa et vulnérabilité:**

L'aléa est un concept spécifique qui correspond à l'éventualité qu'un phénomène se produise sur un site donné en atteignant une intensité ou une gravité qualifiable ou quantifiable. Dans le domaine du risque des eaux souterraines, l'aléa résulte du croisement de l'intensité d'un phénomène redouté et de l'éventualité de sa survenance (S.I.R.E.T., 2010).

On peut définir l'aléa par une approche probabiliste, qui s'agit de l'application d'un stress, (une action polluante) sur un point, un axe ou un espace plus ou moins vulnérable du milieu naturel au regard des eaux souterraines.

L'aléa est hiérarchisé en l'appliquant à différentes configurations. Les termes « aléa fort » ou « aléa très fort » signifient que les zones concernées sont plus prédisposées à l'apparition de dégradations en surface que les zones « d'aléa moyen » ou « d'aléa faible » ou que les phénomènes susceptibles de se produire dans cette zone sont d'un niveau plus élevé.

L'impact potentiel des facteurs chimiques, biologique ou physique (facteurs polluants) peut provoquer un risque sur l'eau des aquifères mais à la présence d'une vulnérabilité, comme aussi un aquifère peut être vulnérable mais pas forcément exposé d'un risque de pollution en absence des aléas (des facteurs polluants: industrie agriculture...). C'est à dire une zone de risque est définie comme la partie de la zone d'aléa dans laquelle se trouve un enjeu vulnérable en surface (habitation, infrastructure...) (S.I.R.E.T., 2010).

### 3.3 Evaluation de risque:

L'évaluation du risque est une étape dans le processus de protection des ressources en eau souterraine et plus particulièrement de l'établissement des périmètres de protection. Le risque, terme utilisé pour mettre en évidence la probabilité d'une contamination possible résultant d'un événement aléatoire, constitue l'origine possible d'une contamination liée à une activité donnée. Combinée à la cartographie de la vulnérabilité intrinsèque, caractérisant la sensibilité du milieu souterrain à la contamination, elle permet de déterminer les conséquences d'une contamination (B.R.G.M., 2004).

L'évaluation du risque est un processus d'évaluation de l'impact potentiel d'un agent chimique, biologique ou physique sur l'eau souterraine. Elle identifie les risques potentiels ou existants ainsi que les voies d'écoulement exposées. Les points suivants sont à prendre en considération: la probabilité de vraisemblance de l'impact, l'intensité d'un impact potentiel sur les eaux souterraines et la sensibilité de l'eau souterraine (B.R.G.M., 2004).

L'évaluation du risque des eaux souterraines nécessite:

- L'identification des risques potentiels;
- L'analyse de l'impact potentiel des risques sur les eaux souterraines (concentration et quantité de contamination);
- Avoir une information sur la valeur des eaux souterraines (le niveau piézométrique);
- Avoir une information sur les caractéristiques hydrogéologiques des matériaux géologiques qui peuvent influencer le transfert et l'atténuation de contaminants (vulnérabilité des eaux souterraines) (B.R.G.M., 2004).

### 3.4 La cartographie de risque:

La cartographie des risques permet d'analyser et interroger les risques dans leurs caractéristiques spatiales. Elle intervient à plusieurs échelles et peut représenter

## **La vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines**

---

soit la répartition spatiale des aléas, soit celle des enjeux (ce qui est susceptible d'être endommagé), soit celle des vulnérabilités, soit une combinaison des trois facteurs [8].

- Le risque offerte par une activité potentiellement polluante;
- La vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines à la contamination;
- Les conséquences potentielles d'un incident de contamination.

La cartographie des risques se révèle être l'instrument le plus pertinent pour identifier, évaluer et hiérarchiser les risques des eaux souterraines. Elle est le point de départ de toutes autres actions nécessaires à la diminution, au contrôle ou au transfert des risques [9].

La réalisation d'une cartographie des risques doit répondre à plusieurs objectifs définis ci-dessous :

- Identifier l'ensemble des risques selon leurs impacts et leurs occurrences sur les objectifs stratégiques de l'organisation.
- Mesurer l'importance de ces risques afin de définir de possibles plans d'actions pour les réduire ou les contrôler.
- Elaborer graphiquement une représentation des risques en fonction des aléas et de vulnérabilité.
- Donner l'impulsion à un processus de gestion des risques organisé [9].

Les risques peuvent cartographiés en adoptant des symboles particuliers pour les différentes catégories de risque, hiérarchisés (Ndaminyaa Changwi., 2012).

Afin de comprendre la notion de la cartographie des risques il apparaît important de rappeler qu'elle nécessite la production de deux cartes: une base carte montrant les dangers ou bien les aléas et le carte de la vulnérabilité en combinant les deux (par exemple, en superposant l'une sur l'autre).

### **4. Conclusion:**

La prévention contre la pollution des nappes d'eau souterraine est devenue depuis près de trois décennies une préoccupation majeure pour les spécialistes du domaine de l'eau. (Didi P. et al., 2013).

La cartographie de vulnérabilité et de risque sont deux document très intéressant dans l'aménagement du territoire. En effet le risque de pollution est évalué qualitativement par la combinaison de l'aléa et de l'effet couplé de la vulnérabilité. Ceci nous permet d'élaborer une carte des risques et de localiser les zones vulnérables

## **La vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines**

---

et à risques. Ces zones à risques nécessitent inévitablement une protection aux cas où les activités anthropiques présentes ne peuvent être ni arrêter ni déplacer et cette protection dépendra du contexte hydrogéologique de la zone.

En plus, les périmètres de protection ont été rendus obligatoires pour tous les ouvrages de prélèvement d'eau d'alimentation tel qu'il est recommandé par la réglementation (Bensaoula F. et al, 2003. in Fellah H.S., 2012).

Enfin, l'absence de ces document reste toujours en Algérie malgré l'existence des textes législatifs (Journal officiel de la république algérienne N°77) qui sont institués par les autorités compétentes Algérienne tel que les lois n°3 et 4 du 16 Moharram 1432 correspondant au 22 décembre 2010 relative à la protection et le respect des périmètres de protection.

## Présentation de la plaine de Maghnia

---

Au fur et à mesure que les ans s'écoulent, la population s'accroissant en s'accéléralant, augmente de plus en plus ses besoins unitaires en eau, pour elle même et pour toutes ses activités, agriculture, industrie, etc.

Les ressource en eau, qu'elles soient superficielles ou souterraines, ont un impact direct sur le développement socio-économique d'une région (Bensoula F et Adjim M., 2008). Les eaux souterraines, dans la plupart des conditions, sont plus sûres et plus fiables que l'eau de surface. Une des raisons est que l'eau de surface est plus facilement exposée aux polluants (des usines par exemple) que les eaux souterraines. Ceci ne veut pas dire que les eaux souterraines sont non vulnérables à la contamination.

L'eau souterraine est le véhicule de transport des substances minérales ou organiques ou des bactéries pathogènes. Par son mouvement, dans toutes les zones du sol et sous- sol, elle provoque la propagation des polluants, leur persistance ainsi que la pollution générale de l'espace souterrain (Castany G., 1980).

Généralement en Algérie on rencontre plusieurs cas de pollution des eaux souterraines, on prend l'exemple de la nappe de Maghnia , qu'elle est sous forme de système aquifère multi-couches à nappe libre. Elle est exposée à une pollution importante à cause de la présence des grandes activités agricoles (les cultures, élevages) et même industrielles.

Pour atteindre notre objectif, nous avons donc fait tout d'abord un inventaire des données existantes nécessaires à l'élaboration de cartographie de vulnérabilité et de risque de pollution des eaux souterraines dans la plaine de Maghnia. En effet, nous avons utilisé les différentes thèses et les études effectuées par l'O.N.A, la D.H.W, la D.S.A et l'A.N.R.H...etc..

Dans ce chapitre on va commencer par, les caractéristiques générales de la zone d'étude (géographie, climatologie, démographie, géologie...etc). Ensuite, on va faire une description de la production en eau potable (les eaux superficielles mobilisées par les barrages et les eaux souterraines par, les forages et les puits) dans la région étudiée. En plus, on s'intéressera à l'état d'assainissement ou nous évoqueront les différents points de rejets d'eaux usées et leur milieu récepteur, les points noirs d'assainissement et la S.T.E.P existante au niveau de la plaine.

Enfin, on présente les données relatives à l'occupation de sol par activité (activité agricole (cultures et élevage), activité industrielle, et infrastructure de développement).

# Présentation de la plaine de Maghnia

---

## 1 Présentation générale de la plaine de Maghnia:

### 1.1 Situation géographique:

La commune de Maghnia se situe à l'extrême Nord-Ouest de l'Algérie, dans la wilaya de Tlemcen.

La commune de Maghnia s'étend sur une superficie totale de 29400 ha et se délimite comme suit:

-Au Nord et à l'Est par la commune de Hamam Boughrara et les massifs des Traras qui l'isolent de la mer Méditerranée.

-Au Sud par la commune de Beni-Boussaid et par les contreforts des monts de Tlemcen.

-Sa limite Ouest et Sud-ouest constitue la ligne frontière avec le Maroc. (U.R.S.A., 2004)

La commune fait partie de la grande plaine d'Angads s'étendant jusqu'à Fès au Maroc. Avec cette position géographique, dans un long et étroit couloir (entre Tlemcen et Fes), Maghnia représentait toujours un point facilement accessible aux montagnards du Sud et aux habitants du littoral et un lieu privilégié de rencontres et d'échange pour les tribus dont le campement s'élevait sur le territoire environnant (Abdelbaki C., 2010)

L'espace communale de Maghnia se compose essentiellement de deux ensembles physiques: l'ensemble montagneux, la plaine de Maghnia.

- **L'ensemble montagneux:**

Au nord de la commune se dresse Djebel El Arrar dont les versants sont convexes au sommet et concaves à la base avec de faibles dénivellations. On peut dégager une ligne de crête d'Oueds en Est allant de Rastouil- El Arrar- Hai Ben Azzouz.

À travers cet espace montagneux, les oueds sont encaissés. Parallèlement à cela, on note une deuxième ligne de crête, au nord de la ville de Maghnia au niveau de Djebel Sidi M'hamed faisant une continuité à l'urbanisation.

Un autre ensemble montagneux se dresse au sud de la plaine et dont l'altitude moyenne est de l'ordre de 533 m au niveau de Djebel Berdi (U.R.S.A., 2004).

- **Plaine de Maghnia:**

Celle-ci représente 80% de l'espace communal. Elle fait partie de la grande plaine d'Angads s'étendant jusqu'à Fès au Maroc. Elle est constituée d'une cuvette de direction Nord, Nord- Est et Ouest. Elle est limitée au nord par les massifs des Traras qui s'isolent de la mer Méditerranée, au Sud et à l'Est par les contre forts des mont de Tlemcen qui la séparent de la vallée de Tafna, à l'Ouest et Sud Ouest par la frontière

## Présentation de la plaine de Maghnia

Marocaine au- delà de laquelle, elle est prolongée par la plaine des Angads dans la région d'Oujda. La quasi- totalité de la plaine de Maghnia est située a une latitude variant entre 370 m et 450 m (U.R.S.A., 2004).

L'accessibilité de cette plaine a permis de relier la ville de Maghnia au Nord a Ghazaouet et Nedroma par RN 46, a l'Est a Tlemcen par la RN 7 et à Oran par la RN35. A l'Ouest et sur une distance de 27 kilomètres, elle se relie à Oujda par RN7A. (Aouggad M et Bakhou H., 2007)

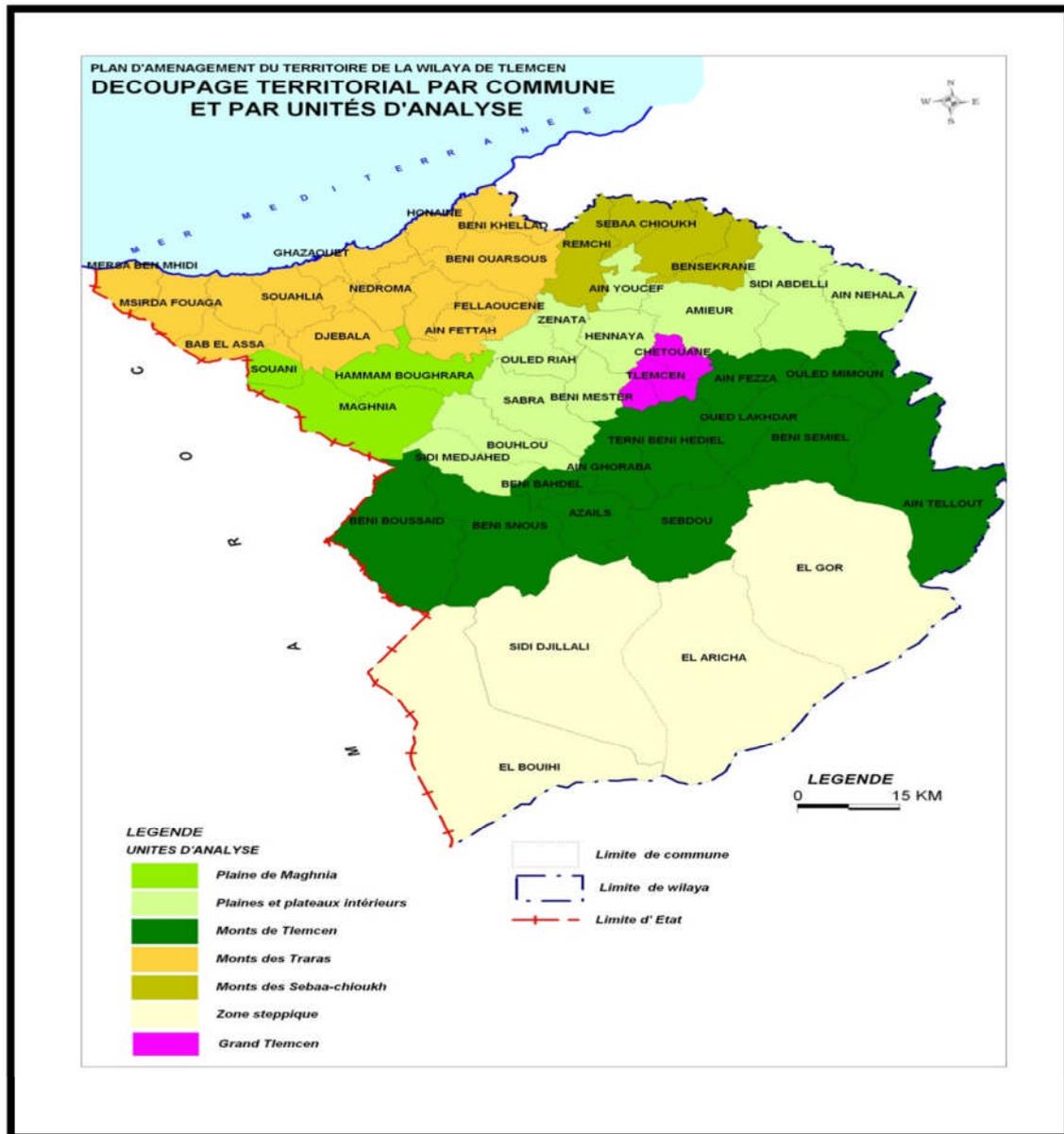


Figure 2. 1: Répartition des plaines de la wilaya de Tlemcen (Anonyme (b), 2012).

# Présentation de la plaine de Maghnia

## 1.2 Situation géologique :

La plaine de Maghnia est une plaine alluviale à cheval sur l'Algérie et le Maroc. C'est un système aquifère multi-couches à nappe libre. Notre domaine d'étude fait partie, du point de vue paléogéographique, du domaine Tlemcenien qui s'étend depuis la frontière Algero-Marocaine à l'Ouest jusqu'aux environs Tiaret à l'Est. La plaine de Maghnia est une cuvette allongée suivant une direction ENE-WSW et comblée par des dépôts d'érosion des montagnes bordières (Rhar-Roubane, Fillaoucene). Les reliefs de bordure sont géologiquement très diversifiés (Baba-Hamed K., 2007).

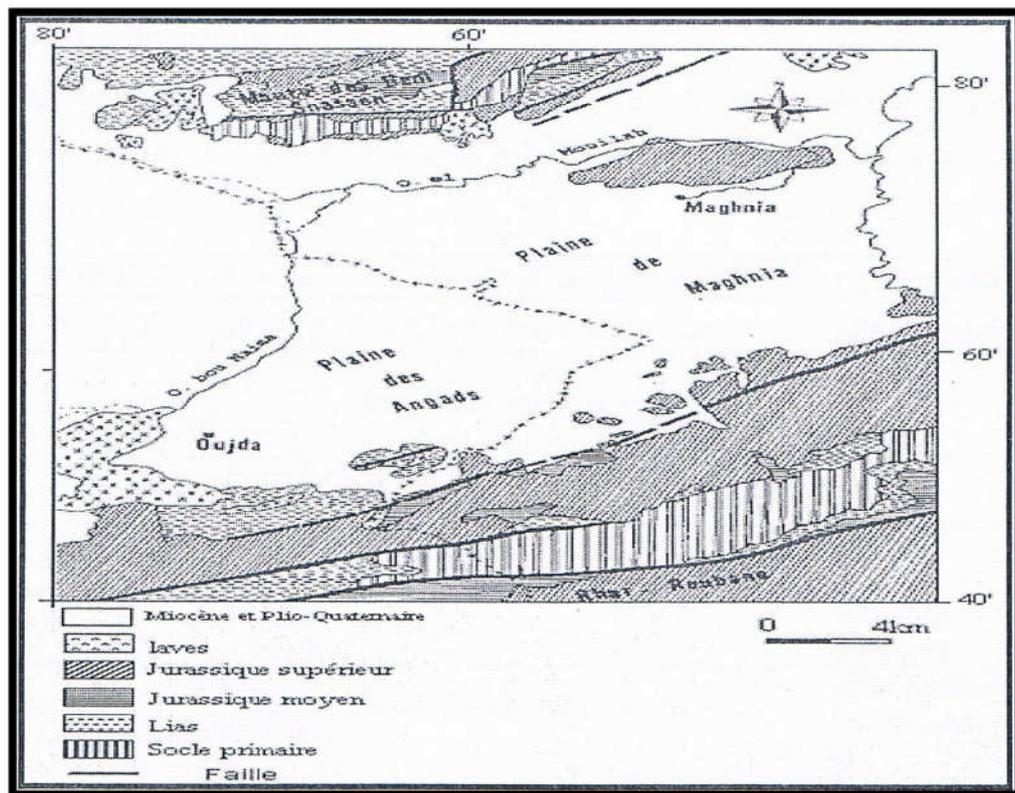
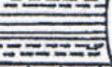
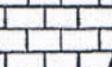


Figure 2. 2: Carte géologique de la plaine de Maghnia (Baba Hamed H., 2007).

### 1.2.1 Série lithostratigraphique :

Du point de vue stratigraphique nous distinguons d'une part les formations primaires et secondaires qui constituent les reliefs et d'autre part les terrains néogènes et quaternaires comme le montre la figure ci-dessous:

## Présentation de la plaine de Maghnia

Epais	Perméabilité	Coupe	Description géologique	Formation
80	Perméable		Dépôt alluvionnaire et lacustre	<b>Plio-Quaternaire</b>
50 à 800	Imperméable		Marnes bleu ,sableuses à la base er grès calcaires	Miocène
	Perméable		Grès	Miocène
100	Perméable		Dolomies	Dolomies de Terny
100	Perméable		Marnes et calcaires marneux	Marno-Calcaire de Raouraï
250	Perméable		Dolomies	Dolomies de Tlemcen
300 à 400	Peu perméable		Grès quartzeux avec bancs de marnes vertes et Lie de vin	Grès de boumedienne
150 à 250	Imperméable		Marnes gris et argiles schisteuses	<b>Callovo-Oxfordien</b>
100 à 200	Perméable		Calcaire gréseux	Jurassique moy
200 à 300	Perméable		Calcaires oolithique et dolomies	Jurassique inf
?	Imperméable		Marnes vidacées ,gypsifèr et grès grossiers rouges avec intercallation argileuses	<b>Permo-Trias</b>
?	Imperméable		Granite à tourmaline schistes et quartzites	Primaire

**Figure 2.3:** Série lithostratigraphique (Bonnet M., 1965. in Baba Hamed H., 2007); (Les épaisseurs sont en mètres).

## Présentation de la plaine de Maghnia

---

### 1.2.2 *Cadre structural:*

Du point de vue tectonique, la plaine de Maghnia correspond à l'emplacement d'une fosse, entourée par des reliefs jurassiques émergés et limités par des failles, où se sont accumulés des sédiments du Miocène au Quaternaire. De part et d'autre de la plaine, on reconnaît au Nord le synclinal perché de type jurassique du Djbel Fellaoucene et au Sud le grand anticlinal du Ghar Roubane entre eux le bombement anticlinal de Béni- Ouassine recoupe la plaine de Maghnia.

a) Les terrains primaires et secondaires : qui forment les reliefs au Nord et au Sud (Djebel Fellaoucene, Ghar Roubane).

b) Les terrains néogènes et quaternaires:

### 1.3 Evolution de la population dans la plaine de Maghnia:

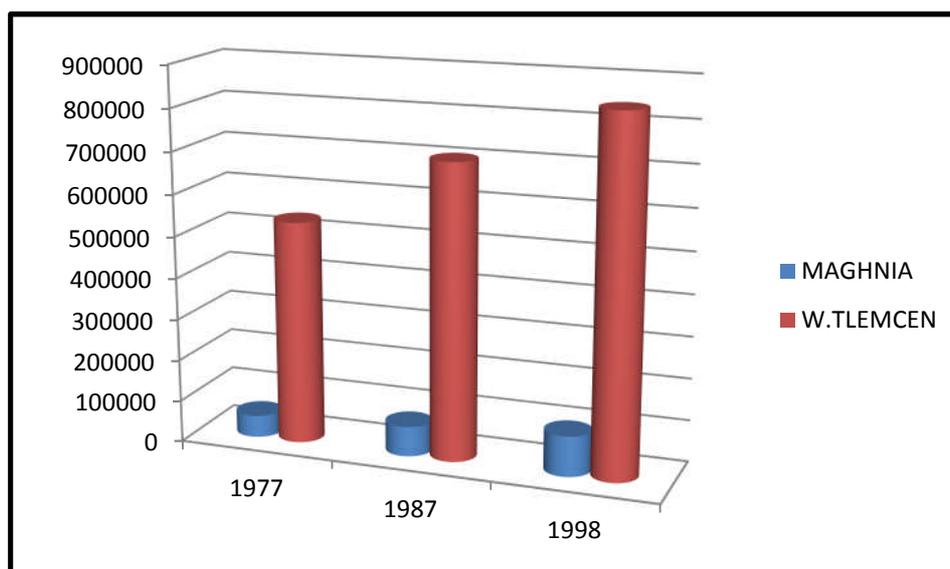
Le recensement général de la population et de l'habitant du 25 juin 1998 a déterminé une population de 96302 personnes au niveau de la commune de Maghnia.

Cette population classe la commune de Maghnia au deuxième rang parmi les communes de la wilaya et la plaine occupe 80% de la commune.

L'évolution de la population à l'horizon 2025 sur les unités territoriales des monts de Tlemcen et la plaine de Maghnia avec respectivement 15 et 14% de la population en 2025 semble marquer le pas par rapport à 2008 avec un même taux de concentration de 15%. La plaine de Maghnia reculera même d'un point.

Ces deux unités territoriales, notamment la plaine de Maghnia, Sabra, Ouled Mimoun, pourraient être plus attractives avec un effort d'équipement adapté que pourrait conduire une activité économique large autour de l'agriculture, de la petite et moyenne industrie et du tourisme (U.R.S.A., 2004).

## Présentation de la plaine de Maghnia



**Figure2.4:** Evolution de la population de 1977 à 1998 (U.R.S.A., 2004).

La population en 1977 a comptée à Maghnia 52300 habitants, et au 20 mars 1987 elle a passée 71753 (Figure2.4).

### *1.3.1 L'agglomération chef lieu de Maghnia:*

En 1966 elle comptait 24176 personnes en 1998 elle passe 73558. Ainsi sur une période de 30 années la population a plus que triplé.

Le taux d'accroissement moyen annuel avait atteint 4,1% entre 1966 et 1977, puis durant la décennie 1977/1987 il passe 3,7% par an et durant ces dix dernières années il a été de 3,1%.

Ce taux a été toujours beaucoup plus élevé que celui de l'Algérie tout entière. Et l'évolution de la population du chef lieu de commune confirme qu'elle n'est pas due simplement à l'accroissement naturel (naissance-décès) mais surtout à un solde migratoire positif trop élevé (U.R.S.A., 2004).

### *1.3.2 L'agglomération secondaire de Betaim:*

Elle existait en tant qu'agglomération bien avant 1966. La population n'a pas évolué de la même manière qu'à Maghnia, elle a plus que doublé de 1966 à 1998. Ainsi de 1564 en 1966 elle passe à 3589 personnes en 1998 soit un accroissement de 129 % (U.R.S.A., 2004).

Le taux d'accroissement moyen annuel a dépassé les 3% depuis les 20 dernières années (U.R.S.A., 2004).

## **Présentation de la plaine de Maghnia**

---

### ***1.3.3 L'agglomération secondaire de Bekhata:***

Cette agglomération existait depuis la période coloniale en 1966. Elle a été édifiée pour regrouper la population de la zone éparse de la région pour lieu contrôler et isoler les Moujahidines.

La aussi la population a plus que triplé durant 1966 et 1998 de 608 en 1966 elle passe a 2090 en 1998 (U.R.S.A., 2004).

Sa population subit une baisse de 125 personnes en 1977. Cette chute ne peut être expliquée que par le retour de la population vers leurs habitations dans la zone éparse.

En 1987 elle atteignait 1364 personnes soit un accroissement de 182,0%. Entre 1987 et 1998 l'accroissement n'a pas été non plus élevé, il a été de 53,2%.

Le taux d'accroissement moyen annuel a été de -2,3% entre 1966/1977 puis il a été de 10,9% de 1977/1987 puis il passe a 3,9% entre 1987/1998 (U.R.S.A., 2004).

### ***1.3.4 L'agglomération secondaire Ras Asfour :***

Beaucoup plus connu par MSAMDA cette agglomération n'était qu'un hameau, il a connu une grande bataille pendant la période coloniale. La population a plus que doublé de 1987 à 1998 de 1306 elle passe à 1509 soit une variation de 15,4%. Le taux d'accroissement a été de 1,2 % (U.R.S.A., 2004).

### ***1.3.5 L'agglomération secondaire Akid Abess :***

La population de l'agglomération Akid Abess est passée de 946 personnes en 1987 à 1520 en 1998 soit une variation de 60,7% et un taux de 4,3% (U.R.S.A., 2004).

### ***1.3.6 L'agglomération secondaire Akid Lotfi :***

La population de cette localité a subi une évolution de 1987 à 1998. Ainsi on note un accroissement de 9,6% une période de 11 ans soit un taux d'accroissement moyen annuel de 0,8% (U.R.S.A., 2004).

## Présentation de la plaine de Maghnia

### 1.3.7 La zone éparses :

La population de la zone éparses a légèrement diminué de 1977 à 1998. Le taux d'accroissement moyen annuel a été toujours négatif ainsi entre 1977 et 1987 il a été de -3,0% et de 0,2% entre 1987 et 1998.

En réalité la zone éparses ne se vide pas tellement, cette stagnation de population se traduit surtout par le passage des localités de OULED KADOUR et OULED CHAREF qui n'étaient en fait que des hameaux avant 1987 donc zone éparses au statut d'agglomération en 1998 (U.R.S.A., 2004).

### 1.4 Le climat:

C'est l'ensemble des phénomènes météorologiques observés dans le passé et qu'on s'attend d'observer encore sur une longue période. On peut le définir aussi comme « la probabilité d'occurrence de divers états de l'atmosphère dans un lieu ou une région, au cours d'une certaine période donnée. » (Gibbs., 1987 in Khaldi A.).

Selon Seltzer (1946), le climat de l'Algérie est de type méditerranéen sub-humide caractérisé par une période pluvieuse allant en moyenne de Septembre à Mai et un été (allant du mois de Mai au mois de Septembre) sec et ensoleillé (Bouanani A., 2004). Ainsi, la plaine de Maghnia appartient à cette zone de climat semi-aride.

#### 1.4.1 La température:

Les températures moyennes mensuelles et annuelles régissent le climat en interaction avec les autres facteurs météorologiques et biogéographiques.

L'analyse des températures enregistrées à Maghnia sur une période allant de 1977 à 2002 (Tableau 2. 1), montre que:

- Le mois le plus chaud correspond à Aout pour lequel la température moyenne avoisine 26°C.

Le mois le plus froid est Janvier avec une moyenne avoisine 9,72°C (BRAIK F et BOUDIEB H., 2004).

**Tableau 2.1:** Températures moyennes mensuelles de la station de Maghnia (1977-2002) (Braik F. et Boudieb H., 2004).

Le mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou
T°C	22,93	18,37	13,86	10,71	9,72	9,94	12,62	14,69	17,16	21,16	24,48	25,94

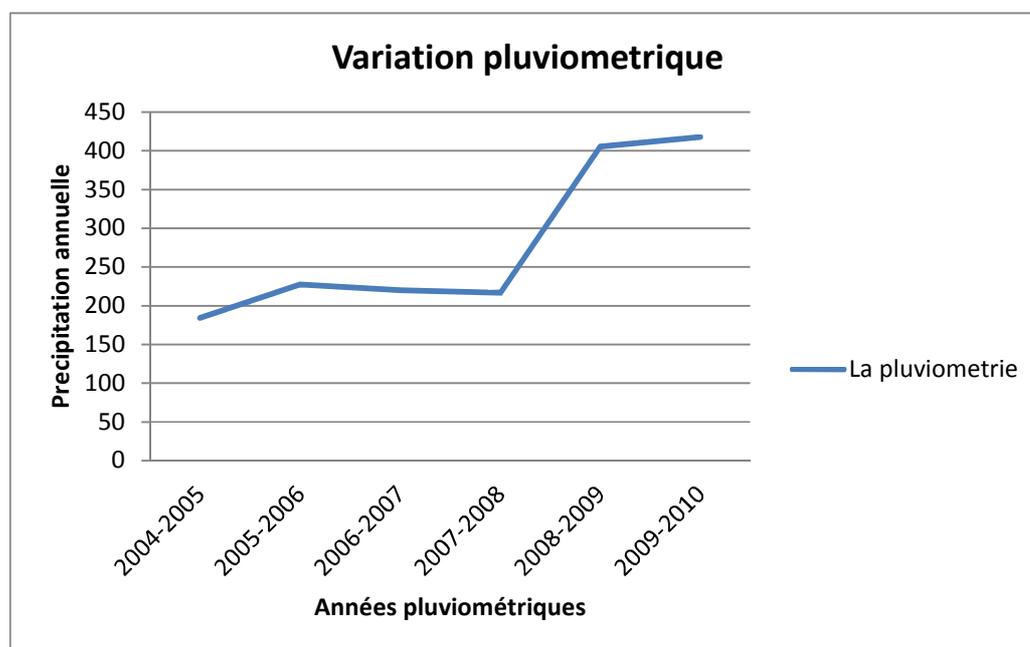
## Présentation de la plaine de Maghnia

### 1.4.2 La pluviométrie:

Les précipitations d'une région sont intimement liées au climat. C'est le cas de notre zone d'étude (la plaine de Maghnia) où on a le climat méditerranéen qui se caractérise généralement par un hiver pluvieux et un été sec (Aouggad M et Bakhou H., 2007).

Ces dernières années, la recharge par les précipitations a diminué à cause de la sécheresse. Par ailleurs, l'accroissement des besoins a nécessité l'augmentation des pompages ce qui peut mener à un déséquilibre de la nappe (Bouanani A., 2008).

On a utilisé les valeurs de précipitation de la station qui situ dans la frontière algéro-marocaine, pour dresser la courbe ci-dessous (Figure 2.5), qui représente la variation de la précipitation durant les années (2005- 2010).



**Figure 2.5:** Variations annuelle de la pluviométrie de l'année (2004-2010) enregistrées à la station météorologique de la frontière (Anonyme (d), 2013).

Cette courbe représente une variation annuelle de la pluviométrie en fonction des années (2004 jusqu'à 2010). On constate qu'il y a une irrégularité dans la répartition des précipitations à cause des pluies torrentiels et le changement climatique qui influencent négativement sur la pluviométrie. Ainsi, la moyenne enregistrée dans la période (2004 –2010) est de 278,4 mm/an. Alors, l'année la plus pluvieuse était 2010 avec un total de 417,8 mm. Par contre l'année la plus sèche a été observée en 2004 avec un total de 184,1 mm.

# Présentation de la plaine de Maghnia

## 1.5 Hydrographie:

Le réseau hydrographique de la plaine de Maghnia est représenté par trois cours d'eau principaux qui traversent cette plaine, (voir Figure 2.6).

- **Oued Mouillah**

L'Oued Mouillah affluent rive gauche de l'Oued Tafna, prend naissance dans la région d'El Abed en Algérie à 1250 m d'altitude puis pénètre au Maroc et prend le nom de l'Oued Isly et suit un cours intermittent. Il redevient permanent à l'aval de la ville d'Oujda (au Maroc) à 490 m d'altitude pour prendre le nom de l'Oued Bounaim et pénètre en Algérie aux environs de Maghnia sous l'appellation de l'Oued Ourdefou avec ces affluents, Oued Abess, Oued Aounia et Oued Méhaguen (Sidhoum S.M., 2000).

- **Oued Ourdefou**

L'Oued Ourdefou est formé par un ensemble de cours d'eau drainant le massif de Ras El Asfour et entaille profondément la plaine de Maghnia. Il présente une orientation Nord- Est. Après avoir traversé l'agglomération de Maghnia en tant que collecteur principal de ces eaux usées domestiques, l'Oued Ourdefou se jette dans Oued Mouillah à une altitude de 290 m (Sidhoum S.M., 2000).

- **Oued Abess**

L'Oued Abess affluent rive droite de l'Oued Ourdefou, son cours est permanent par les eaux résiduaires industrielles de la zone d'activité de Maghnia (Sidhoum S.M., 2000).

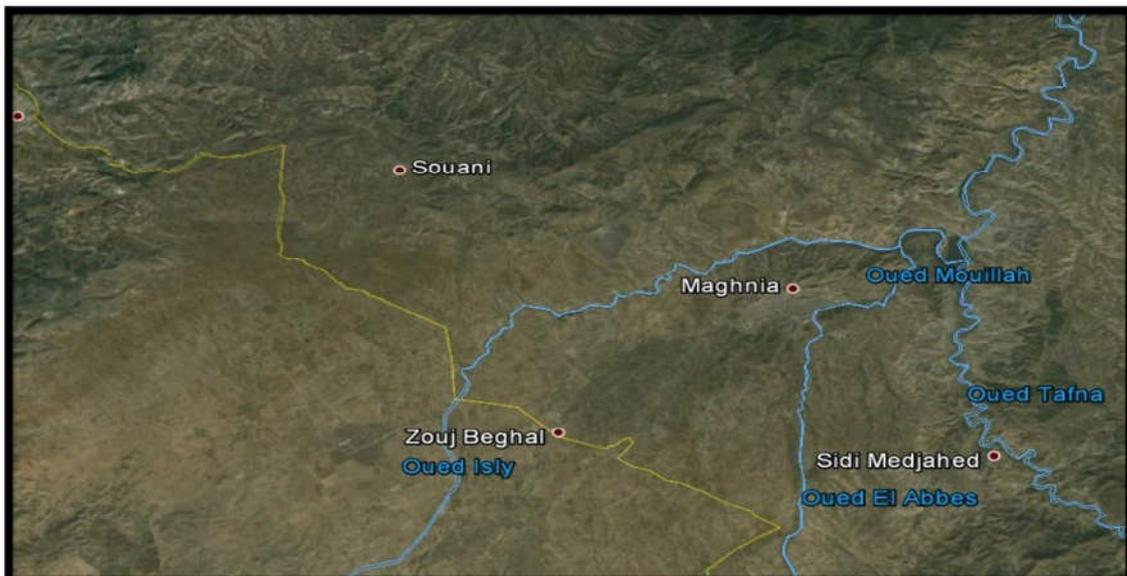


Figure 2.6: Le réseau hydrographique de plaine de Maghnia [6].

# Présentation de la plaine de Maghnia

---

## 2 La description de la production en eau :

### 2.1 Les ressources en eau de Maghnia :

#### 2.1.1 *Les ressources superficielles:*

Ce terme englobe toutes les eaux circulant ou stockées à la surface, ces eaux, proviennent surtout des pluies. Elles peuvent se retrouver stockées en réserves naturelles (lacs) ou artificielles (retenues, barrages, dessalement des eaux de mer), caractérisées par une surface qui dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours. La pollution est due surtout aux différents rejets, qui rendent ces eaux plus contaminées (rarement potables) (Khaladi A. et Amimer A., 2011).

Actuellement, les eaux de surface sont largement utilisées vu les quantités considérables qu'elles fournissent, ces eaux nécessitent beaucoup d'infrastructures pour le transport jusqu'aux agglomérations (Khaladi A et Amimer A., 2011).

Les ressources en eaux superficielles dans la plaine de Maghnia sont essentiellement, représentées par les apports de l'oued Tafna qui constitue le cours d'eau principal dans la région, et les eaux de mer traitées par station de dessalement de Souk Tleta.

Les eaux de surface qui alimentent la plaine de Maghnia sont mobilisées par deux (02) barrages:

#### A. **Barrage de Béni Bahdel** :

Le barrage Béni Bahdel constitue le premier ouvrage (voute et barrage poids) réalisé dans le bassin de la Tafna puisqu'il date de la période 1934-1940. A l'origine, il était destiné à l'irrigation du périmètre de Maghnia. L'ouvrage construit en béton avait une capacité initiale de 63Mm<sup>3</sup>. Il devait régulariser un volume annuel de 74 Mm<sup>3</sup>. Le bassin versant correspondant a une superficie de 1016 Km<sup>2</sup> et la pluviométrie moyenne annuelle est de 484mm (Adjim H., 2004).

## Présentation de la plaine de Maghnia

---



**Figure 2.7:** barrage Beni Bahdel (Photos Draou S., 2013).

### ***B. Barrage Hammam Boughrara:***

Le barrage de Hammam Boughrara dont la mise en eau s'est effectuée le 12 novembre 1998 a une capacité de  $177 \text{ Mm}^3$  et régularise un volume de  $59 \text{ Mm}^3$  pour une pluviométrie moyenne annuelle de 272 mm, un apport moyen annuel de  $84 \text{ Mm}^3$  pour un bassin versant de  $4000 \text{ km}^2$ . Il est destiné principalement à la satisfaction des besoins en eau potable de la willaya d'Oran. Une partie est réservée au périmètre agricole de Maghnia, et actuellement alimente aussi les agglomérations de la plaine de Maghnia en eau potable en cas d'arrêt de la station de dessalement. (Adjim H., 2004).



**Figure 2.8:** Barrage Hamam Boughrara (Khaladi A., 2008).

# Présentation de la plaine de Maghnia

---

## C. Station de dessalement de Souk Tleta:

Ce projet de grande envergure inclut l'ingénierie, les fournitures, la construction, les travaux d'infrastructure nécessaires et la mise en service pour relier la station, d'une capacité de 200 000 m<sup>3</sup>/jour, aux différents réseaux d'approvisionnement en eau potable de la région ouest de Tlemcen, cette station est actuellement la ressource principale d'AEP des agglomérations de la plaine de Maghnia [1].

### **2.1.2 Ressource souterraines:**

Les eaux souterraines restent jusqu'à présent les meilleures ressources en eau potable, et elles constituent les plus grandes réserves d'eau dans la plupart des régions du monde. Elles proviennent d'eaux de pluie qui ruissellent plus ou moins avant de s'infiltrer dans le sol. Les eaux souterraines longtemps considérées comme pures et protégées par le sol contre les diverses activités humaines sont de nos jours souvent touchées par l'infiltration de multiples polluants à haut risque (Memento, 1989).

#### A. La nappe de Maghnia :

La nature géologique (Quaternaire récent et ancien) et ses dimensions géographiques (35 km<sup>2</sup>) lui confèrent une grande capacité de réserve en eau souterraine. Son niveau piézométrique se situe entre 10 à 20 mètres, alors que la puissance de l'aquifère est comprise entre 90 et 100 mètres, les estimations établies par l'étude hydrogéologique, évaluent le potentiel en eau à 14 Hm<sup>3</sup>/an, alors que le volume exploitable en période normale est de 7 Hm<sup>3</sup>/an. (Bonnet M., 1966)

Ces dernières années, la nappe de la plaine de Maghnia a vu une diminution de recharge par précipitation cause de la sécheresse. Par ailleurs, l'accroissement des besoins a nécessité l'augmentation des pompages (puits, forages) ce qui peut mener à un déséquilibre de la nappe.

L'inventaire fait par la subdivision d'hydraulique de Maghnia en 2011, montre que la plupart des puits et forages de la plaine de Maghnia sont destinés à l'irrigation.

La majorité des puits sont privés, de profondeur moyenne de 40 m. La majorité des puits ont une eau de bonne qualité physico-chimique mais il existe d'autres qui ont une mauvaise qualité bactériologiques à cause de présence des *Escherichia coli* et des Coliformes due à l'existence à proximité des sources de pollution (terrain irrigué par les eaux usées, point de rejet d'eau usée...etc.). Alors ils deviennent impropres à la consommation humaine. (Communication verbale du subdivisionnaire d'hydraulique de Maghnia).

## Présentation de la plaine de Maghnia

---

### 2.2 L'alimentation en eau potable dans la plaine de Maghnia :

La question de l'alimentation en eau potable de la plaine de Maghnia occupe actuellement une place prépondérante dans les préoccupations quotidiennes du citoyen et ce du fait de l'essor économique et social qu'elle a connu depuis ces deux dernières décennies et ses conséquences sur le développement urbain de la ville de Maghnia et sa banlieue (U.R.S.A., 2004).

Il est à rappeler, que la plaine Maghnia a été considérée pendant longtemps comme zone relativement potentielle en ressources (1975-1980). A cette époque une batterie composée de 17 forages reliés a deux stations de relevage (SRE et SRO) permettait de mobiliser un débit de 155 l/s, (12Hm<sup>3</sup>/an). Ces volumes exploités étaient répartis comme suit:

- Un débit de 15 l/s pour L'AEP de la ville de Maghnia (environ 35000 habitants) auxquels s'ajoutaient les puits et sources locales;
- 100 l/s étaient transférée vers le couloir de Ghazaouet - Bab El Assa - Nedroma - Marsat Ben Mhidi;
- 40l/s étaient réservés comme complément au périmètre irrigué de Maghnia (U.R.S.A., 2004).

Jusqu'a 1987/1998, la plaine de Maghnia puisait son eau potable par l'exploitation des eaux souterraines captées par une batterie de forages, en détournant une partie des eaux d'irrigation du périmètre destinés a l'AEP, soit 78,5 l/s (URSA., 2004).

A partir de 1990, l'effet de la sécheresse commençait a se manifester par l'épuisement des dernières réserves de la nappe. Les forages ne sont plus capables de pomper l'eau par l'effet de rabattement du niveau piézométrique. La rareté des ressources en eau superficielles a imposé l'exploitation intensive de ce qui reste de la ressource souterraine. Les services d'AEP ont enregistré une régression intensive du système de distribution, dans la mesure où le taux de satisfaction moyen n'était que de 31%.

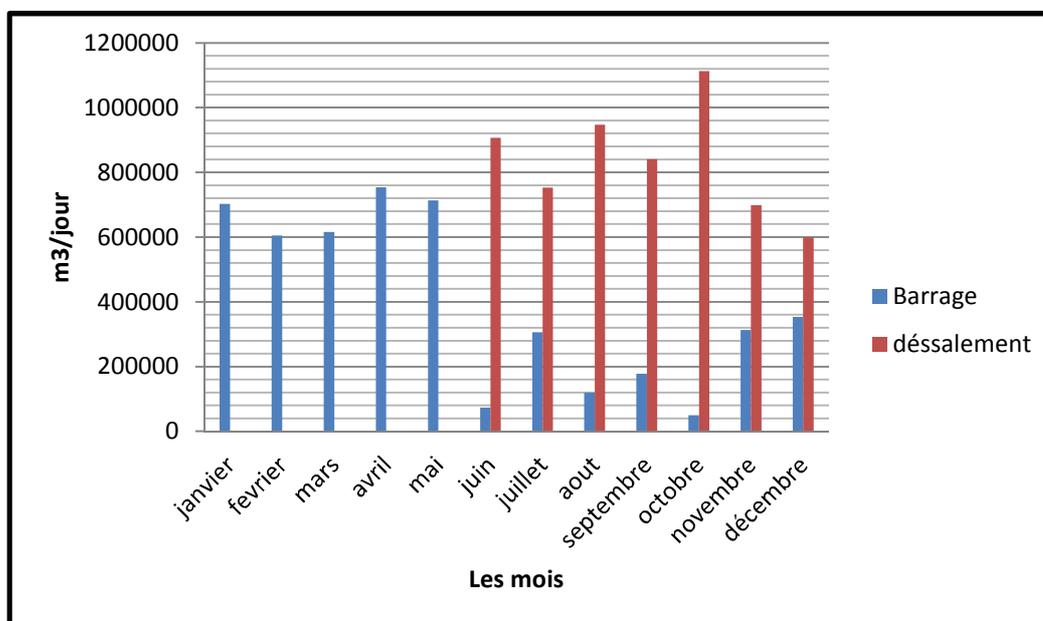
Durant la période 1998-2000, la plaine de Maghnia a connu des tensions les plus aigues dans son histoire de matière d'eau potable. Des restrictions ont atteint une distribution d'eau une fois tous les 20 jours. Cette situation a d'ailleurs, fait l'objet d'un débat en haut lieu (devant l'assemblée populaire nationale) (U.R.S.A., 2004).

En 2011 Tlemcen a profité du festival "Tlemcen, capitale de la culture islamique" pour mettre en service la station de dessalement de Souk Tlata. Située à une cinquantaine de kilomètres de Tlemcen, cette station, d'une capacité de 200000 m<sup>3</sup>, permettra l'alimentation en eau potable 330 000 habitants des agglomérations frontalières, alimente les agglomérations de la plaine de Maghnia avec des débits différents. (Communication verbale du chef de service d'AEP de la subdivision d'hydraulique de Maghnia).

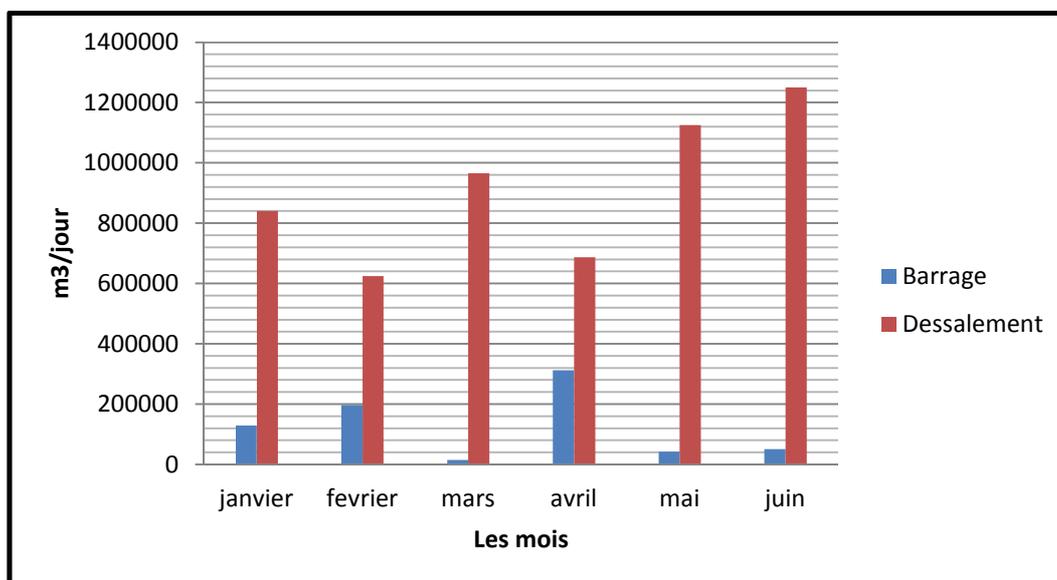
## Présentation de la plaine de Maghnia

Les ressources principales d'eau potable des agglomérations de la plaine de Maghnia sont actuellement, les eaux de dessalement de Souk Tlata et le barrage de Hamam Bouhrara (en cas où la station ne travail pas) (Anonyme (a), 2011).

Les figures suivantes (2.10 et 2.11) montrent les débits distribués par la station de Souk Tlata et le barrage de Hamam Bouhrara en 2011 et 2013.



**Figure 2.9:** Les débits distribués par la station de Souk Tlata et le barrage de Hamam Bouhrara en (m<sup>3</sup>/jour) en 2011 (Anonyme (a), 2011).



**Figure 2.10:** Les débits distribués par la station de Souk tlata et le barrage de Hamam Bouhrara en (m<sup>3</sup>/jour) en 2012 (Anonyme (a), 2011).

## Présentation de la plaine de Maghnia

Le tableau 2.2, reflète la situation de l'alimentation en eau potable à Maghnia en 2011, avec les taux de raccordement, de satisfaction et même les débits mobilisés en (m<sup>3</sup>/an) pour toutes les agglomérations de la plaine de Maghnia.

**Tableau 2.2:** Situation de l'alimentation en eau potable a Maghnia 2011 (Anonyme (b), 2011).

Nom d'agglomération	Population RGPH 2011	Dot THE (l/j/hab)	Linéaire du réseau de distributio n (ml)	Taux de raccordement %	Taux de satisfaction%	Eaux mobilisées (m <sup>3</sup> /an)
						Eaux superficielles
<b>MAGHНИЯ</b>	86335	220	95320	100	98,52	7424388
<b>BETTAIME</b>	4514	150	7625	81	63,36	423912
<b>M'SAMDA</b>	1846	150	4793	80	81,91	100956
<b>BEKHATA</b>	2483	150	9450	85	70,62	96000
<b>AKID LOTFI</b>	2099	150	2550	84	93,57	155520
<b>AKID ABBES</b>	2014	150	18846	64	90,67	136464
<b>LEGFAF</b>	734	150	6543	56	61,92	121536
<b>O/ CHAREF</b>	2203	150	12450	90	91,28	31104
<b>ZONE EPARSE</b>	9523	150	30195	31	92,27	28476

Mais malgré tous ces efforts il reste toujours des points noirs d'AEP dans la plaine de Maghnia ou il y a pas de réseau d'alimentation en eau potable (zone éparsé de Bekhata, zone éparsé de Messamda, O/Kadour, Legfaf- Est, Legfaf- Ouest, O/charef zone industrielle).

## Présentation de la plaine de Maghnia

---

### 3 L'irrigation dans la plaine de Maghnia :

#### 3.1 Le périmètre d'irrigation:

Le périmètre de Maghnia est situé à l'Ouest de la ville de Maghnia il est délimité par:

Au Nord par la route N 7 et la route secondaire de Maghnia a Sidi Mohamed, la limite de la zone industrielle.

A l'Est par chemin de fer Maghnia Tlemcen.

Au Sud par la route D 101 (Bazania-Zoudj Beghal) et la frontière Algero-marocaine.

A l'Ouest la route D63 de la frontière à la RN7.

Le périmètre a été mis en eau en 1974, la superficie classée était de 5280 Ha, la superficie irrigable de 4250 Ha et la superficie équipée est de 5138 Ha.

A l'origine l'exploitation du périmètre a été confiée à la subdivision de l'hydraulique de Maghnia, puis en 1988 l'O.P.I. (office du périmètre irrigué) de la wilaya de Tlemcen a été créé qui a repris l'exploitation (B.R.L.I., N.E.E. et S.C.E.T., 2009).

#### 3.1.1 La ressource en eau du périmètre d'irrigation:

Le projet a été élaboré sur les hypothèses théoriques de ressource en eau annuelle suivantes:

- 19,5 Hm<sup>3</sup>/an, prélevés à partir du barrage Beni Bahdel;
- 04,6 Hm<sup>3</sup>/an, transférés à partir du pris de Kef;
- 05,0 Hm<sup>3</sup>/an, pompés à partir de la nappe de Maghnia;

Soit un total de 29,1 Hm<sup>3</sup>/an, qui correspond à une dotation moyenne de 6000 m<sup>3</sup>/Ha/an pour une superficie irrigable nette de 4250 Ha. Cette dotation, bien qu'elle apparait meilleur que celle allouée par le passé, mais elle reste insuffisante pour les besoins des cultures industrielles (Tournesol et Mais). Le déficit est composé par le nouveau système d'arrosage par aspersion mis en place (Tableau 2.3) qui est le plus utilisé dans la plaine de Maghnia et assure une économie de l'eau appréciable (B.R.L.I., N.E.E. et S.C.E.T., 2009).

## Présentation de la plaine de Maghnia

**Tableau 2.3:** Les types d'irrigation dans la plaine de Maghnia (Anonyme (a), 2013)

Type d'irrigation	Surface irriguée (Ha)	Le taux %	Cultures irriguées
Asperssion	3777	55	maraichage et céréaliculture
Goute a goutte	1843	28	Vigne de table, maraichage
Gravitaire	1192	17	Maraichage, vigne de table

### 3.1.2 Observations:

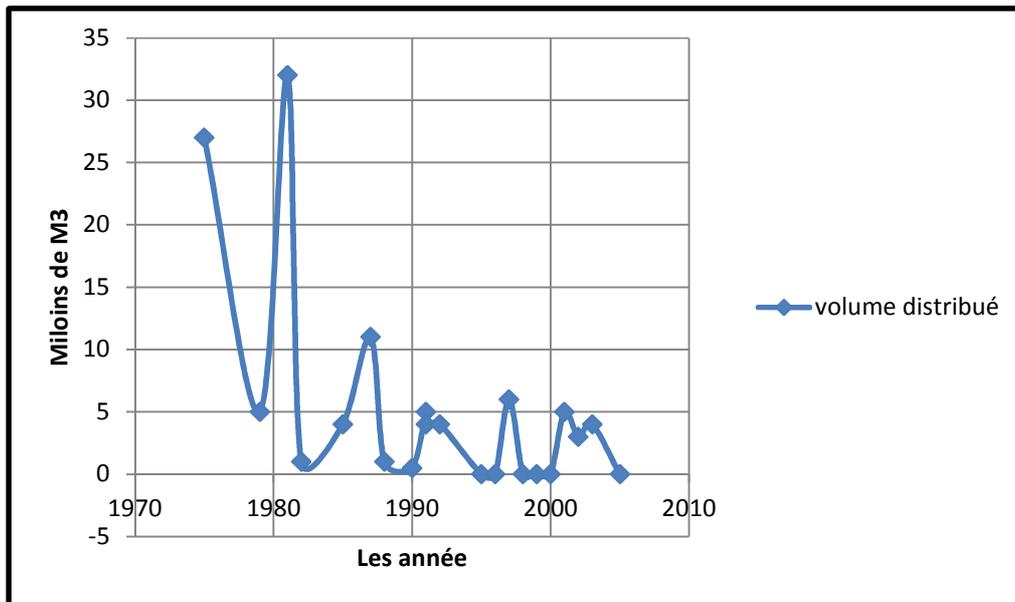
- ✓ Des fluctuations importantes sont observée dans les volumes alloués variant de 32 Hm durant l'année (1980-1981) à 0Hm entre (1993-1999); (exceptée l'année (1995-1996) ou il a eu 6,00 Hm).
- ✓ SRE (station de relevage Est): l'une des deux stations de pompage (l'autre dite SRO) rassemblant 17 forages dont 11 sont à sec Depuis 1995 ces deux stations sont affectées à partir à l'AEP.
- ✓ Le rendement du périmètre sont calculés par le rapport entre la superficie irriguée chaque année et la superficie équipée (4 250 Ha) il ressort que ce rendement n'a jamais atteint les 100% même dans ses débutes en dehors de la période de sécheresse Cependant les meilleurs résultats ont été obtenus durant la première campagne agricole de son existence (1994-1995) avec 70% et l'année 1980-1981 avec 80%.

### 3.1.3 Les problèmes du périmètre:

Il ya trois principaux problèmes concernant le périmètre:

- ✓ Insuffisance de la ressource en eau répondant aux besoins des cultures du à une multitude de causes particulièrement la sécheresse;
- ✓ Mitage des terres irriguées par une urbanisation illicite sur la périphérie immédiates de la ville de Maghnia;
- ✓ Intégration des productions du périmètre avec les unités industrielle en place en vue de lui donner un encrage dans le développement économique de la commune.

## Présentation de la plaine de Maghnia



**Figure 2.11:** Les volumes distribués pour le périmètre d'irrigation (1970-2005)  
(B.R.L.I., N.E.E. et S.C.E.T., 2009).

La figure ci-dessus explique le problème de manque d'eau, remarquant que en 1982 la distribution d'eau d'irrigation dans le réseau a reconnu une chute importante, a cause de sécheresse, l'eau distribué est diminuée environ de (30 million de M<sup>3</sup>).

Le réseau collectif ne satisfait pas la demande en eau permettant le maintien des cultures irriguées à un niveau élevé. Les forages privés se substituent partiellement à la ressource de réseau collectif et ont permis le maintien du verger d'agrumes. Cependant cette situation est précaire car la nappe est surexploitée et son niveau a baissé depuis 30 ans, les forages du réseau collectif se sont asséchés et les forages privés non autorisés ne permettent pas la maîtrise de l'évolution de cette nappe (B.R.L.I., N.E.E. et S.C.E.T., 2009).

### 3.1.4 Le Projet d'Extension:

La planification hydraulique à l'échelle national ont envisagé depuis les années 80 à des grands travaux hydraulique ayant comme objectif l'Extension du périmètre irrigué de MAGHNIA sur une superficie de 2 800 Ha certains ouvrages sont achevés tels que :

- ✓ La Réserve de SOUANI pour le stockage de 13 Ha;
- ✓ Une adduction d'amenée d'une longueur 20 Km et d'un diamètre de 1250;
- ✓ La réalisation de sept (7) forages dans la plaine de ZRIGA;

## Présentation de la plaine de Maghnia

A l'heure actuelle ce projet est à l'arrêt voir même abandonné en essayant de revoir sa conception puisque les données hydrologiques du bassin de la haute TAFNA confirment l'impossibilité du transfert vers MAGHNA des volumes supplémentaires pire encore même les dotations initiales périmètre (23 Ha/an) ne sont desservies qu'à un niveau de 25 à 30% (B.R.L.I., N.E.E. et S.C.E.T., 2009).

### 3.2 Irrigation à partir des forages et puits:

La DHW dispose d'un inventaire des puits et forages dans la plaine de Maghnia, cette analyse est récapitulée dans le tableau suivant:

**Tableau 2.4:** Les surfaces irriguées par les forages et les puits (Anonyme (c), 2011).

	Nombre	Superficie irriguée	Débit	Culture	
				Arbo	C.M
Puits	199	313 ha	/	/	313 ha
Forage	241	2688 ha	90 l/s	1535 ha	1153 ha

Dans la plaine de Maghnia on a environ de 199 puits qui irriguent une superficie de 313 ha, spécialement pour la céréaliculture et les cultures maraichères. Et 241 forages utilisés pour irriguer 1535 ha de l'arboriculture et 1153 ha de céréaliculture et maraichage (Anonyme (c), 2011).

### 3.3 Irrigation par les eaux usées:

L'inventaire qui a fait le DHW sur l'irrigation par les eaux usées dans la plaine de Maghnia a récapitulé les informations mentionnées dans le tableau ci-dessous: (Anonyme (d), 2011).

## Présentation de la plaine de Maghnia

**Tableau 2.5:** Les surfaces irriguées par les eau usées (Anonyme (d), 2011).

	Superficie irriguée	Cultures	
		Arbo	C.M
<b>Oued Ouredefou</b>	87 ha	17 ha	70 ha
<b>Oued Mouileh</b>	120 ha	40 ha	76 ha

Même si l'irrigation par des eaux usées est interdite dans notre pays mais c'est seulement sur le papier car les contrôles ne sont jamais effectués (Communication verbale avec le chef de service d'assainissement de subdivision d'hydraulique de maghnia).

En effet, dans la plaine de Maghnia il y a deux zones agricoles principales irriguées par les eaux usées:

- Nord- Est de la plaine (Oued Ouredefou), avec une superficie de 87 ha;
- Nord-Ouest (Oued Mouileh), avec une superficie de 120 ha;

Ces eaux des Oueds souvent contaminées chimiquement et biologiquement, sont la principale ressource d'eau pour les agriculteurs (voir Figure 2.12); qui approvisionnent les citoyens avec leurs produits. Ces eaux non traitées présentent à la fois une ressource et un risque sanitaire et environnemental (Anonyme (d), 2011).

## Présentation de la plaine de Maghnia



**Figure 2.12:** Pompage des eaux usées à partir de Oued Ourdefou pour l'irrigation (Photo Draou S., 2013).

### 3.3.1 *Impact sur les eaux souterraines:*

La pollution liée aux activités agricoles a continué de prendre de l'ampleur et elle est devenue une des principales sources de polluants qui affectent les cours d'eau et la santé humaine. Tout d'abord la pollution du sol est lié essentiellement a l'utilisation excessive des produits phytosanitaires, d'engrais, à l'épandage de boues industrielles et à l'irrigation par les eaux usées industrielles et municipales. À l'origine de la dégradation de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines, on trouve l'utilisation irrationnelle des fertilisants et des pesticides. Cette gestion déficiente des engrais et des pratiques culturales entraîne la migration de plusieurs contaminants, tels que les nitrates, les micro-organismes et les pesticides vers les sources d'eau potable. Aujourd'hui, ces contaminants sont détectés dans la plupart des eaux potables situées en région agricole. En fin selon le degré et le temps d'exposition, les contaminants d'origine agricole constituent des risques pour la santé humaine qui vont d'une simple gastro-entérite a l'apparition de plusieurs cancers. En outre, l'écoulement des eaux usées le long des réseaux hydrographiques a engendré une infiltration de ces dernières avec pour conséquence une contamination bactériologique de nappes souterraines. La persistance de la sécheresse au niveau de la plaine de Maghnia a conduit à une énorme utilisation des eaux des Oueds. Ces eaux polluées et contaminées accentuent les risques d'apparition de maladies à transmission hydrique.

## Présentation de la plaine de Maghnia

---



**Figure 2.13:** L'utilisation des eaux usées en irrigation (Photo Draou S., 2013).

## 4 L'état d'assainissement dans la plaine de Maghnia:

### 4.1 Caractéristiques des réseaux d'assainissement:

#### 4.1.1 Agglomération de Maghnia:

L'agglomération de Maghnia est de 86335 habitants (en 2011). Sa dotation en AEP est de 220 l/j/ha. Elle est équipée d'un réseau d'assainissement mixte, parfois unitaire ou séparatif et l'évacuation de ses effluents domestiques ne présente aucune difficulté en raison de la déclivité naturelle suffisante. Les eaux usées sont drainées jusqu'à la station d'épuration de Maghnia. Le taux de raccordement au réseau d'assainissement est évalué à 96%, les rejets non raccordés sont de 8% du total, les points noirs d'assainissement (Chetab, Hamri, C. Omar Ouest, O. Bensabar), continuent à se déverser dans Oued Ouredefou ( les figures ci dessous expliquent l'état catastrophique du réseau d'assainissement certaines zones). Les eaux pluviales qui rejoignent les réseaux unitaires sont drainées vers le même Oued (subdivision d'hydraulique de Maghnia 2011) (Anonyme (b) , 2011).

#### 4.1.2 Agglomération Betaim:

L'agglomération de Betaim (4514 habitants, et une dotation de 150 l/j/ha) est équipée d'un réseau unitaire, ce réseau d'assainissement est de 9680 ml, et un taux de raccordement de 97%, collecte les eaux usées et pluviales vers Oued Mouilah. Et

## Présentation de la plaine de Maghnia

---

pendant la sortie sur terrain on a trouvé des fausses non contrôlées et illégales dans les maisons éparses (Nord- Est) ou il y a pas un réseau d'assainissement, ces fausses présentent un très grand facteur de pollution (Anonyme (b), 2011).

### **4.1.3 Agglomération Mesamda:**

L'agglomération de Messamda (1846 habitants, et une dotation de 150 l/j/ha) est équipée d'un réseau unitaire, ce réseau d'assainissement est de 6050 ml, et un taux de raccordement de 74% draine les eaux usées et pluviales vers Oued El Abess avec un débit de 181,440 m<sup>3</sup>/j. Les fausses non contrôlées et illégales dans les maisons éparses (Nord- Ouest) toujours présentes et avec un nombre plus élevé par rapport aux autres agglomérations (Anonyme (b), 2011).

### **4.1.4 Agglomération Akid Lotfi:**

L'agglomération d'Akid Lotfi (2099 habitants, et une dotation de 150 l/j/ha) est équipée d'un réseau unitaire. Le réseau d'assainissement est de 7942 ml, avec un taux de raccordement de 100%.c'est à dire toutes les eaux usées et pluviales de cet agglomération est drainées vers Oued Mouileh avec un débit de 235,676 m<sup>3</sup>/j (Anonyme (b), 2011).

### **4.1.5 Agglomération Akid Abess:**

L'agglomération d'Akid Abess (2014 habitants, et une dotation de 150 l/j/ha) est équipée d'un réseau unitaire. Le réseau d'assainissement est de 5255 ml, et le taux de raccordement est de 96%, draine les eaux usées et pluviales vers Oued Mehaguen avec un débit de 219,123 m<sup>3</sup>/j des eaux usées. Plus la présence des fausses non contrôlées dans la région (Anonyme (b), 2011).

### **4.1.6 Agglomération Lagfaf:**

La population de cette agglomération n'est pas vraiment importante (734 habitants, et une dotation de 150 l/j/ha), et son réseau d'assainissement est de 1589 ml collecte un débit de 54,540 m<sup>3</sup>/j des eaux usées, le taux de raccordement est de 80%. Les eaux usées et pluviales sont drainées vers Oued Ouredefou (Anonyme (b), 2011).

## Présentation de la plaine de Maghnia

---

### 4.1.7 Agglomération Ouled charef:

La population de cette agglomération n'est pas vraiment importante (734 habitants, et une dotation de 150 l/j/ha). Le taux de raccordement au réseau d'assainissement est évalué à 96%. Les eaux usées et pluviales sont drainées par un réseau d'assainissement unitaire jusqu'à la station d'épuration (Anonyme (b), 2011).



**Figure 2.14:** L'état catastrophique de réseau d'assainissement dans la plaine de Maghnia (Photos Draou S., 2013).

## Présentation de la plaine de Maghnia

---

### 4.2 Impact sur les eaux souterraines :

Les rejets d'eaux usées dans la plaine de Maghnia sont non contrôlés et se déversent directement en milieu récepteur constitué par le chevelu hydrographique existant à proximité des différents tissus urbains sans aucune réglementation ou protection du cadre de vie des habitants. Ainsi, une grande majorité des talwegs et d'oueds sont devenus des chenaux à ciel ouvert d'écoulement d'eaux usées. En plus, on constate que la qualité des eaux de ruissellement s'est fortement dégradée par une augmentation de la concentration en matière organique et le prolongement de la sécheresse. Même en période hivernale la capacité d'auto épuration des principaux oueds est considérablement réduite. Alors, ces eaux usées constituent un véritable danger pour la nappe phréatique et les ressources souterraines parce qu'elles sont trop chargées en matières organiques, des germes pathogènes et des métaux lourds provenant de la zones industrielles qui s'infiltrent dans les couches de sol et peuvent contaminer largement les forages et puits (privés) alimentant les populations. L'existence de fuites dans le réseau d'assainissement provoque une contamination des eaux souterraines. Ceci cause les maladies à transmission hydrique.

### 4.3 Station d'épuration:

La station d'épuration de Maghnia (Legfef) se situe, à 5 km au Nord Ouest de la ville permet de supporter toute l'urbanisation existante et projetée. Les eaux usées de même que les eaux domestiques de la région sont traitées et rejetées dans le milieu naturel.

La station était réalisée conformément aux normes universelles (boues activées) est mise en service en 2000, dimensionnée pour une capacité de 150000 équivalent-habitants (29400 m<sup>3</sup>/j) . Au niveau de cette même station, il existe des lits de séchage pour récupérer les boues. Ce produit, dérivé sera utilisé pour la fabrication des produits phytosanitaires et les engrais pour l'agriculture.

Enfin, sur le plan de l'économie de l'eau, la STEP de Maghnia est programmée pour recycler 6 Hm<sup>3</sup>/an, Ce volume supplémentaire devrait soit rejoindre le barrage de Hamam Boughrara et augmente son débit régularisé, soit transférer vers le périmètre irrigué de Maghnia.

La station d'épuration de Legfef n'est pas la première station dans la plaine de Maghnia, la première a été réalisée au niveau de l'agglomération frontalière de Akid Lotfi, de capacité réduite. Cette mini-station, inaugurée au même moment que le village socialiste en 1978, devait épurer les eaux usées de centre frontalier, sa programmation se justifie d'une part, par l'absence d'émissaire naturel (Oued), et d'autre part, du fait de la position géostratégique à proximité du plus important poste frontalier Algéro-

## Présentation de la plaine de Maghnia

---

Marocain. Malheureusement, cette station est l'arrêt et nécessite une rénovation de ses organes (U.R.S.A., 2004).

### 5 L'occupation du sol dans la plaine de Maghnia:

#### 5.1 Infrastructure de développement :

##### 5.1.1 *Les déchets ménagers :*

Les déchets solides urbains constituent un problème majeur pour la santé humaine et surtout sur le plan environnemental. Ils sont liés en grande partie, à la forte concentration des populations, aux activités industrielles et à une urbanisation rapide et incontrôlée (Errahoui F. et Souiki M.I., 2004). A cause de ce dernier, on aura généré une multiplication des déchets dites « décharges sauvages». En Algérie, la plupart des décharges actuelles peuvent être classées comme décharges sauvages à ciel ouvert avec la quasi-inexistence des décharges contrôlées (Bouchikhi T.Z. et Hassaine K., 2006).

##### 5.1.2 *La décharge sauvage de Maghnia:*

###### *a-Présentation:*

Dans la commune de Maghnia, les déchets ménagers domestiques réduits mais très dense, sont évalués à près de 44640 tonnes/an (Direction d'environnement., 2012), avec une moyenne de 372 tonnes chaque trois jours transférées vers la décharge publique de Chiguer, c'est le lieu d'entreposage de ces déchets localisé à 2,5 Km de la ville de Maghnia, en direction de Hammam Chigueur. Il occupe la périphérie d'une zone forestière. Limitée au nord par Oued Mouillah et le reste de son pourtour par des pins d'Alep. C'est en fait, le seul espace boisé de la commune qui puisse répondre à cette fonction.

Le seul traitement environnemental appliqué actuellement est celui de brûler les déchets afin de contribuer à l'élimination de certaines nuisances (odeurs des gaz dues à la fermentation, insectes et rongeurs nuisibles, récupération d'espace...) (URSA., 2004).

Le manque d'entretien a conduit souvent à la fermeture des bains de Hammam Chiguer pour la pollution de leurs eaux en raison de l'existence d'une décharge périphérique sauvage non contrôlée. La décharge publique Chiguer contient les rejets industriels, les rejets d'abattoir et la tuerie avicole au niveau de village Bekhata, et même les déchets hospitaliers provenant des unités médicales contiennent différents déchets tels que: les déchets infectieux, toxiques, et anatomiques. (malgré la présence

## Présentation de la plaine de Maghnia

---

d'un incinérateur au niveau de l'hôpital de Maghnia qui n'est pas utilisé pour des raisons économiques).

La direction de l'environnement de Tlemcen a confirmé qu'un centre d'enfouissement technique (CET) sera prochainement mis en service dans la région de Maghnia. C'est la seule solution qui mettra une fin aux problèmes des décharges sauvages à Maghnia et Hammam Boughrara (Communication verbale du chef de service de l'environnement, APC de Maghnia).

### ***b-Impact de la décharge sauvage sur les eaux souterraines:***

La décharge sauvage est devenue une des principales causes d'altération de l'environnement et de la pollution des sols, des eaux et de l'air car La fermentation des déchets produit du méthane qui est un gaz à effet de serre très puissant, contribuant au réchauffement climatique, et même les incendies des décharges sauvages libèrent des gaz toxiques. Dans ce qui suit nous nous sommes intéressés à l'impact sur les ressources souterraines.

En effet elles polluent les cours d'eau et les nappes souterraines (notamment en raison du ruissellement de la pluie sur les déchets). La contamination dépend de la hauteur des déchets, la nature et la qualité des déchets, la surface exploitée et l'âge des déchets ...etc (Aina M.P., 2006).

On a pu constater que la décharge de Chiguer influence négativement sur les ressources souterraines existante dans la plaine de Maghnia parce que :

- Elle pollue le sol et à long terme devient nuisible à la qualité de l'eau souterraines.
- Elle était implantée proche des cours d'eau et particulièrement Oued Mouileh.
- Elle est proche d'un captage (source) ; on peut voir le risque de capté des eaux souterraines contaminé par les germes pathogène et les métaux lourds ...etc.

Alors la décharge de Chiguer menace la santé des citoyens qui utilisent cette source et même les curistes de Hammam Chiguer.

### ***5.1.3 Les déchets encombrants (poubelle):***

Les habitants de Maghnia souffrent de problèmes des déchets encombrants qui deviennent généralement un dépotoir. On a observé que le comportement des habitants face aux déchets qui se trouvent dans leur rue ou dans leur quartier se résume comme suit :

Chaque ménage jette ses ordures à sa convenance, et sans aucune disposition de tri sélectif par exemple : la nourriture, le verre, le papier et du linge usagé. Les

## Présentation de la plaine de Maghnia

déchets sont déposés à l'extérieur soit dans des bacs ou des bennes placés par la commune ou à l'entrée de la rue ou déposés à proximité de la maison. Enfin, les contenants débordent, les déchets sont abandonnés à même le sol qui cause la prolifération des mouches, des rongeurs, des chats et des chiens.

En effet, la collecte des ordures au niveau des ménages est assurée par l'APC chaque jour sauf le vendredi. Toutefois, plusieurs problèmes persistent :

- L'absence de respect d'un horaire strict pour le ramassage des ordures ménagères, et manque des engins.
- Les bacs et bennes mis en place sont insalubres (pas de nettoyage)
- La zone d'entreposage représente une zone de grande insalubrité à cause d'un mauvais ramassage des ordures
- Le manque de la sensibilisation et l'éducation environnementale de la gestion des déchets assurée par l'APC.



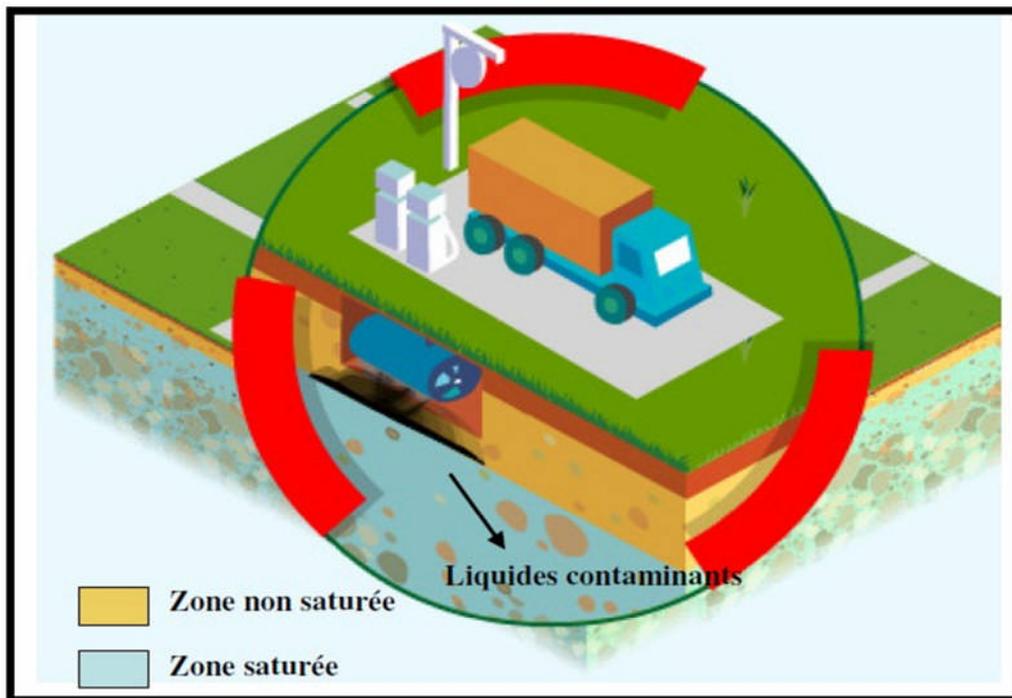
**Figure 2.15:** L'encombrement des poubelles dans la plaine de Maghnia (photos Draou S., 2013).

## Présentation de la plaine de Maghnia

### 5.1.4 Les stations service:

#### 5.1.4.1 Présentation:

Les stations-service sont l'un des foyers de pollution dans le milieu urbain (La figure 2.16). L'exploitation de ce type d'activité représente une source potentielle de nuisances (trafic, bruit, pollution atmosphérique, pollution du sol et des eaux) direct, mais aussi pour l'environnement en général. Mais la contamination des sols ainsi que les eaux souterraines par les carburants constitue un des risques majeurs pour l'environnement. Donc, il faut faire une approche sur l'évaluation des risques [2].



**Figure 2.16:** La saturation des sols par les hydrocarbures. [2]

La présence de polluants n'est pas le seul facteur relevant dans la problématique de la pollution des sols, il faut qu'ils puissent être mobiles et avoir un effet sur quelqu'un ou quelque chose (homme, eaux souterraines, écosystèmes, ...). En outre, la migration des polluants induit également une extension des zones polluées. Dans le cas des stations-service, l'origine de la pollution provient des mauvaises habitudes telles que le déversement d'hydrocarbure lors du remplissage des stockages de la station ou de la distribution de carburant, soit des corrosions des cuves enterrées ou des fuites des canalisations. Ensuite, les ruissellements vont provoquer le déplacement des polluants, qui peuvent contaminer ainsi la couche supérieure ou inférieure du sol et atteindre dans certains cas les nappes souterraines, ou les entraîner dans les rivières.

## Présentation de la plaine de Maghnia

---

Dans le cas des fuites des carburants des cuves et canalisations, les polluants vont rejoindre plus facilement les nappes souterraines étant donné que ces installations se trouvent déjà enterrées dans les sols.[2]

Dans le milieu souterrain, l'évolution des polluants est très lente, comparativement à ce qui se passe en surface. Il s'écoule des mois, des années, ou même des dizaines d'années, entre le début de la pollution et sa mise en évidence. Les volumes infiltrés peuvent donc être très importants. Le milieu souterrain intègre successivement tous les événements polluants, et les nuisances peuvent se maintenir très longtemps après le tarissement des sources de pollution.

Le temps de transfert d'un polluant hydrocarbure à la nappe varie de quelques heures à quelques jours, à plusieurs années. Il dépend principalement de:

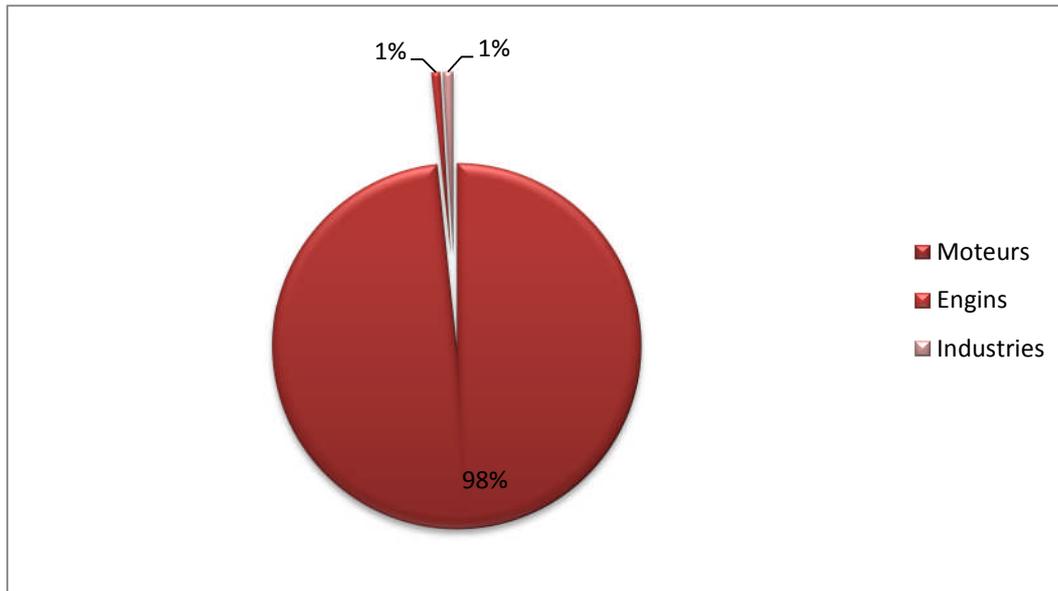
- l'épaisseur de la zone non saturée, c'est à dire la profondeur de la surface piézométrique.
- la perméabilité du réservoir (fissuration) ou le pouvoir de filtration
- les caractères du polluant [3].

Les stations de services génèrent beaucoup des huiles usées des véhiculés

(vidanges et lavages). Ces huiles sont stockées soit dans des cuves soit dans des barils qui peuvent être récupéré par Naftal. Ce dernier a même récupéré les huiles usées stockées de quelques stations de lavage qui peuvent se trouver dans des stations de service ou dans des stations privés (communication verbale du chef de service de la direction des énergies et des mines. La figure 2.17 montre la quantité d'huiles usagées des moteurs, des engins et même les huiles industrielles avec un total annuel de 155228 l/an dans la plaine de Maghnia (ABAK., 2007).

Par contre, les eaux de lavage des véhicules sont déversées dans le réseau urbain d'eaux usées et comme nous avons dit dans l'état d'assainissement dans la zone d'étude, le type de réseau d'assainissement est unitaire. C'est-à-dire les eaux usées se mélange avec les eaux de lavage qui peuvent contenir des graisses, des huiles et des carburants. Ces derniers sont très nocifs et nuisible pour la santé humaine s'il va avoir un contact entre le réseau d'assainissement et le réseau d'AEP et pour l'environnement globalement et les eaux souterraines particulièrement.

## Présentation de la plaine de Maghnia



**Figure 2.17:** Les quantités d'huile usagée générées à travers la plaine de Maghnia par an. (A.B.A.K., 2007).

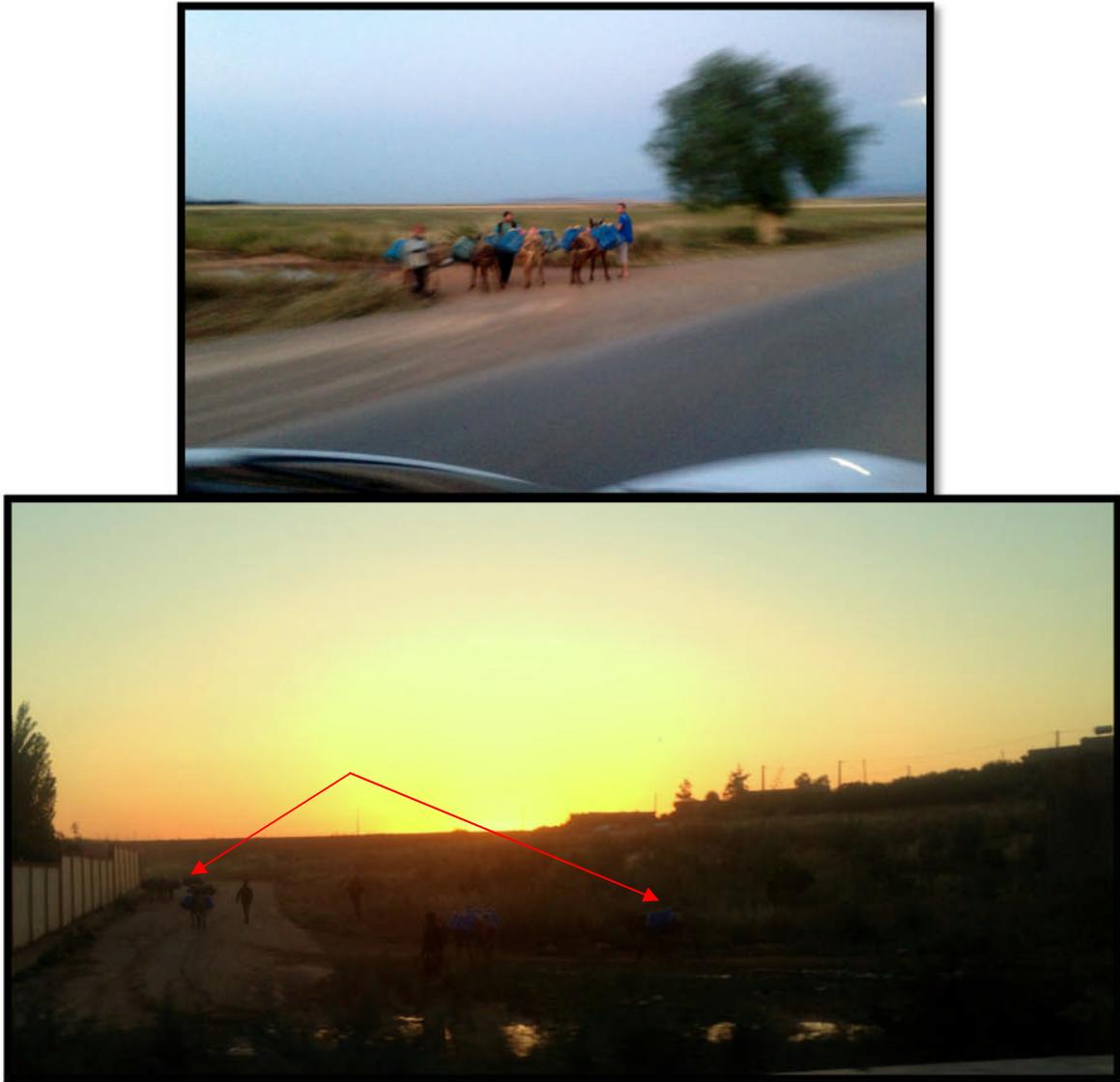
### 5.1.5 Le transport:

Le transport est à la fois une unité économique produisant un service et un vecteur de l'activité économique et sociale. Un système de transport efficace est un facteur déterminant dans toute politique de planification et d'aménagement du territoire. (Fellah H.S., 2012). La plaine de Maghnia dispose d'un réseau routier important. Maghnia est la dernière localité algérienne desservie par l'autoroute Est-Ouest à l'extrémité ouest du pays. La RN7 permet de rejoindre Tlemcen à l'est et Oujda au sud-ouest, la RN35 pour aller à Aïn Témouchent au nord-est, la RN99 au nord vers Ghazaouet, la W46 pour aller à Sebdou. Ce réseau relie les principales agglomérations de la plaine de Maghnia.

L'impact de ce réseau sur les eaux souterraines, dépend de la nature des marchandises transportées. A titre d'exemple nous citons le fléau de la contrebande des hydrocarbures dans notre région d'étude. car la quantité des hydrocarbures transportées est importante, (Les statistiques montrent que journalièrement plus de 600.000 L sont transportés vers le Maroc). Ce transport se fait en voitures, à dos d'ânes ou autre (Figure 2.18). Les routes concernées par ce trafic sont la RN35, RN7 et RN99. Les déversements de ces hydrocarbures peuvent se faire à n'importe quel moment et n'importe où (Figure 2.19). Ce qui rend le risque de pollution de la nappe plus important.

## Présentation de la plaine de Maghnia

---



**Figure 2.18:** La contrebande de Mazout à la frontière Algéro-Marocaine (photos Draou S., 2013)

## Présentation de la plaine de Maghnia

---



**Figure2.19:** Le déversement des hydrocarbures de contrebande (Photo Draou S., 2013).

Par contre, le réseau ferroviaire comporte deux lignes très exploitées qui ont été rouvertes en 2009, après une fermeture qui aura duré plus de dix ans en raison de la situation sécuritaire déplorable. Une ouverte uniquement au transport de marchandises (Tlemcen-Ghazaouet) et la deuxième pour les voyageurs venant d'Oran. Actuellement, différentes équipes techniques de la SNTF s'attellent à rétablir cette ligne [4].

Maghnia occupe une position stratégique et reçoit des visiteurs de toute la région, voire de tout le territoire national. Donc le transport des marchandises (Ghazaouet-Maghnia) a connu un accroissement important ces dernières années avec une moyenne annuelle de 184814 tonnes. Le nombre de voyageurs transportés a été de 6419 voyageurs en 2009 (Anonyme (a), 2010), à titre d'exemple.

L'impact de réseau ferroviaire sur la qualité des eaux souterraines est dû aux types des marchandises transportées et de leurs quantités. A titre d'exemple nous citons : les pesticides ou les produits chimiques. Alors, on prend en considération le risque d'accident. Par contre, pour le réseau routier leur impact est plus au moins élevés que le chemin de fer car il transport tout type de marchandise même les hydrocarbures.

# Présentation de la plaine de Maghnia

---

## 5.2 L'activité industrielle:

### 5.2.1 Les carrières:

Une carrière est un endroit d'où sont extraits des matériaux de construction : pierres, sable ou différents minéraux non métalliques ou carbonifères. Le chantier se fait à ciel ouvert généralement, notre site d'étude contient une seule carrière. Celle de (BENTAL ex ENOF).

#### 5.2.1.1 Présentation de la carrière:

BENTAL ex ENOF de 170 Ha, se situee près de la gare routière de Maghnia (cité Bilal), spécialisée dans la production de la terre décolorante et des boues de fonderie. Depuis sa date de mise en service 1990, elle rejette envions de 40tonnes/jour de particules d'argile en suspension dans les eaux usées, avec une eau à faible pH.

Par ailleurs, il est à noter que l'unité BENTAL utilise dans son processus de production: l'argile, le carbonate de calcium, l'acide sulfurique à 98%, le carbonate de sodium et de l'eau. En conséquence, on assiste a une forte concentration des rejets liquides en métaux lourds, ce qui leur confère une coloration blanchâtre à cause de l'eau gypseuse rejetée chargée en métaux précipités (URSA., 2004).

Un bassin de neutralisation et de précipitation de métaux lourd a été installé pour but de dépolluer les 2000 m<sup>3</sup> d'eaux chargées et de recycler un volume d'environ 600 m<sup>3</sup>, dont le fonctionnement variait selon la disponibilité de la chaux. Toutefois, la pollution reste toujours a cause de la forte concentration des métaux lourds, et le milieu naturel (Oued El Abess) est le récepteur principal (URSA., 2004).

#### 5.2.1.2 Impact sur le système hydrologique:

L'exploitation de carrière dépend de certain paramètre tel que : la surface de la carrière, le choix de site d'implantation, les années d'exploitations, l'existence d'aquifère et leur nature, la perméabilité du sol et la nature géologique de site lequel a des impacts véritable sur le système hydrogéologique. Ces impacts sont dus aux différents travaux d'exploitation de carrière:

- La circulation des engins sur les pistes.
- Les procédés de traitement comme le broyage-concassage (les appareils de broyage)
- Les tirs de mines sans réglementation et sans aucune mesure de protection de l'environnement.

## Présentation de la plaine de Maghnia

---

### 5.2.2 *Les rejets des unités industrielles:*

Le tissu industriel opérationnel de la commune de Maghnia traîne derrière lui une pollution hydrique des plus préoccupantes, au point où le barrage de Hammam Boughrara (à l'aval) est constamment exposé à l'obligation de la vidange forcée de ses eaux stockées (50 Hm<sup>3</sup>/an) par suite de la forte charge en éléments indésirable.

Cependant devant cette situation qui a prévalu durant ces dernières années et le grand tapage médiatiques des écologistes, les pouvoirs publics ont intensifié les démarches et mesures restrictives, allant jusqu'à la fermeture de certaines, unités industrielles, pour des courtes périodes, en vue de les obliger à se conformer aux normes réglementaires des rejets de leurs effluents hydriques dans les cours d'eau naturels (Oued Abbes et Oued Ouerdetfou).

En conséquence. il a été observé a nos jours un régression considérable de ce type de pollution, notamment par l'installation et la rénovation des équipements défectueux de certaines unités polluantes particulièrement la Maïserie de la Tafna (ex. ERIAD), (l'ENCG huilerie - savonnerie) et BENTAL (ex. ENOF) (URSA., 2004).

#### 5.2.2.1 *Les rejets de la Maïserie :*

Ayant démarrée ses activités en 1980, dans la production des dérivés du Mais (sirop de glucose, amidon, gluten, dextrine, huile de Mais et aliments fourragers de bétail), cette unité est réputée par ses rejets d'eau glutineuse. dont le traitement est très complexe.

Le débit moyen des rejets est évalué à 600 m<sup>3</sup>/jour d'eaux usées provenant du procès de production avec une forte charge polluante organique et chimique. Les principales composantes de cette pollution sont:

- L'acide sulfurique.
- L'amidon.
- Le gluten et
- Les particules en suspension.

Ces substances résultent du procédé de transformation utilisé (procès de fabrication, lavage du Mais à hautes températures et son transport à travers les circuits de production), utilisant une gamme variée de sous produits, tel que:

- L'eau sulfureuse à 0.2 % (SO<sub>2</sub>).
- Acide chlorhydrique (HCl).
- Carbonate de soude .

## Présentation de la plaine de Maghnia

---

- Bisulfite de Sodium.

En effet, les nuisances olfactives dues aux odeurs insupportables, qui attiraient l'attention des visiteurs à l'entrée de la ville de Maghnia (pont d'Oued Abbés) à couleur jaunâtre. Provenaient de la fermentation du Gluten et de l'Amidon.

En matière d'installation anti-pollution, l'unité dispose, certes, station de traitement par neutralisation nécessitant une rénovation et une adaptation de ses organes mais sa charge polluante reste potentiellement élevée. Cette forte pollution est due à la forte demande d'oxygène nécessaire à l'oxydation des matières organiques et chimiques. D'ailleurs, les analyses effectuées sur des échantillons prélevés au niveau du barrage de Hammam Boughrara confirment que ce sont les effluents de Maïserie qui sont responsables de la réduction du taux d'oxygène dans la retenue.

Après décantation primaire, les rejets rejoignent directement le lit de Oued Abess, d'ou la nécessité d'une station d'épuration aux normes requises, préalable atout déversement des eaux au milieu naturel (Oued Abess) (U.R.S.A., 2004).

### 5.2.2.2 *Les rejets de l'ENCG:*

Comme son nom l'indique, entreprise des corps gras. est responsable des rejets des huiles et graisses dans le lit de Oued Abbes, depuis Mai 1987. Elle rejette en moyenne 750 m<sup>3</sup>/jour d'eau chargée d'huiles brutes, soap stock, coprah, suif et glycerine. Ces rejets sont les résidus de l'activité de l'unité utilisant dans son procès de fabrication.

- Des huiles brutes de tournesol et colza.

- Des graisses animales et végétales.

- La soude (NaOH).

- Des acides phosphoriques (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>).

- Des sels (NaCl).

- Des chlorures ferriques.

- De l'eau.

Avec une grande capacité de production (3 chaînes), comprenant une Huilerie, une savonnerie et une conserverie (non encore opérationnelle), cette unité rejette à elle seule, une pollution de 30 450 Kg de DB05/jour (la norme autorisée est 40 mg/l), soit l'équivalente d'une ville de 560 000 équivalents – habitants (d'après l'A.N.R.H in U.R.S.A., 2004)

## Présentation de la plaine de Maghnia

---

Par ailleurs, le niveau d'équipement acquis en matière de dépollution se limitait au traitement physico-chimique des rejets (acidification floculation à la chaux). Les effluents industriels, débarrassés de leurs matières grasses furent rejetés dans le lit d'Oued sans traitement biologique et ce, jusqu' au Mois de janvier 2000.

Enfin, l'unité s'est lancée dans une réhabilitation sérieuse de son dispositif de dépollution, par la mise en place d'une station d'épuration physico-chimique, qui a permis d'améliorer la qualité d'une manière considérable. puisqu'on est passé d'un niveau de pollution de 560 000 équivalents - habitants à 3.4 000 équivalents - habitants, soit un rendement de 94% (U.R.S.A., 2004).

### 5.2.2.3 *Les rejets de CERTAF (ex.ECVO) :*

L'entreprise céramique de la Tafia (CERTAF ex. ECVO), est beaucoup moins polluante que les précédentes. en raison de la nature de ses produits et le processus de fabrication (vaisselles de table, porcelaine et Tuiles de décoration). Les matières premières utilisées sont essentiellement l'argile, le kaolin, du sable, de l'eau, des calcites, des dolomies, du plâtre, des colorants minéraux et du feldspath.

Elle rejette un débit d'environ 120 m<sup>3</sup>/jour, fortement chargé de minéraux avec des teneurs élevées au niveau son milieu récepteur (Oued Abbes) et ce malgré le dispositif épuratoire mis en place et inutilisable (U.R.S.A., 2004).

Nous pouvons relever que les unités ENCG et la maïserie sont fortement polluantes (DBO et DCO élevées), par contre les rejets liquides des unités ENOF et ECVO sont plus chargés en éléments minéraux toxiques (Fe, Al, Pb, Mg et chlorures). En somme, c'est l'environnement de la plaine de Maghnia qui reçoit la totalité cette pollution et justifie dans une certaine mesure sa réputation de la ville la plus exposée à la pollution hydrique de la wilaya (U.R.S.A., 2004).

### 5.2.2.4 *Le cas de la pollution transfrontalière :*

Cette pollution est véhiculée par Oued Mouillah (Figure 2.20), provenant du Maroc et servant comme émissaire pour la ville d'Oujda. Il est caractérisé par son écoulement, estimé entre 100 à 150 l/s, en période d'étiage, indiquant une pollution organique assez élevée ainsi que la présence des métaux lourds toxiques analysés (d'après l'ANRH).

Notons que cette situation risque de s'amplifier dans l'avenir, puisqu'il est sous entendu que cette ville marocaine est en cours de renforcer les travaux de réhabilitation de son réseau d'assainissement, ce qui va porter le débit véhiculé par l'Oued à environ 500 l/s.

## Présentation de la plaine de Maghnia

---

Il s'agit donc d'un problème de pollution transfrontalière ou l'information est aléatoire mais les conséquences sont réelles sur l'espace communal de Maghnia et particulièrement ses ressources en eaux superficielles et souterraines.

Dans le cadre des aménagements hydrauliques à l'échelle régionale est prévue la mise en place d'une station d'épuration sur Oued Mouillah, en vue de l'exploitation de ces eaux à des fins agricoles, ce qui contribuera à l'élimination de cette source de pollution. Le projet en question est calqué sur le même modèle de la STEP de Maghnia et sera raccordé à la Réserve de Souani, pour son stockage (U.R.S.A., 2004).



**Figure 2.20:** Oued Mouileh près de la frontière Algéro-Marocaine (photo Draou S., 2013)

## Présentation de la plaine de Maghnia

---

### 5.2.3 Les déchets de la STEP :

#### 5.2.3.1 Présentation :

Dans la plaine de Maghnia, on trouve une seule STEP de Legfef qui prend en charge les différents rejets d'eau usées domestique de l'agglomération de la ville de Maghnia. Elle est gérée et exploitée actuellement par l'Office National de l'Assainissement (ONA).

Cette station génère des boues liquides comme déchets qui doivent subir des traitements supplémentaires avant toute utilisation, afin de réduire leur teneur en eau et éliminer les mauvaises odeurs, etc. Ces boues sont constituées essentiellement d'eau, de sels minéraux et de matière organique. Elles contiennent de l'azote et du phosphore qui sont des éléments fertilisants pour les plantes.

Tout d'abord, les boues d'eaux épurées sont dirigées vers les lits de séchage à l'air libre. Après le séchage des boues, on trouve une aire de stockage laquelle contient ces boues séchées. On peut réutiliser ces derniers dans le domaine agricole car elles contiennent des éléments fertilisants et des oligo-éléments susceptibles de constituer un apport intéressant pour les sols de culture. Parfois les fellahs de la région viennent prendre ces boues pour les utiliser comme des engrais. Pourtant la plus part de temps, elles sont rejetées au milieu naturel sans aucune réutilisation pour l'épandage agricole. Donc, il faut une réglementation précise pour le recyclage et la réutilisation des boues d'eaux épurés car leur composition chimique (M.O et matière fertilisant) est meilleure que celle des engrais (Communication verbale avec la responsable de l'ONA à Maghnia).

#### 5.2.3.2 Impact sur les eaux souterraines:

La qualité des boues dépend en grande partie de celle des eaux usées dont elles sont issues. Cependant, elles peuvent également contenir des composés toxiques, en particulier des métaux lourds (mercure, plomb, cadmium, cuivre, zinc, nickel chrome), des éléments biologiques ou chimiques pouvant avoir un impact sur l'environnement ou la santé (Fellah H.S., 2012).

Tout d'abord, la STEP de Maghnia présente un danger de contamination de sol par les boues d'eaux épurées qui sont stockées dans l'aire de stockage sans négliger les lits de séchage. La pollution de sol a long terme et la nature du terrain de la zone peuvent provoquer une contamination des eaux souterraines par des éléments métalliques, toxiques et des germes pathogènes cumulatifs.

Les principales causes de contamination des eaux souterraines à partir de cette STEP sont :

- La pollution de sol par les éléments polluants.

## Présentation de la plaine de Maghnia

---

- Le curage de lit de séchage et l'aire de stockage des boues ne se fait pas périodiquement.
- Le risque de dysfonctionnement de la station qui donne une boue d'une mauvaise qualité.
- L'existence de point de captage d'eau potable près de la STEP.

Ces causes dégradent la qualité des eaux souterraines et la rendent impropre à la consommation humaine.

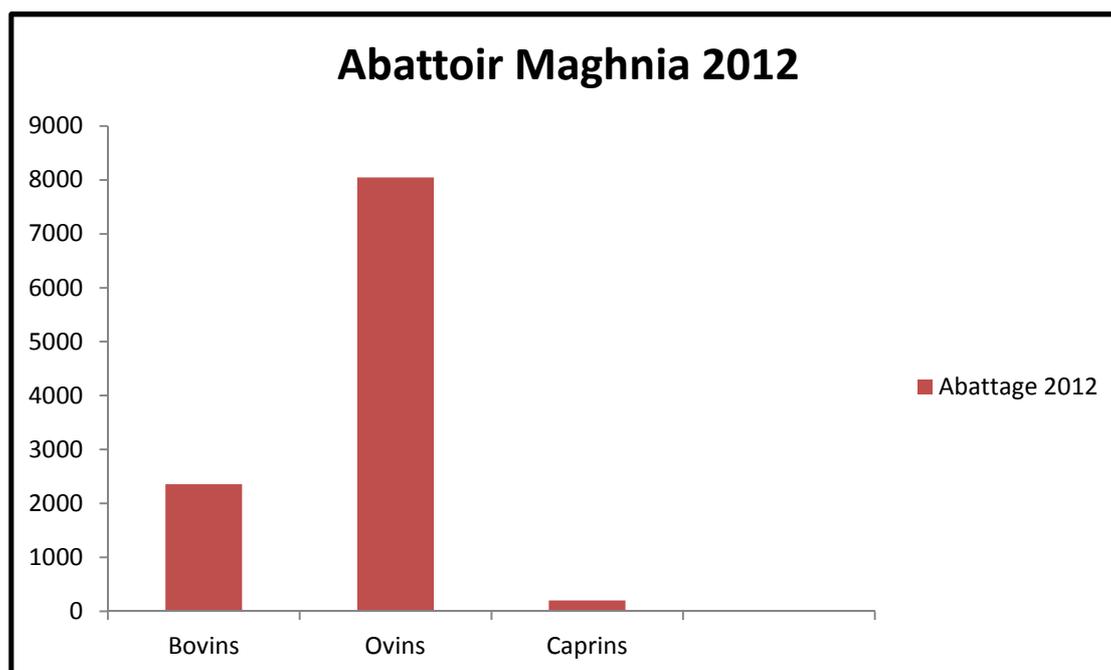
### 5.2.4 Les abattoirs:

L'abattoir est un établissement qui consomme beaucoup d'eau potable pour assurer l'hygiène des locaux et du produit de l'abattage. La consommation d'eau entraîne la formation d'un effluent qui devra subir un traitement de dépollution avant d'être rejeté dans le milieu extérieur. La dépollution des effluents est importante car souvent chargée en matière organique, les abattoirs dégagent souvent des odeurs nauséabondes qui empestent tout l'entourage. Mais les effluents des abattoirs dans notre pays sont rejetés directement dans le réseau urbain sans un traitement préalable. Ces eaux usées constituent une source de pollution de surface ou souterraine.

Elles peuvent être responsables d'un déséquilibre écologique irréversible ainsi que l'eutrophisation des eaux de surface ou après un long chemin d'infiltration qui contamine les eaux souterraines.

Dans la plaine de Maghnia on n'a qu'un seul abattoir (cité Bilel), bovins, ovins, caprins, et volaille, depuis 1975 avec un abattage important (Figure 2.21); Et une nouvelle tuerie avicole qui se situe dans le village Bekhata. Les eaux usées de ces deux établissements sont raccordées avec le réseau urbain vers la STEP, les déchets solides sont rejetés dans la décharge de Chiguer (Communication verbale du chef de l'abattoir de Maghnia., 2013).

## Présentation de la plaine de Maghnia



**Figure 2.21:** L'abattage en abattoir de Maghnia durant l'année 2012 (Anonyme(a), 2013).

### 5.3 Les activités agricoles:

#### 5.3.1 Les cultures:

La superficie agricole utile est de 78% de la superficie communale (29400 Ha), ce taux montre l'importance de la vocation agricole de la plaine et qui est justifié par ses reliefs plat et régulier, d'une superficie géographique de 17060 Ha. Son prolongement en territoire marocain, se fait sous le nom de la plaine des Angad (U.R.S.A., 2004).

La plaine de Maghnia est pauvre de coté des cultures arboricoles qui ne représentent que 4% de la superficie agricole utile, ce phénomène qui semble tout à fait irrégulier du fait de la réputation de Maghnia a travers ses divers produits fruitiers, s'explique par les aspects qualitatifs et non quantitatifs (U.R.S.A., 2004).

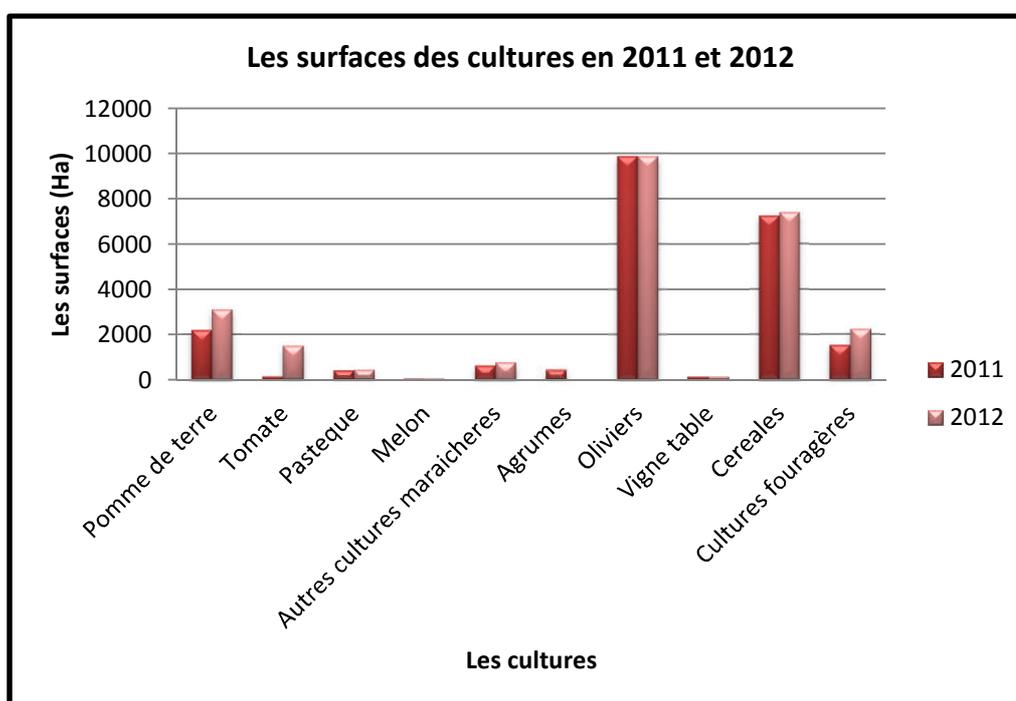
Il est aussi noté l'absence totale de la pratique des cultures sous serres, du essentiellement a la nature topographique des terres plates, ne disposant d'aucun abris contre les vents violents qui sévissent sur cette plaine.

Dans la répartition par groupe de spéculation, ce sont les céréales et le maraichage qui se partagent la surface, d'une manière sensiblement égale avec un léger avantage à la céréaliculture.

## Présentation de la plaine de Maghnia

Cependant, de point de vue valeur ajoutée, les culture maraichères sont plus imposantes quant à la qualité des produits mis sur le marché local et régional, voir national; par culture maraichère il faut sous entendre essentiellement la Pomme de Terre de consommation et de multiplication, dont la réputation dépassent de loin les limites de la wilaya ( Maghnia occupe la troisième place au niveau national en matière de production de la pomme de terre après Mascara et Ain Defla) (Figure2.23) (U.R.S.A.,2004).

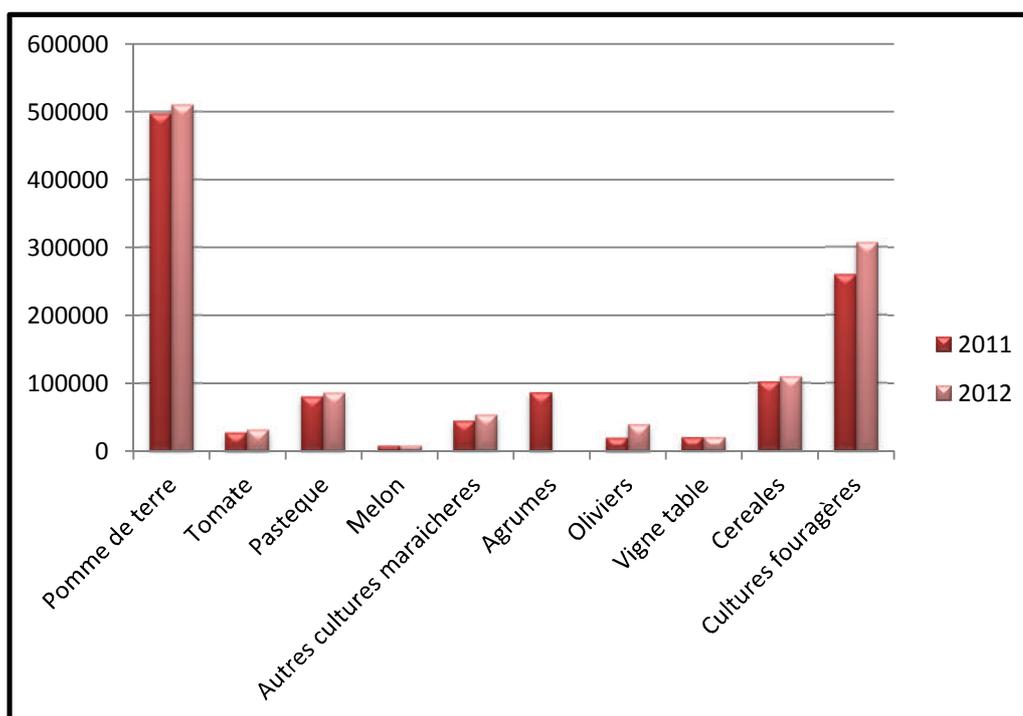
L'histogramme ci-dessous montre les surfaces occupées par les différentes cultures, remarquant que les oliviers et les céréales prennent les plus grandes surfaces, malgré le fait que la production de la pomme de terre (Figure 2.22), est importante.



**Figure 2.22:** Les surfaces utilisées pour les cultures (Anonyme (b), 2013).

## Présentation de la plaine de Maghnia

**Figure 2.23:** Le bilan de production des cultures (Anonyme (b), 2013).



La plaine de Maghnia connaît une surface et une activité agricole importante, et en raison de ses bonnes caractéristiques pédologiques s'étendant sur une superficie importante. Cependant vu ses faibles ressources hydriques, un système de transfert d'eau gravitaire a été fait (périmètre d'irrigation), mais malgré l'exploitation des forages et le périmètre d'irrigation, il y'avait toujours un manque d'eau a cause de la rareté des eaux superficielle et la sécheresse qui sevit dans la region depuis quelques années. Par conséquent, les agriculteurs ont corrigé ce manque par l'utilisation des eaux usées (Figure 2.24), déversées au niveau des Oueds, pour l'irrigation (Tableau 2.6). L'enquête menée par la subdivision d'hydraulique de Maghnia pour l'irrigation par des eaux usées a donné les résultats suivants :

**Tableau 2.6:** Irrigation à partir des Oueds dans la plaine de Maghnia

(Anonyme (d), 2011).

Nom d'Oued	Débit	Nombre de motopompe
Ouredefou (avant la STEP)	68l/s	07
Oued Mouileh	40 l/s	06

## Présentation de la plaine de Maghnia

---

**Figure 2.24:** Irrigation par les eaux de Oued Mouileh (Photo Draou S., 2013).



Les pesticides, les engrais et les herbicides sont des sources agricoles de contamination des eaux souterraines. Les sources agricoles de contamination sont nombreuses et variées: débordement des engrais et des pesticides pendant la manipulation, écoulement du chargement et lavage des pulvérisateurs de pesticide ou de tout autre équipement d'application, utilisation de produit chimique...etc. [5]. Une région agricole comme la plaine de Maghnia utilise beaucoup des Herbicides, Insecticides et les Fongicides et chaque type de culture a sa période précise d'utilisation des produits (comme montre le tableau suivant); dans notre pays ou il ya pas de control et d'étude de stockage; le stockage de produits chimiques agricoles près de conduits d'eaux souterraines, telles que les puits, restera toujours un moyen susceptible de s'accumuler et de provoquer une contamination. La contamination peut également se produire quand des produits chimiques sont stockés dans des secteurs découverts, non protégés du vent et de la pluie.

## Présentation de la plaine de Maghnia

**Tableau 2.7:** Périodes d'utilisation des pesticides (Anonyme (c), 2013)

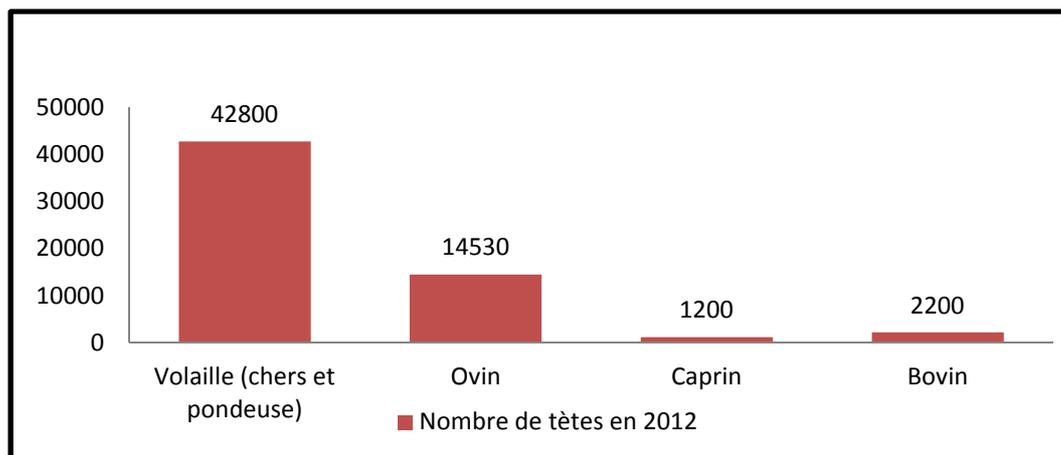
Mois  Cultures	Jan	Fev	Mar	Avri	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oc	No	De
<i>Pomme de terre de saison</i>		*	*	*	*							
<i>Pomme de terre arrière saison</i>								*	*	*	*	
<i>Tomate de saison</i>					*	*	*					
<i>Tomate arrière saison</i>								*	*	*	*	
<i>Pastèque et Melon</i>				*	*	*						
<i>Céréales</i>		*	*	*								
<i>Arbres fruitiers</i>			*	*	*	*				*	*	*
<i>Vigne de table</i>			*	*	*	*					*	*

### 5.4 L'élevage:

La plaine de Maghnia est une zone d'élevage, bovin, ovin et volaille, (Figure2.25) montre l'importance de cet élevage et le nombre de têtes dans la zone. Cette distinction représente la nécessité de la population aux viandes rouges ou blanches, les produits d'animaux (les œufs, le lait) et la production de peaux, de laine et de cuir.

Par contre, on ne peut pas localiser les zones d'élevage à cause de manque d'information au niveau de direction de DSA. Les seuls informations existantes est une étude statistique sur la totalité de productions, les nombres des animaux dans la plaine de Maghnia. Ainsi, les rejets issus de l'activité de l'élevage sont dirigés vers la décharge sauvage de Chiguer.

## Présentation de la plaine de Maghnia



**Figure2.25** : Les espèces ovine, bovine, caprine et poulet de chair et pondeuse dans la plaine de Maghnia (Anonyme (c), 2012).

## 6 Conclusion:

La composition et la qualité des eaux souterraines sont à l'origine liées à la nature géologique de la région. Dans le cadre de notre travail, nous avons choisi la plaine de Maghnia. Malheureusement celle-ci est dénaturée par les rejets directs dans le milieu naturel, les activités industrielles et surtout agricoles.

Ce chapitre a nécessité la collecte de plusieurs données concernant la plaine de Maghnia:

D'abord nous avons commencé par la géographie, la géologie, la démographie avec le taux d'accroissement et la population dans chaque agglomération, le climat avec tout ce qui concerne les températures et les pluviométries de cette dernière année, les principaux cours d'eau dans la plaine de Maghnia.

Ensuite, on a fait toute une description sur l'état de la production en eau potable avec toutes les ressources en eau dans la plaine de Maghnia, une étude de l'état d'assainissement dans la région avec le taux de raccordement dans les agglomérations, les points de rejets et les points noirs où il n'y a pas de réseau, et une description du périmètre d'irrigation avec sa situation et ses ressources en eau. On a collecté toutes les données suffisantes et existantes dans la plaine de Maghnia pour avoir une idée sur l'occupation du sol dans la région, dans les domaines d'infrastructure de développement et (décharges, station de service...), industrie et culture.

En fin, On a constaté que le milieu physique de la plaine de Maghnia est très sensible à la pollution à cause de l'existence des aléas (activité agricole, industrielle et

## **Présentation de la plaine de Maghnia**

---

urbain) au niveau de la zone d'étude soit par le déversement des eaux usées en milieu naturel, par l'irrigation avec les eaux usées et par l'existence des activités agricole classées fortement polluantes qui génèrent beaucoup de produits chimiques (pesticides), d'huiles usagées, des déchets rejetés dans le milieu naturel sans aucun traitement...etc. et des activités industrielles qui génèrent aussi des eaux usées industriel trop chargé aux métaux lourds.

La prévention de la pollution des eaux souterraine, est plus nécessaire que la décontamination des nappes d'eaux souterraines polluées. Donc la nappe de la plaine de Maghnia doit avoir forcément une cartographie de vulnérabilité et une autre des risques à la pollution, car elle est très sensible et provoquée à la pollution.

La cartographie de la vulnérabilité et des risques de pollution des eaux souterraines est une méthodologie qui est devenue nécessaire afin d'assurer la gestion qualitative des ressources en eau en relation avec les diverses activités humaines (Amharref M. et Bernoussi A., 2007). Elle apparaît donc nécessaire et incontournable car ce type de carte permet d'identifier très facilement les zones vulnérables et les zones à risques de pollutions potentielles. Elle servira donc comme un outil d'aide à la décision aux gestionnaires des ressources en eau et permettra également d'orienter l'aménagement du territoire (Amharref M. et all., 2007). Cependant, l'usage de ces cartes pour la limitation efficace de la protection des eaux souterraines doit tenir compte du contexte hydrodynamique de l'aquifère qui ne compromet pas inutilement la planification et la gestion du territoire.

Dans ce travail, et précisément ce chapitre nous avons pris le cas de la plaine de Maghnia pour dresser une carte des sources potentielles de pollution (des aléas) et la confronter avec la carte de vulnérabilité qui était déjà faite afin d'avoir une carte de risque qui sera la première carte appliquée sur cette nappe. Ce travail a nécessité un inventaire sur les différents foyers de pollution anthropique existant sur le territoire étudié telles que l'utilisation intensive des engrais et des pesticides à cause de l'activité agricole importante, les rejets non contrôlés, les déchets municipaux, les eaux usées et l'installation d'activités polluantes qui menacent et détériorent notre ressource en eau souterraine.

### **1 Cartographie de vulnérabilité à la pollution de la plaine de Maghnia:**

Les eaux souterraines représentent une importante ressource exploitée pour la consommation humaine et pour l'utilisation dans les domaines agricoles et industriels (Sinan et al., 2003). Cette ressource est souvent contaminée par des polluants de nature différentes, comme le cas de la plaine de Maghnia qui renferme une nappe phréatique, peu profonde (entre 10m et 20m), et exposée à une pollution importante. Donc ces eaux ont une certaine vulnérabilité à la pollution, et la cartographie de vulnérabilité intrinsèque est le seul outil pour les protéger contre tout type de pollution.

C'était à l'aide de la méthode D.R.A.S.T.I.K que la carte de vulnérabilité à la pollution était dressée et réalisée manuellement par Benabdelkrim A. en 2008. Cette méthode qui a semblé la plus convenable car c'est la méthode la plus précise et qui regroupe tout type d'information sur le terrain. Cette méthode qui a été élaborée par Aller L et al. en 1987, se base sur la superposition de sept cartes différentes de sept paramètres (profondeur de la surface de la nappe, la recharge nette, la nature lithologique, le sol, topographie de terrain, impact de la zone non saturée et la conductivité hydraulique).

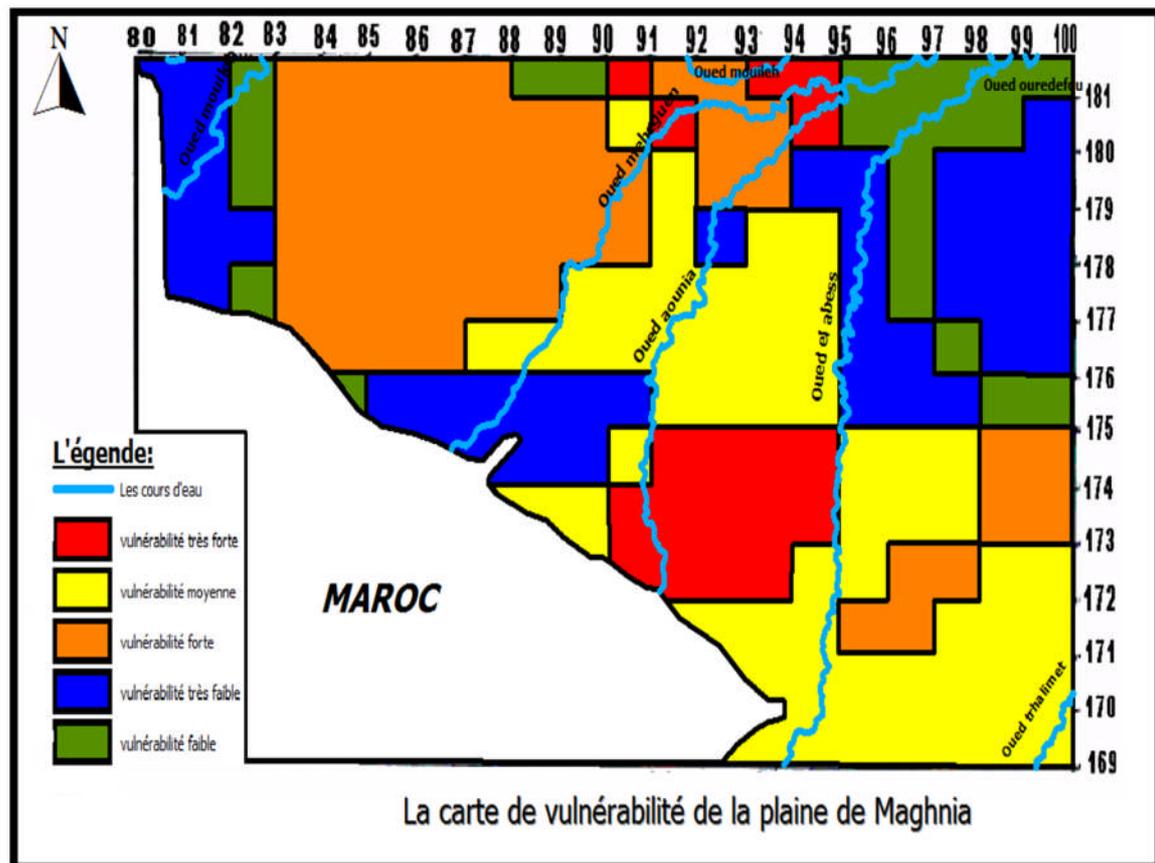
## Application sur la plaine de Maghnia

D'après résultat de la méthode D.R.A.S.T.I.C utilisée pour l'évaluation de la vulnérabilité dans notre cas, on pu dresser le tableau suivant qui aide à la réalisation de la carte finale de vulnérabilité intrinsèque de la plaine de Maghnia.

**Tableau 3.1:** Les classe de vulnérabilité dans la plaine de Maghnia  
(Selon le travail de Benabdelkrim en 2008).

Indice de vulnérabilité	La classe de vulnérabilité	Le niveau de vulnérabilité	La couleur
119 à 125	5	Très faible	
126 à 132	4	Faible	
133 à 139	3	Moyenne	
140 à 146	2	Forte	
147 à 152	1	Très forte	

La carte finale de vulnérabilité établie par la méthode D.R.A.S.T.I.C, a donné un bon résultat et fourni des information importante sur les zones de vulnérabilité dans la plaine, cette méthode a pu nous donner cinq classe de vulnérabilité dans la région ( des zones a vulnérabilité très faible, faible, moyenne, forte et très forte).



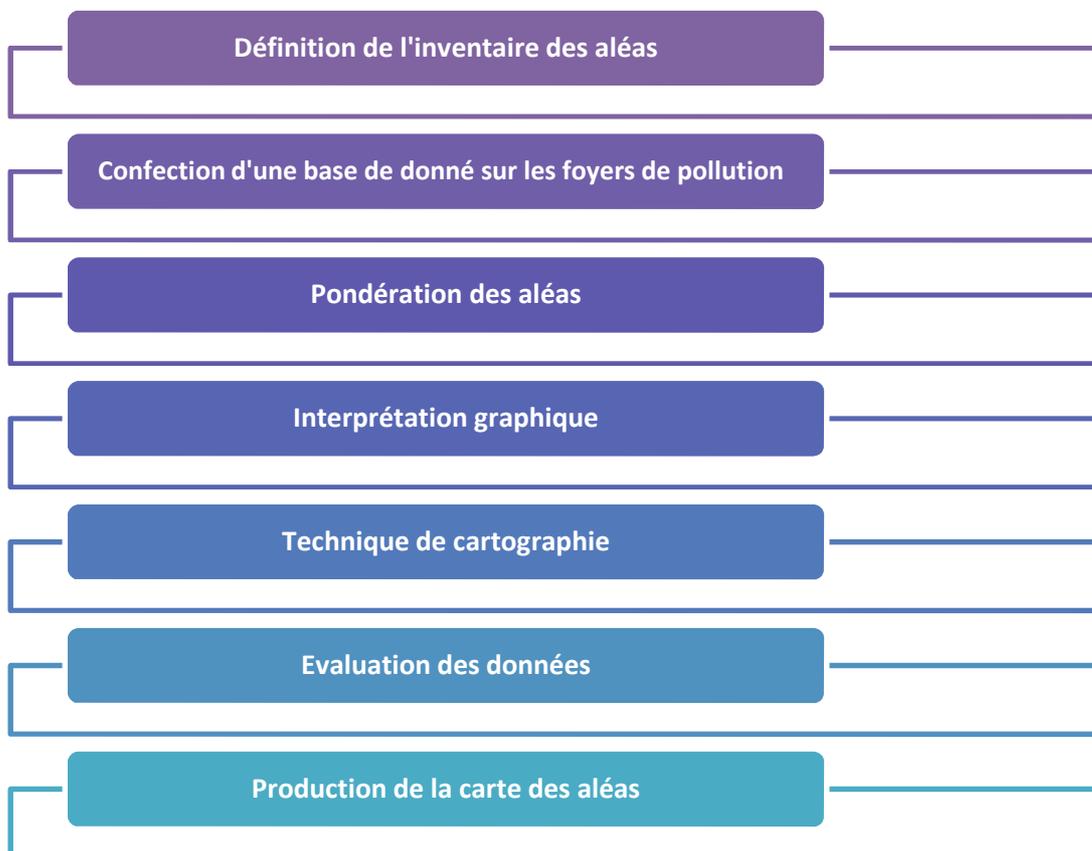
**Figure 3.1:** La carte de vulnérabilité de la plaine de Maghnia (Benabdelkrim A., 2008).

### 2 La cartographie des aléas:

De façon générale, l'aléa peut être défini comme une probabilité d'occurrence d'un phénomène donné sur un territoire donné, les aléas sont en fonction de la charge du contaminant potentiel (en quantité et concentration) (Ketelaere D.D. et al., 2003).

La cartographie d'un aléa correspond à une phase interprétative effectuée à partir d'une approche purement qualitative. En général, elle classe l'aléa en plusieurs niveaux, en tenant compte, de la nature, le qualité et la quantité de polluant potentiel (BRGM., 2004).

L'évaluation des aléas et la réalisation d'une carte d'aléa se fait en suivant sept étapes importantes, ces étapes ont toute une relation avec les aléas qui se trouvent dans la zone d'étude.



**Figure 3.2:** Plan de travail pour la réalisation de la cartographie de l'aléa, inspiré de Zwahlen F., 2004. in Fellah H.S., 2012).

### 2.1 Définition de l'inventaire des alés:

L'aléa représente la source ou le facteur de pollution potentielle qui affecte les eaux souterraines directement ou indirectement, favorisé par des activités industrielles agricoles, ou humaine.

Selon le COST 620, les alés son classées en trois classe principales:



**Figure 3.3:** Les principales classes d'aléa (Zwahlen F., 2004).

Et d'après le COST 620, chaque classe contient des sous classes, ou bien des sous catégories, comme le suivant montre (Tableau 3.2):

**Tableau 3.2:** Les catégories et sous catégories des alés (Zwahlen F., 2004).

Number	Level 1 catégories of Hazard	Level 2 catégories of Hazard
1	Infrastructure development	
1.1		waste water
1.2		municipal waste
1.3		fuels
1.4		transport and traffic
1.5		recreational facilities
1.6		diverse hazard
2	Industriel activities	
2.1		mining (in opération and abandoned)
2.2		excavation sites
2.3		oil and gas exploration
2.4		industrial plants (non-mining)
2.5		power plants
2.6		industrial storage
2.7		diverting and treatment of waste water
3	Livestock and agriculture	
3.1		Livestock
3.2		agriculture

## Application sur la plaine de Maghnia

Cette première étape consiste à établir un bon inventaire sur les différents aléas et foyers de pollution situés dans la zone d'étude. Pour cela, nous avons commencé d'abord à faire un inventaire sur les infrastructures de développement, les activités industrielles puis les activités agricoles et élevage dans la région.

❖ *Inventaire des infrastructures de développement*; ce travail a nécessité des déplacements au niveau des différents organismes pour récolter plus d'informations, et d'organiser des sorties sur terrain à fin de prendre des clichés pour but d'enrichir l'inventaire et mieux connaître la région. Les différents organismes consultés pour cet inventaire sont les suivants:

- Direction d'hydraulique de la Wilaya de Tlemcen D.H.W.T;
- La subdivision d'hydraulique de la Daïra de Maghnia;
- La subdivision de l'office national d'assainissement à Maghnia O.N.A;
- L'APC de Maghnia (service d'environnement);
- La direction des énergies et des mines à Tlemcen D.E.M;
- La direction de transport;
- Le port de Ghazaouet.

A partir de cet inventaire et des données collectées on a trouvé dans la plaine, les sous catégories des infrastructures de développement suivantes:

**Tableau 3.3:** Les aléas des infrastructures de développement dans la plaine de Maghnia

I	Infrastructure de développement
I.1	Les eaux usées
I.2	Déchets municipaux
I.3	Huiles et carburants
I.4	Transport et trafic
I.5	Zone récréatives
I.6	Autres aléas

❖ *Inventaire sur les activités industrielles dans la plaine de Maghnia*: Cet inventaire était moins compliqué que l'inventaire précédent, car la documentation et les fiches techniques des industries étaient disponibles dans les différentes bibliothèques d'Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen tel que bibliothèque de faculté de technologie, faculté des sciences, faculté des sciences de la vie et de la nature et la bibliothèque centrale, le document principal dans cet inventaire était Le plan d'aménagement et d'urbanisme

## Application sur la plaine de Maghnia

---

(P.D.A.U), pour but de savoir mieux les types des industries implantées dans la plaine, leurs matériaux premiers utilisés, les types des substances dangereuses polluantes rejetées et la vérification d'existence d'un système de traitement des eaux usées rejetées. Nous avons visité les organismes suivants pour avoir plus d'information (les point de rejets de chaque industrie, le debit...):

- La subdivision de l'office national d'assainissement à Maghnia O.N.A;
- direction des énergies et des mines à Tlemcen D.E.M;
- La gare de chemin de fer de Maghnia;
- La direction d'environnement D.E;

**Tableau 3.4:** Les aléas des activités industrielles dans la plaine de Maghnia.

<b>II</b>	Activité industrielle
<b>II.1</b>	Carrière
<b>II.2</b>	Industrie
<b>II.3</b>	Déchets de STEP

❖ **Inventaire sur les activités agricoles dans la plaine:** Cet inventaire a nécessité plus des sorties sur terrain, et même des visites de certain organismes, afin d'avoir une idée sur les surfaces irriguées par les eaux usées, les cultures, les substances chimique utilisées, les zones et types d'élevage dans notre plaine. Les différents organismes consultés pour cet inventaire sont :

- La direction de service agricole de la Wilaya de Tlemcen (D.S.A);
- La subdivision de service agricole à Maghnia;
- La subdivision d'hydraulique à Maghnia.

**Tableau 3.5:** Les aléas des activités agricoles dans la plaine de Maghnia.

<b>III</b>	Activités agricoles
<b>III.1</b>	Agriculture
<b>III.2</b>	Elevage

## Application sur la plaine de Maghnia

---

Nous avons utilisé des supports cartographiques (carte topographique) et des logiciels tels que : Google Earth et l'autocade. Les cartes topographique utilisées sont les cartes de Maghnia à l'échelle 1/25000 et la carte d'état major 1/50000. Pour la récolte des informations voulues, on a utilisé ces cartes pour localiser certains points de rejets, les abattoirs, les élevages avec l'aide des personnes spécialisés au niveau des directions pour bien identifier l'occupation de sol par activité (voir chapitre II), en plus de ça on a organisé des sorties sur terrain pour mieux comprendre les activités et les zones indistinctes.

Ce travail a duré presque deux mois, car dans notre inventaire on a étudié la documentation existante dans les différentes bibliothèques de l'université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen et de la faculté de technologie d'Oran sur les différentes recherches ou thèses faites sur la zone d'étude. L'autre documentation trouvée au niveau des organismes était sous forme des rapports et bilans effectués par les directions ou bien des bureaux d'étude, en fichier numérique (Autocade, Excel...) ou pièces écrites. On a pu avoir beaucoup d'informations à partir des communications verbales avec les chefs des services de chaque organisme comme on a montré dans (le chapitre II). L'accès à ces organismes a nécessité des courriers de la part du chef de département d'hydraulique.

Dans cet étape de travail on a rencontré certaines difficultés et lacunes concernant les aléas existants dans la plaine de Maghnia. On cite par exemple:

- La perte de temps au niveau de certains organismes, car les responsables veulent pas donner les informations voulues (direction de transport, d'environnement, de service agricole...);
- Au niveau de la direction d'environnement on avait des difficultés avec le responsable, pour avoir des in formation sur la gestion des déchets;
- Au niveau de la DSA, il n'existe pas d'étude détaillée sur l'élevage ni sur la localisation de différentes étables, bergeries et poulaillers, ni sur la quantité de stockage des bétails et des volailles. La DSA prend en considération les informations fournis par les vétérinaires pour savoir le nombre réel des animaux car la majorité des éleveurs ne sont pas agréés par l'état;
- Au niveau des différentes industries situées dans la région, on a pas pu avoir une information exacte sur le fonctionnement des systèmes de traitement existant dans certains équipement industriel;
- Vue le manque et l'absence de l'information, on était obligé de rapprocher aux personnes responsables dans les différentes organismes et même des autres personnes de la région pour enregistrer des communications verbales avec eux, ces derniers ont pu nous aider et nous donner des renseignements en tous ce qui concerne (les fosses septiques, la contrebande des hydrocarbures, l'irrigation par les eaux usées...);
- La difficulté d'accès aux points de rejet des eaux usées situés dans la plaine de Maghnia;

## Application sur la plaine de Maghnia

---

- La difficulté d'accès et de visite les surfaces irriguées par les eaux usées, ce qui nous a obligé de prendre des photos en cachette;
- L'évaluation des débits des eaux usées rejetées a été faite théoriquement, Aucune donnée les concernant n'a été trouvée ;

Pour mettre toutes les informations recueillies nous avons utilisé les cartes topographiques de Maghnia à l'échelle 1/25000 et non pas la carte d'état major 1/5000 ceci afin de pouvoir mettre tous les détails.

### **2.2 Confection d'une base de données sur les différents aléas:**

Cette deuxième étape consiste l'évaluation de degré de nocivité potentiel de chaque aléa, donc on doit avoir plusieurs information sur ces derniers comme la quantité et la qualité des substances nocives, l'âge et l'état actuel de chaque aléas, le type et l'origine de chaque polluant.

Les résultats de l'inventaire effectué sont représentés sur un support de carte topographique qui constitue une carte d'aléa. La réalisation de cette dernière a pu être faite grâce à un système d'information géographique (SIG) par le logiciel Mapinfo. Cependant pour déterminer le degré de dangerosité et pour quantifier les aléas, on a utilisé le logiciel, développé par Civita M. et Sappa G. en 2003 dans le cadre de COST 620. Ce logiciel génère une feuille de collection de données pour l'inventaire de l'aléa (Data Collection Sheet For Inventory Of Hazards) comme le montre la figure ci-dessous.

## Data Collection Sheet For The Inventory Of Hazards

M. Civita & G. Sappa

Insert data

**Basic Data**

Date

ID Number  Toponym

Address

Phone  Fax

E-Mail

Select a TYPE :

**1. Infrastructural development**

1.1 Waste Water

1.2 Municipal waste

1.3 Fuels

1.4 Transport and traffic

1.5 Recreational facilities

1.6 Diverse hazards

**2. Industrial activities**

2.1 Mining (in operation and abandoned)

2.2 Excavation sites

2.3 Oil and gas exploitation

2.4 Industrial plants (none mining)

2.5 Power plants

2.6 Industrial storage

2.7 Diverting and treatment of waste water

**3. Livestock and Agriculture**

3.1 Livestock

3.2 Agriculture

**Figure 3.4:** La page de collection des pour l'inventaire des aléas

(Civita M. et Sappa G., 2003)

L'utilisation de ce logiciel est simple. Il suffit juste de faire entrer les données disponibles de chaque type aléa dans la case qui lui correspond.

Après le remplissage des cases, on effectue l'exécution en cliquant sur OK. Le tableau obtenu resume toutes les informations concernant l'aléa considéré tel que cité dans le tableau 3.1.

The screenshot shows a software window titled "Power Plants" with a light green background. It is divided into several sections:

- Basic Data:** A red-bordered box containing fields for Date (30 / 07 / 2015), ID Number, Address, Phone, E-Mail, Toponym, and Fax.
- Insert data:** A green-bordered box containing a "General" section with fields for Town, Person to get in touch / office, UTM Coordinates (X and Y), and Elevation (m).
- Description:** A dropdown menu.
- Wastewater:** A section with four input fields for different types of wastewater.
- Waste Solid:** A section with two input fields for Quantity (m/ty) and Special Substances (t/ty).

At the bottom right, there are "OK" and "ESC" buttons.

Figure 3.5: Exemple d'une page de logiciel (Civita M. et Sappa G., 2003)

## Application sur la plaine de Maghnia

**Tableau 3.6:** Le tableau des points de rejets des eaux usées dans la plaine de Maghnia après exécution dans le logiciel Data Collection Sheet For Inventory Of Hazards.

) NUMBER	TOPONYM	ADDRESS	TOWN	PERSON TO GET IN TOUCH / OFFICE	PHONE	FAX	E-MAIL	UTM		ELEVATION (m)	QUANTITY (mc/y)	Wastewater characterization breeding			
								COORDINATES				Origin (Table 2)	Organic polluting wastewater	Non organic polluting wastewater	Treated
								X	Y						
1	X	Akid lotfi	Maghnia	ONA	43305304	X	X	81570,71	179539,98	X	86021,63	10:X	:X	:X	
2	X	Akid abess	Maghnia	ONA	43305304	X	X	88664,8	176307,56	X	79979,968	10:X	:X	:X	
3	X	Messamda	Maghnia	ONA	43305304	X	X	95099,59	176151,73	X	66225,468	10:X	:X	:X	
4	X	Legfaf	Maghnia	ONA	43305304	X	X	99221,3	181696,36	X	19906,808	10:X	:X	:X	
5	X	zones eparses	Maghnia	X	X	X	X	X	X	X	X	10:X	:X	:X	

### 2.3 Pondération des aléas:

L'évaluation des aléas était basée sur un calcul simple suivant la relation ci-dessous:

$$H_i = H * Q_n * R_f$$

Avec:

$H_i$  : Indice d'aléa

$R_f$  : Facteur de réduction

$Q_n$  : Facteur de classement

$H$  : Poids d'aléa

Dans notre démarche de calcul on a commencé d'abord, à donner des valeurs spécifiques de  $H$  (poids d'aléa) pour chaque aléa, cette variable varie de 10 à 100 (voir l'annexe E), Ce dernier contient le poids de chaque type d'aléa qui varie entre (10 et 100) avec son symbole précis dans la carte.

Ainsi, la variable ' $Q_n$ ' qui aide à faire une comparaison et une différence entre les aléas de même catégorie, cette variable se change en fonction du changement de degré de nocivité ou bien de pollution de chaque aléa, elle varie entre 0,8 et 1,2 tout dépend du danger provoqué par chaque aléa faible ou élevé.

On donne ci-dessous quelques exemples concernant les variables de nocivité prises dans notre étude.

- ✓ Pour des points de rejet on a pris le  $Q_n$  égale à 1,2 sauf dans le cas de legf (  $Q_n=1$ ), à cause de faible débit rejeté.
- ✓ On avait deux stations service dans la région qui distribuent juste du gazoil avec une quantité de 50 m<sup>3</sup>, donc on a pris le  $Q_n=1$ .
- ✓ La valeur de nocivité de chemin de Wilaya 46 égale à 1, car il est moins exposé à la pollution à cause d'absence de contrebande des hydrocarbures par cette voie, et on a pris 0,8 pour le chemin de fer qui est ouvert juste pour les marchandises non toxiques et les voyageurs, les jardins, les terrains de sport, les petites cimetières et les casernes.
- ✓ Dans le cas de la STEP, la carrière et les autres unités industrielles on a pris une valeur de 1,2 à cause de l'élévation du degré de danger, par contre le  $Q_n$

## Application sur la plaine de Maghnia

---

de l'unité industrielle de ENCG égale seulement à 1 vue le bon traitement des eaux rejetées.

Ensuite, nous avons le facteur de réduction Rf qui est un coefficient de correction pour les contaminants. Ce Rf varie entre 0 et 1. dans le cas de présence ou d'absence des informations sur l'aléa qui nuise notre aquifère le Rf égale à 1, par contre, si l'aléa est sécurisé 100%, alors le Rf sera égale à 0.

On a jugé acceptable de prendre une valeur de 1 pour le Rf de tous les aléas à travers la plaine, ceci à cause du manque d'information.

Enfin, on obtient le  $H_i$  qui décrit le degré de dangerosité et qui varie entre 0 et 120, dans notre cas on a eu un  $H_i$  de 102 comme valeur maximale (les points de rejet des eaux usées) et de 20 comme valeur minimale (terrain de sport, les petits et nouveaux cimetières).

**Exemple de calcul :** on prend l'exemple de la carrière;

D'après le tableau des poids des aléas le H égale à 25, on a pris le  $Q_n$  égale à 1,2 vue son influence et danger sur les eaux souterraines (Chapitre II), et le Rf égale à 1 à cause du manque de sécurité et d'information.

A.N:

$$H_i = H * Q_n * R_f \longrightarrow H_i = 25 * 1,2 * 1 = 30$$

**$H_i = 30$**

### 2.4 Interprétation graphique:

On peut faire une interprétation graphique des données sur les aléas, qu' à partir d'une carte dressée, qui montre vraiment les informations bien localisées avec leurs couleurs et taille précises. Donc on a choisis pour cartographier les aléas un système d'information géographique (SIG) en entrant les différentes données existantes sur les aléas trouvées dans la région avec précision, et faisant la mise en carte, en adaptant chaque symbole donné dans le Tableau des symboles (Annexe F ) à son propre aléa (Figure 3.6), et colorant chaque symbole avec sa couleur exacte selon les calculs des indices des aléas ( $H_i$ ) (Figure 3.7).

## Application sur la plaine de Maghnia

---

Dans le cadre de ce travail on a utilisé presque vingt symboles et cinq couleurs différentes ça dépend de la valeur d'indice d'aléa comme montre le tableau suivant:

**Tableau 3.7:** Les classes des aléas selon l'indice d'aléa Hi  
(Ketelaere D.D. et al ,2003).

Indice d'aléa	La classe d'indice d'aléa	Le niveau de danger	La couleur
0 -24	5	Très faible	
> 24 - 48	4	Faible	
> 48 - 72	3	Modéré	
> 72 - 96	2	Fort	
> 96 - 120	1	Très fort	

## Application sur la plaine de Maghnia

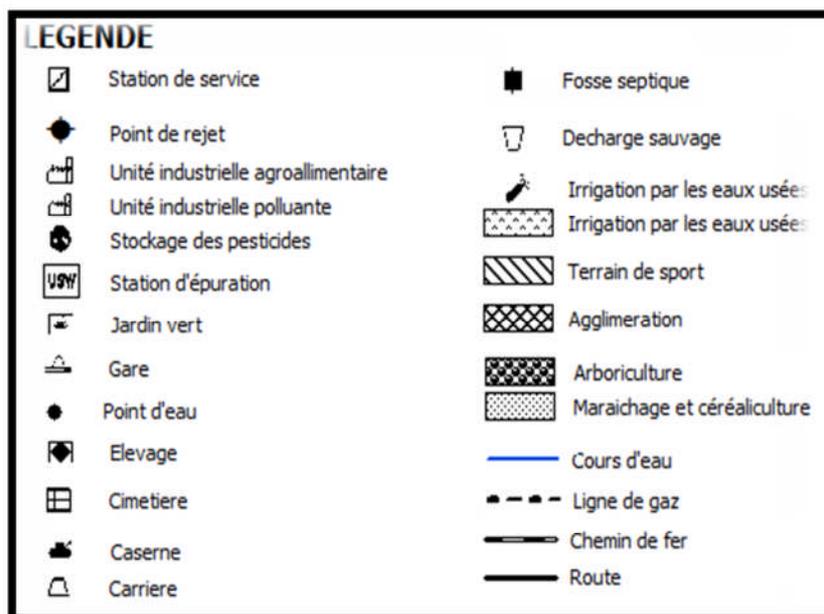
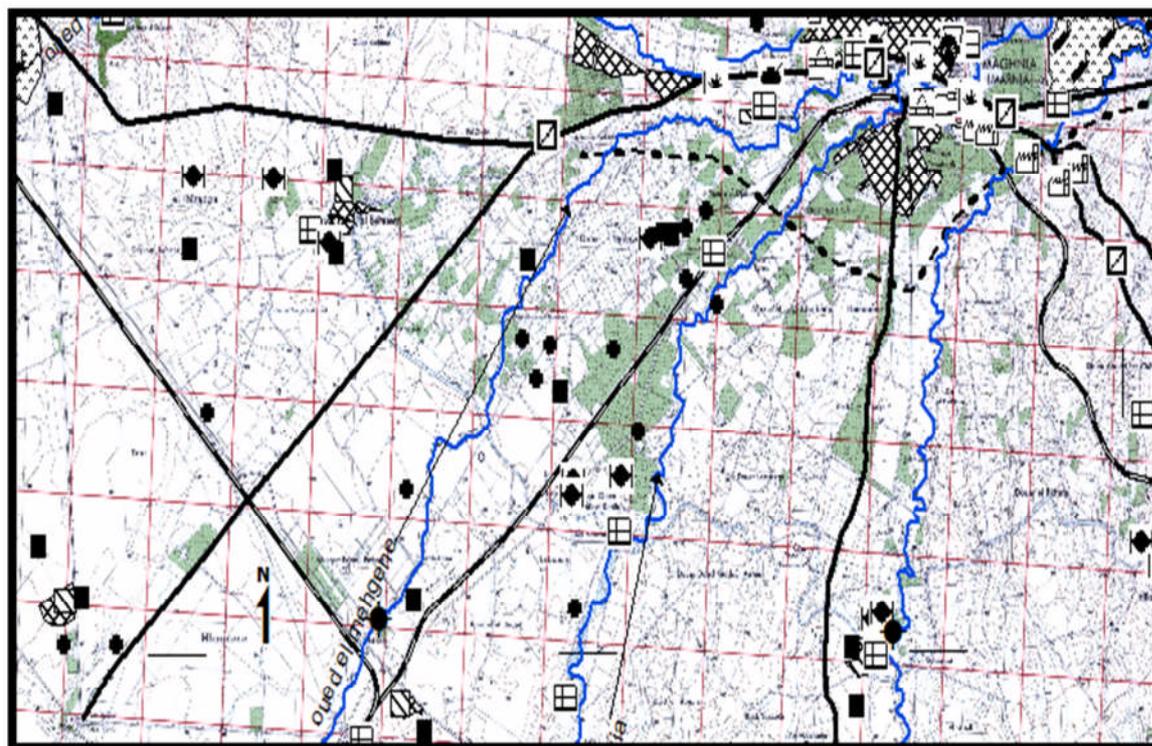


Figure 3.6: La carte d'aléa non classé de la plaine de Maghnia

### 2.5 Technique de cartographie:

On résume les techniques de la cartographie des aléas comme suit :

- ❖ Introduire les données trouvées sur la région d'étude dans le SIG par le logiciel mapinfo, en remplaçant le tableau de chaque aléa par les information disponible sue la plaine de Maghnia.
- ❖ La réalisation de la mise en carte, en plaçant chaque aléa avec son symbole précis et les localisées bien suivant les coordonnées (x et y),calculant les indices d'aléa selon la formule pour avoir les couleur qui conviennent comme on a montré dans l'étape 3.

## Application sur la plaine de Maghnia

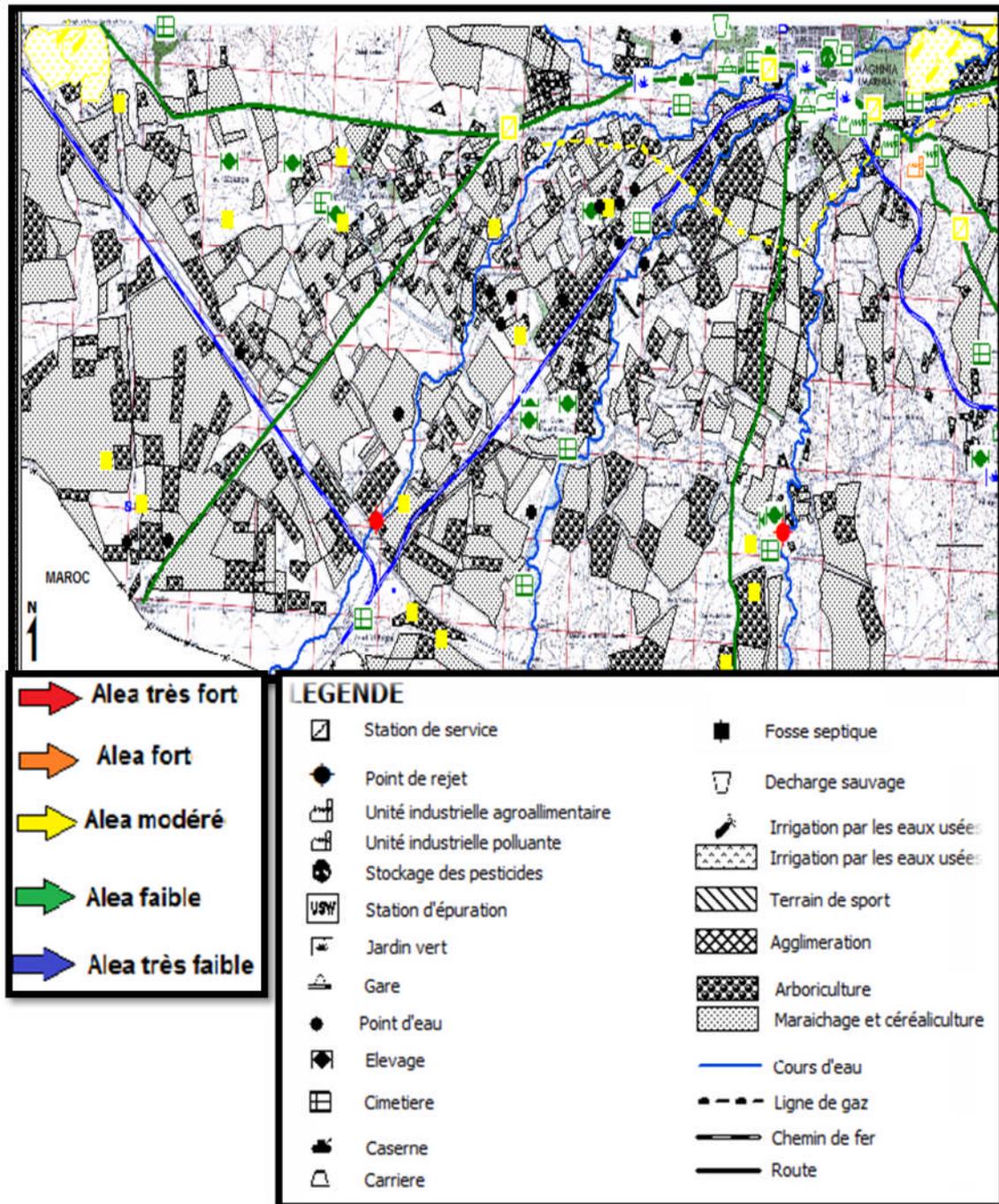


Figure 3.7: La carte d'aléa classée de la plaine de Maghnia

### 3 La cartographie de risque:

Une carte de risques est issue du croisement entre les différentes cartes de dangers ou bien des foyers de pollution et la carte simplifiée de la vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines.

L'évaluation du risque passe principalement par l'identification des facteurs qui contribuent à ce risque, donc le risque de pollution est évalué qualitativement par la combinaison de l'aléa et de la vulnérabilité de la région à la pollution. Ceci nous permet d'élaborer une carte des risques et de localiser, par conséquent, les zones vulnérables et à risques. Ces zones à risques nécessitent inévitablement une protection aux cas où les activités anthropiques présentes ne peuvent être ni arrêter ni déplacer et cette protection dépendra du contexte hydrogéologique de la zone.

Le risque étudié dans notre cas correspond à un risque de contamination des eaux souterraine de la plaine de Maghnia par tous les foyers de pollution potentiels inventoriés dans le chapitre précédent.

La réalisation de la carte des risques de pollution de la nappe de Maghnia, a pu être effectuée selon la relation suivante qui permet de calculer l'indice d'intensité du risque.

$$R_i = A + B$$

Avec:

**Ri:** Indice d'intensité de risque;

**A:** La classe d'indice d'aléa;

**B:** La classe d'indice de vulnérabilité.

**Tableau 3.8:** Les trois classes de risque selon l'indice d'intensité de risque.

Intensité de risque	La classe de risque	Le niveau de risque	La couleur
1 - 4	2	Elevé	Rouge
5 - 6	1	Modéré	Jaune
> 7	0	faible	Bleu

*Exemple de calcul:* on prend l'exemple du point de rejet de Akid lotfi, qui était classé comme une aléa de fort danger 'A' = 5, et qui était placé dans une zone d'une très forte vulnérabilité 'B' = 5, donc l'indice d'intensité de risque a pris une valeur  $R_i = 10$ , qui correspond à une classe de à faible risque.

## Application sur la plaine de Maghnia

---

Indice de vulnérabilité	La classe de vulnérabilité	Le niveau de vulnérabilité	La couleur
119 à 125	5	Très faible	
126 à 132	4	Faible	
133 à 139	3	Moyenne	
140 à 146	2	Forte	
147 à 152	1	Très forte	

+

Indice d'aléa	La classe d'indice d'aléa	Le niveau de danger	La couleur
0 - 24	5	Très faible	
> 24 - 48	4	Faible	
> 48 - 72	3	Modéré	
> 72 - 96	2	Fort	
> 96 - 120	1	Très fort	

=

Intensité de risque	La classe de risque	Le niveau de risque	La couleur
1 - 4	2	Elevé	
5 - 6	1	Modéré	
> 7	0	faible	

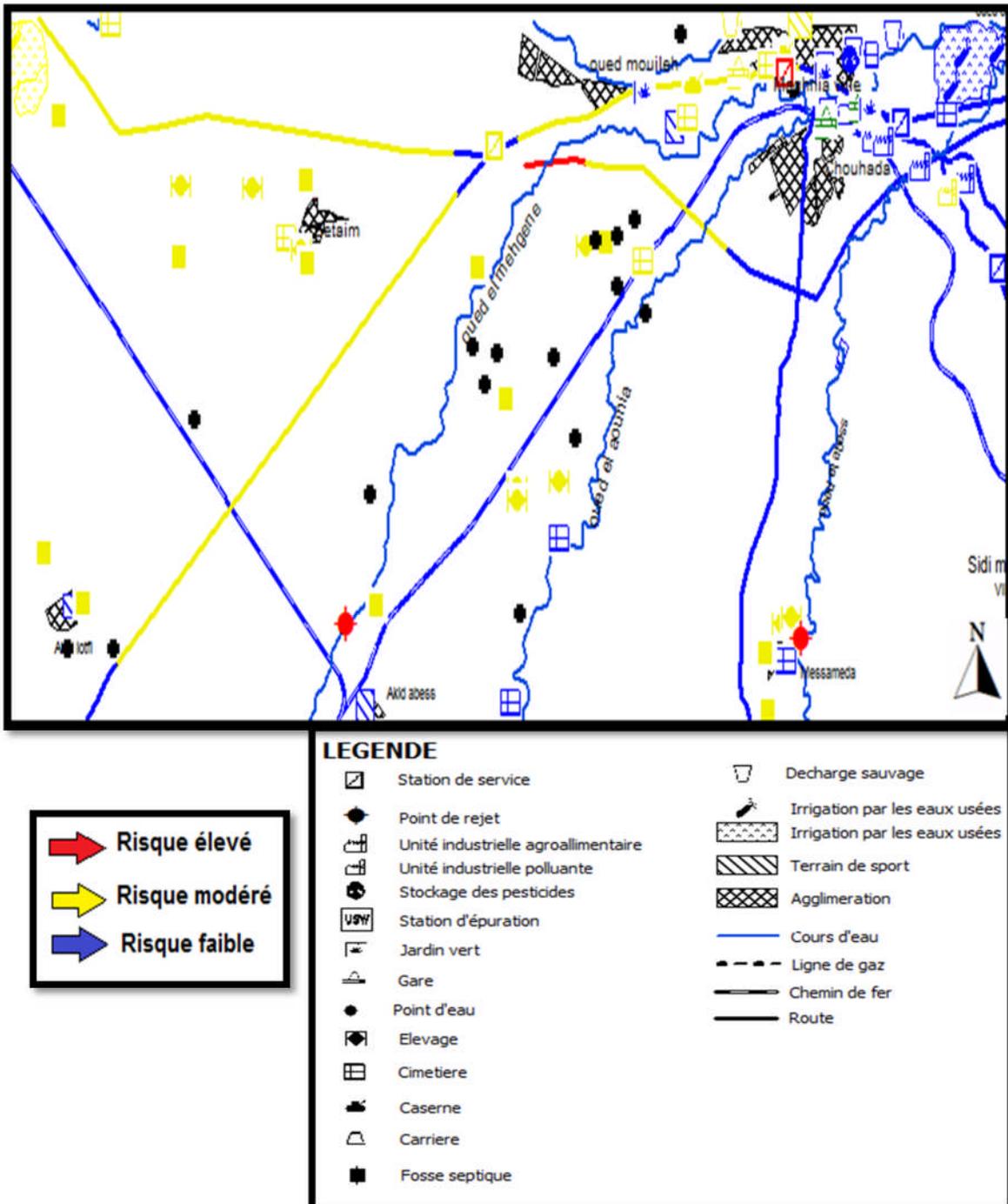
**Figure 3.9** : Schéma de la méthodologie de l'évaluation de risque.

## Application sur la plaine de Maghnia

Donc pour notre exemple on a:  $R_i = A + B \Rightarrow 5 + 5 = 10$

**Ri = 10**

⇒ le risque de ce foyer de pollution (point de rejet) était considéré comme un faible risque sur la nappe de la plaine de Maghnia.



**Figure 3.10:** La carte de risque de la plaine de Maghnia.

### 4 Discussion des résultats obtenus :

La plaine de Maghnia, connue pour sa vocation agricole et par conséquent l'utilisation vaste des pesticides, des engrais, et même des eaux usées [11]; les eaux souterraine de cette région sont menacées de la pollution.

A la lumière de ce travail et particulièrement l'inventaire des foyers de pollution que nous avons réalisés, il s'est avéré que la plaine de Maghnia présente différents aléas (Chapitre II) qui se répartissent en cinq classes de degrés (très fort, fort, moyen, faible et très faible). La combinaison de la carte d'aléa et la carte de vulnérabilité faite par Benabdelkrim, a permis de mettre en évidence des zones à risque de pollution faible, modéré et élevé dans la plaine. Mais d'après cette carte obtenue (Figure 3.10) on a noté les remarques suivantes:

- Quatre points de rejet des eaux usées se situent dans des zones de très faible, faible et moyenne vulnérabilité, ce qui a impliqué que 50% de ces derniers représentent un risque élevé et 50% un risque modéré.
- 80% des décharges sauvages se trouvent dans une zone à vulnérabilité faible et donnent des risques faibles, le reste des décharges provoque un risque modéré.
- 25% des stations de service de la plaine de Maghnia provoquent un risque élevé, 50% risque faible et les 25% qui restent représentent un risque modéré.
- Pour tout le réseau routier de la plaine de Maghnia, on a un degré d'aléa faible. Ce qui implique un réseau routier à risque modéré dans les zones à vulnérabilité très forte et forte, et à risque faible dans les zones de faible, très faible et moyenne vulnérabilité.
- Le chemin de fer qui passe par la plaine de Maghnia ne pose aucun problème, son risque est faible.
- La carrière de Maghnia de bentonite 'ENOF' est classée comme aléa faible et se situe dans une zone à vulnérabilité faible ce qui implique un risque faible.
- 83% des industries sont de nature agro-alimentaire et d'un risque faible, et le reste donne un risque modéré.
- La majorité des fosses septiques (80%) se trouvent dans des zones à vulnérabilité moyenne et forte et donnent un risque modéré, 13% de la somme de ces fosses provoquent un risque faible et le pourcentage qui reste (7%) donne un risque élevé. Ces fosses illégales posent un vrai problème pour les eaux de la nappe car sont très proches des points d'eau (forages et puits).
- L'élevage est une activité qui provoque des risques modérés dans la plaine de Maghnia. Presque toutes les zones d'élevage dans notre plaine de trouvent près des points d'eau et de cours d'eau.

## Application sur la plaine de Maghnia

---

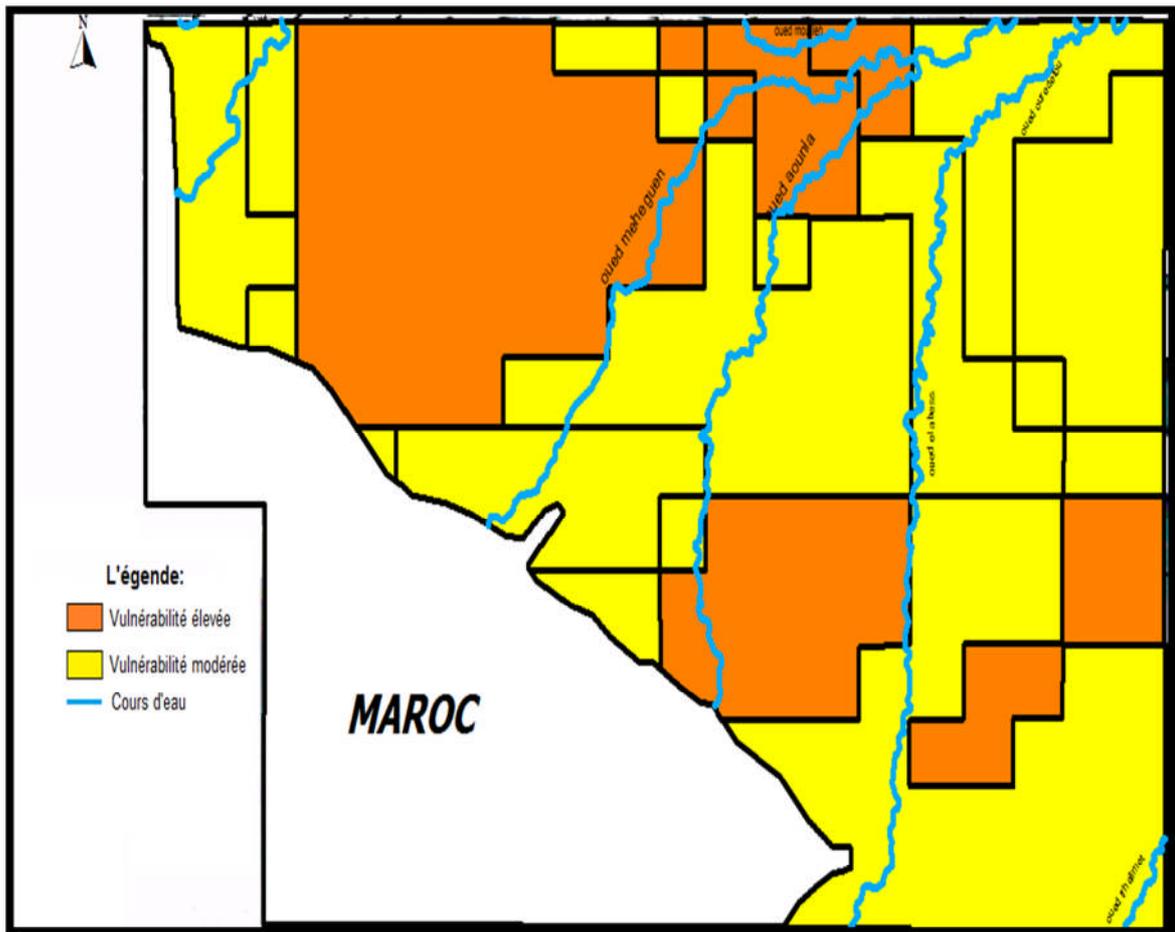
La carte de vulnérabilité réalisée par Benabdelkrim en 2008 présente des indices de vulnérabilité qui varient de 119 à 152 qui ont été répartis en cinq classes. Dans ce qui suit nous proposons de modifier cette carte en faisant une répartition plus réaliste et selon la bibliographie tel que présenté dans le tableau 3.9.

**Tableau 3.9:** Indice DRASTIC et degré de vulnérabilité (Jourda et al., 2007).

Indice DRASTIC ( $I_D$ )	Degré de vulnérabilité
23 à 84 (0 à 30%)	Très faible
85 à 114 (31 à 45%)	Faible
115 à 145 (46 à 60%)	Moyenne
146 à 175 (60 à 75%)	Elevée
176 à 226 (76 à 100%)	Très élevée

## Application sur la plaine de Maghnia

La carte de vulnérabilité obtenue est la suivante :



**Figure 3.11:** La carte de vulnérabilité selon les normes de l'indice DRASTIC

## Application sur la plaine de Maghnia

Selon la combinaison de la nouvelle carte de vulnérabilité et d'alea on a obtenu les résultats suivants:

Indice de vulnérabilité	La classe de vulnérabilité	Le niveau de vulnérabilité	La couleur
119-145	3	Moyenne	
146-152	2	Forte	

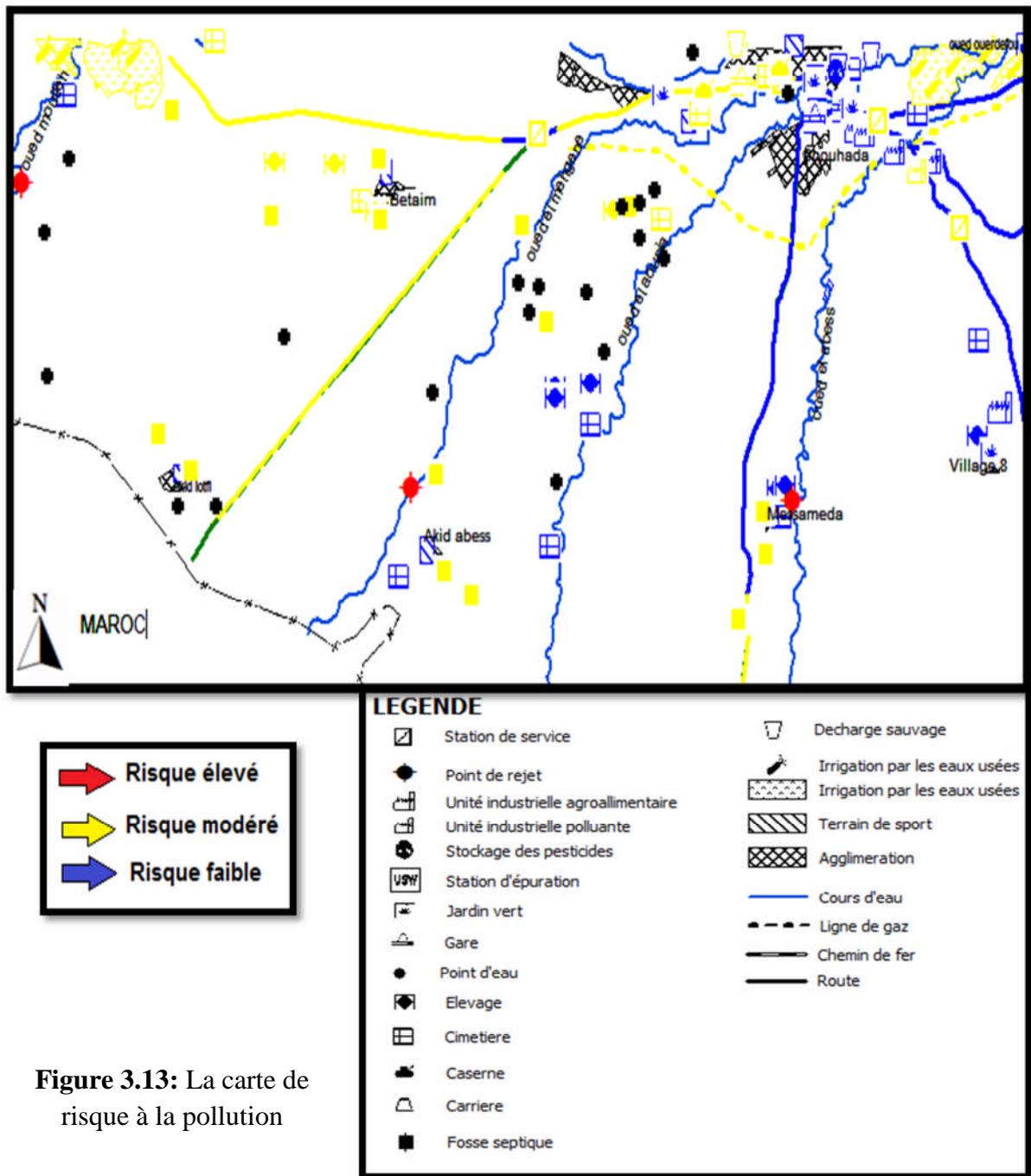
+

Indice d'alea	La classe d'indice d'alea	Le niveau de danger	La couleur
0 -24	5	Très faible	
> 24 - 48	4	Faible	
> 48 - 72	3	Modéré	
> 72 - 96	2	Fort	
> 96 - 120	1	Très fort	

=

Intensité de risque	La classe de risque	Le niveau de risque	La couleur
1 - 4	2	Elevé	
5 - 6	1	Modéré	
> 7	0	faible	

**Figure 3.12:** Schéma de la méthodologie de l'évaluation de risque selon la nouvelle carte de vulnérabilité.



**Figure 3.13:** La carte de risque à la pollution

La carte de risque finale (Figure 3. 13) a donné les résultats suivant:

- Les quatre points de rejets provoquent un risque élevé
- La carrière (ENOF) de Maghnia représente un risque faible.
- Le réseau routier, provoque deux risque, le premier modéré pour les routes qui se trouvent dans zones à vulnérabilité élevé, et le deuxième faible pour les zones à vulnérabilité moyenne.
- Toutes les stations de service présentent un risque modéré dans la plaine de Maghnia.

## Application sur la plaine de Maghnia

---

- Presque 50% des cimetières se situent dans des zones à vulnérabilité moyenne ce qui implique des risques faibles, la moitié des cimetières se situent dans des zones à vulnérabilité élevée et donc donne des risques modérés.
- Toutes les fosses septiques qui se trouvent dans la plaine de Maghnia provoquent des risques à degré modéré.
- Les industries engendrent le même risque aussi bien dans la première version de carte que dans la deuxième.

### 5 Conclusion:

La cartographie de la vulnérabilité et des risques à la pollution des eaux souterraines sont des outils d'aide à la décision pour l'aménagement du territoire. Ces cartes permettent de mettre en évidence les zones vulnérables et les zones à risques de pollutions potentielles dans lesquelles sont implantées de nombreux ouvrages de captage des eaux souterraines.

Dans le cadre de notre travail on a pris la plaine de Maghnia comme un site d'étude, où il y a des activités agricoles concentrées, industrielles et des infrastructures de développement, ces dernières ont une influence importante sur les eaux de la nappe et provoquent des risques à la pollution avec des impacts différents. Ceci nous a poussé à effectuer une carte de risque à la pollution avec la combinaison entre la carte de vulnérabilité et celle des différents foyers de pollution potentiels.

Nous avons utilisé la carte de vulnérabilité intrinsèque réalisée par Benabdelkrim en 2008. La carte était effectuée à l'aide de la méthode D.R.A.S.T.I.C qui a donné cinq degrés de vulnérabilité (très faible, faible, moyenne, forte et très forte) avec un indice DRASTIC qui varie de 119 à 152 (voir figure 3.1).

Aussi on a basé sur l'inventaire fait sur la plaine de Maghnia et on a réalisé une carte des foyers de pollution (une carte des aléas), puis on a suivi la méthodologie proposée dans le COST 620 pour la réalisation de la cartographie de l'aléa et du risque de pollution, Le même travail a été réalisé avec une deuxième version de la carte de vulnérabilité. Les résultats obtenus sont différents avec des risques plus élevés.

## **Application sur la plaine de Maghnia**

---

## Conclusion et recommandation

---

### Conclusion générale:

L'altération de l'environnement naturel, notamment le milieu aquifère est devenue progressivement une préoccupation mondiale. En Algérie, la principale source de satisfaction de la demande en eau est l'eau souterraine, du fait de son exploitation relativement facile. La croissance démographique et la modernisation de l'agriculture entraînent un grand problème de détérioration de la qualité de cette source souterraine, déjà en quantité limitée. Actuellement, les cours d'eau de la région étudiée reçoivent en permanence les rejets urbains et industriels chargés d'éléments chimiques et organiques, souvent toxiques. Ces substances polluantes peuvent affecter de façon dangereuse la santé publique, si elles continuent à être déversées dans la nature sans traitement préalable.

La plaine de Maghnia contient une nappe souterraine importante de nature géologique (Quaternaire récent et ancien) et des dimensions géographiques (35 km<sup>2</sup>) qui lui confèrent une grande capacité de réserve en eau souterraine. Ces eaux souterraines sont des eaux de très grande importance mais selon la cartographie de vulnérabilité, la région présente deux zones de vulnérabilité modérée et élevée ce qui implique des eaux souterraines vulnérables à la pollution. La cartographie du risque de pollution, comme moyen de protection et préservation des eaux souterraines de la région, a été réalisée sur la base de l'inventaire que nous avons effectuée et qui nous a aidé à mieux connaître l'état de l'occupation du sol par les différentes activités. Dans notre travail on a élaboré deux cartes de risque à la pollution, la première a été faite sur la base de la carte de vulnérabilité de Benabdelkrim (2008) et la deuxième sur la base de la même carte mais modifiée; Les deux cartes obtenues sont différentes et donnent les résultats suivants:

#### ✓ *Les principaux résultats obtenus par la première version de carte*

Dans la plaine de Maghnia 50% des rejets d'eau usée représentent un risque élevé et la moitié qui reste fait partie des risques modéré, presque 60% des surfaces irriguées par les eaux usées provoquent un risque modéré aux eaux souterraines, 25% des stations de services donnent des risques élevés, 80% des fosses septiques provoquent un risque modéré et 80% des industries représentent un risque faible à la pollution des eaux de la nappe.

#### ➤ *Les principaux résultats obtenus par la deuxième version de carte:*

Tous les points de rejets représentent un risque élevé, toutes les stations de service, les surfaces irriguées par les eaux usées et 50% des cimetières provoquent un risque modéré, par contre les 50% restants des cimetières et les 80% des industries donnent un risque faible à la pollution des eaux de la nappe.

## Conclusion et recommandation

---

De Notre travail sur la plaine de Maghnia, il en ressort plusieurs points importants, on cite quelques uns :

- La majorité des rejets d'eaux usées est déversée en milieu naturel sans traitement préalable. Ceci représente le foyer de pollution le plus potentiel menaçant les eaux souterraines, malgré le fait que ces derniers représentent un risque fort.
- Le manque des stations d'épurations dans la plaine de Maghnia et aussi au niveau des unités industrielles.
- La présence d'eaux usées au niveau des principaux cours d'eau de la plaine de Maghnia et parfois a proximité des ouvrages de captage d'eau souterraine.
- L'absence d'une décharge contrôlé CET au niveau de la plaine de Maghnia.
- Les dépôts des déchets non réglementés et l'encombrement des poubelles par tout dans la plaine.
  - L'incinérateur de déchets hospitaliers est inutilisable.
  - Des surfaces importantes irriguées par les eaux de Oued Ouredefou et Oued Mouileh

Ce travail a nécessité l'utilisation du SIG par le logiciel Mapinfo pour pouvoir réaliser la carte d'aléa, et le logiciel Data Collection Sheet For Inventory Of Hazards pour quantifier les aléas en calculant l'indice d'aléa Hi pour avoir une carte d'alea classée. Ensuite on a fait une superposition de cette dernière carte avec la carte de vulnérabilité faite par Benabdelkrim en 2008 et une autre superposition avec la même carte de vulnérabilité mais modifiée. Ce qui nous a permis d'obtenir deux versions de carte de risque. La seconde version étant a notre avis plus réaliste et plus correcte car elle a été tracée sur la base d'une bonne carte de vulnérabilité (selon les normes de la méthode DRASTIC).

La cartographie du risque de pollution des eaux souterraines de la plaine de Maghnia est un document important aussi bien pour la protection des eaux souterraines que pour l'orientation de l'aménagement du territoire. C'est un bon outil d'aide à la décision.

### ***Bibliographie :***

- Abdelabaki C.: 2010 ; Apport des systèmes d'information dans l'évaluation de la qualité des eaux souterraines - cas de la plaine de Maghnia.
- Adjim H. : 2004, Evaluation et affectation des ressources hydrique superficielles du bassin versant de la Tafna, Magister en Aménagement hydraulique, Université de Tlemcen.
- Aina M.P. : 2006, Expertises des centres d'enfouissement techniques de déchets urbain des les PED : Contributions à l'élaboration d'un guide métrologique et se validation expérimentales sur sites, Thèse de Doctorat en Chimie et Microbiologie de l'eau, Université de Limoges.
- Ake G.E., Dongo K., Kouadio B.H., Dibi B., Biemi J. : 2009, Contribution des Méthodes de Vulnérabilité Intrinsèque DRASTIC et GOD à l'Etude de la Pollution par les Nitrates dans la Région de Bonoua (Sud-Est de la Côte d'Ivoire), European Journal of Scientific Research ISSN 1450-216X Vol.31 No.1 (2009), pp. 157-171.
- Albinet M. et Margat J. : 1971; Cartographie de la vulnérabilité à la pollution des nappes d'eau souterraine.
- Amharref M. et bernoussi A. : 2007 ; Vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines, Laboratoire Modélisation des Phénomènes Physiques et Risques Naturels, (MPPRN) Faculté des Sciences et Techniques, B.P. 416 - Tanger Maroc.
- Amharref M. et Bernoussi A.S. : 2007; vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines, Laboratoire Modélisation des Phénomènes Physiques et Risques Naturels (MPPRN), Faculté des Sciences et Techniques, B.P. 416 - Tanger Maroc.
- Amharref M., Aassine S., Bernoussi A. et Haddouchi B. : 2006, Cartographie de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines : application à la plaine du Gharb (Maroc), Revue des sciences de l'eau, Journal of Water Science, vol. 20, n° 2, 2007, p. 185-199 (<http://id.erudit.org/iderudit/015812ar>).
- Anonyme (a): 2010, Etude sur le transport ferroviaire (Ghazaouet - Tlemcen), direction de transport Tlemcen.
- Anonyme (a): 2012, rapport sur l'historique météo pour Maghnia, station météorologique de Maghnia.
- Anonyme (a): 2013, rapport sur l'abattage de l'abattoir de Maghnia, Abattoir de Maghnia.
- Anonyme (b): 2011, Rapport sur la situation hydraulique dans la commune de Maghnia, Subdivision d'hydraulique de Maghnia.
- Anonyme (b): 2012, rapport sur l'aménagement territoire de la wilaya de Tlemcen, APC de Maghnia.
- Anonyme (b): 2013, Le bilan de production et des surface de différentes cultures dans la plaine de Maghnia, subdivision d'agriculture de Maghnia.

## Références bibliographiques

---

- Anonyme (c): 2011, rapport sur les forages et les puits de la plaine de Maghnia, Subdivision d'hydraulique de Maghnia, service d'alimentation en eau potable.
- Anonyme (c): 2013, Type et période d'utilisation des pesticides dans la plaine de Maghnia, Subdivision d'agriculture de Maghnia.
- Anonyme (d): 2011, rapport sur l'irrigation par les eaux usées, Subdivision d'hydraulique de Maghnia, service d'OPI.
- Anonyme (d): 2013, La pluviométrie dans la plaine de Maghnia, L'agence nationale des ressources hydriques.
- Anonyme(a):2011, rapport sur l'alimentation en eau potable dans la commune de Maghnia, Subdivision d'hydraulique de Maghnia, service d'alimentation en eau potable.
- Aouggad M. et Bakhou H.: 2007; Application des systèmes d'information géographique dans l'évaluation de la qualité des eaux souterraines, cas de la plaine de Maghnia.
- Baba-Hamed K.: 2007; hydrodynamique et modélisation d'une nappe alluviale, validation par l'approche géostatistique, application à la nappe de Maghnia.
- Banton O. et Bangoy L.M. : 1997 ; Multi science environnementale des eaux
- Bensaoula F. : 2006, Karstification, hydrogéologie et vulnérabilité des eaux karstiques, mise au point d'outils pour leur protection (Application aux monts de Tlemcen-Ouest Oranais), Thèse de doctorat d'état en géologie appliquée, Université Tlemcen.
- Bensaoula F. et Bensalah M. : 2007; Cartographie de la vulnérabilité des eaux karstiques de la région de Tlemcen (Algérie), Adaptation et application de l'approche européenne, Bulletin d'hydrogéologie no 22 (2007): 59-76, Centre d'hydrogéologie, université de Neuchâtel, éditions Peter Lang.
- Bouanani A. : 2004, Hydrologie, transport solide et modélisation. Etude de quelques sous bassins de la Tafna (NW-Algérie), thèse de doctorat d'état en hydrogéologie, Université de Tlemcen
- Bouanani A., Bensalah M., Boudjema A., Guettaia S., et Baba Ahmed K. : 2008 ; modélisation de la nappe de plaine de Maghnia.
- Bouchikhi T.Z. et Hassaine K. : 2006, Procédure d'étude d'impact appliquée en Algérie : exemple d'une décharge contrôlée, Revue scientifique internationale des civilisations, TALOHA, numéro 16-17, Université de Tlemcen, le site : <http://www.taloha.info/document.php?id=338> (ABAK.,2007).
- Bouchikhi T.Z. et Hassaine K. : 2006, Procédure d'étude d'impact appliquée en Algérie : exemple d'une décharge contrôlée, Revue scientifique internationale des civilisations, TALOHA, numéro 16-17, Université de Tlemcen, le site : <http://www.taloha.info/document.php?id=338>.
- Braik F. et Boudieb H.: 2004; étude hydrogéologique de la plaine de Maghnia, PFE d'ingénieur d'état en hydrogéologie département des sciences de la terre et agronomie, Université Aboubakr Belkaid- TLEMEN.

## Références bibliographiques

---

- BRGM. : 2004 ; Cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines et de la productivité de la ressource en région-Languedoc-Roussillon, rapport final.
- BRGM. : 2008 ; Analyse de la vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraine autour des sites BASOL du bassin Adour-Garonne, rapport final.
- Caractérisation de la vulnérabilité et des risques de pollution des sources de Martinique Rapport final BRGM/RP-58105-FR Novembre 2010.
- Cartographie de la vulnérabilité des aquifères karstiques en Franche-Comté Rapport final, Edition BRGM/RP -53576- FR: 2004.
- Cazaux M.: 2007, Les eaux souterraines en Gironde. Cartographie de vulnérabilité aux pollutions des nappes éocènes dans le secteur du Blayais,Mémoire de stage,Rapport SMEGREG. 54 p., 23 fig.
- Derni S. : 2011, Réflexion sur les critères de choix d'une méthodologie pour la cartographie de vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines : Cas de bassin versant de la Tafna, Magister en Mobilisation et protection des ressources en eau, Université Tlemcen.
- Dibi B., Kouassi K.L., Kouam K.I., Konan K.S., Soumahoro M., Konan-waidhet Arthur Brice K.A., et Gnakri D. : 2013 ; Evaluation de la vulnérabilité à la pollution des aquifères des formations altérites à partir des méthodes DRASTIC et SYNTACS,Cas de la ville de M'bahiakro, Centre de la Côte d'Ivoire.
- El wartiti M., Malaki A. et El mahmouhi N. : 2007 ; Hydrochimie et Vulnérabilité des aquifères souterrains, chapitre IV.
- Fellah H.S.:2012, la cartographie de vulnérabilité et du risque de pollution des eaux souterraines dans le groupement urbain de Tlemcen.
- Groupement BRLI, NEE, SCET. Tunisie.:2009; diagnostique des infrastructures hydrauliques des périmètres geres par les offices régionaux et de wilayates.
- Héritier N.C. : 2012 ; méthodes de prévention des risques dues aux éboulements des roches dans les mines souterraines, université officielle de bukavu - graduat 2012.
- Hubert F. et Baroudi H.: 2010 ; bassin de lignite de Provence anciennes concessions détenues par les charbonnages de France définition et cartographie préliminaire de l'aléa édition par commune.
- Jourda J. P., Kouame k.J., Adja M.G., deh S. K., Anani A. T., Effini A.T., Biemi J. :2007; Evaluation du degré de protection des eaux souterraines : vulnérabilité à la pollution de la nappe de Bonoua (Sud-Est de la Côte d'Ivoire) par la méthode DRASTIC.
- Ketelaere D.D., Hötzl H., Neukum C., Civity M. et Sappa G. : 2003, Hazard Mapping, COST action 620 Vulnerability and risk mapping for the protection of carbonate (Karst) aquifers, Final report, Université Neuchâtel, P : 86-104.
- Khaldi A.: 1987; Impacts de la sécheresse sur le régime des écoulements souterrains dans les massifs calcaires de l'Ouest Algérien " Monts de Tlemcen– Saida, Gibbs.  
Kouassi.D et all : 2009, Contribution des Méthodes de Vulnérabilité Intrinsèque DRASTIC et GOD à L'Etude de la Pollution par les Nitrates dans la Région de Bonoua (Sud-Est de la Côte d'Ivoire).

## Références bibliographiques

---

- Mémento technique de l'eau.: 1989; Tom1,9ème Edition Dégrémont,URSA.
- Menani M. : 2001 ; Evaluation et cartographie de la vulnérabilité à la pollution de l'aquifère alluvionnaire de la plaine d'El Madher, Nord-Est algérien, selon la méthode Drastic.
- Mimoun D., Graillot D. : 2010, Evaluation de la vulnérabilité à la pollution des aquifères alluviaux de montagne par utilisation conjointe d'un modèle d'écoulement souterrain et d'un modèle de suivi de particules. Application au Massif Central (France), Centre SITE, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne 158, cours Fauriel, 42023 Saint-Etienne Cedex 2, Colloque Eau, Déchets et Développement Durable, Alexandrie, Egypte.
- Navarro A. et Carbonel M.: 2007; Evaluation of groundwater contamination beneath and urban environment,the Besos river basin (Barcelona, Spain), Journal of environment management 85, pp. 259-269.
- Sidhoum S.M.: 2000; Etude de l'impact des rejets domestiques et industriels sur la zone de Maghnia hamam boughrara et les remèdes nécessaires pour réduire la pollution, pfe d'ingenieur d'etat en hydraulique, université Aboubakr Belkaid, tlemcen.
- Sinan M., Maslouhi R., et RazackM.: 2003 ; Utilisation des SIG pour la caractérisation de la vulnérabilité et de la sensibilité à la pollution des nappes d'eau souterraine. Application à la nappe du Haouz de Marrakech, Maroc ; 2nd FIG Regional Conference Marrakech. souterraines. Presses de l'Université du Québec/AUPELF.
- U.R.S.A. : 2004 ; Revision de plan directeur d'aménagement et d'urbanisme P.D.A.U de la commune de Maghnia, premiere phase : etat de fait et perspectives de developpement.
- Zwahlen F. (Ed) : 2004, COST Action 620 Vulnerability and risk mapping for the protection of carbonate (Karst) aquifers, Final report, European commission, EUR 20912: 297 p, Université Neuchâtel.

## Références bibliographiques

---

### *Page Web :*

- [1] [http://fr.getamap.net/cartes/algeria/tlemcen/\\_maghnia\\_plainede/](http://fr.getamap.net/cartes/algeria/tlemcen/_maghnia_plainede/)
- [2] [http://www.djazairress.com/fr/liberte/40077Brèves de Maghnia](http://www.djazairress.com/fr/liberte/40077Brèves%20de%20Maghnia)  
**Consulté le:** 02 - 06 – 2005
- [3] International Journal of Innovation and Applied Studies, ISSN 2028-9324 Vol. 2 No. 4 Apr. 2013, pp. 464-476 ;2013 Innovative Space of Scientific Research Journals. Le site: <http://www.issr-journals.org/ijias/>  
**Consulté le :** 09/07/2013
- [4] <http://wikydro.developpement.>  
**Consulté le :** 10-07-2013
- [5] [http://sigessn.brgm.fr/IMG/pdf/Notions\\_gen\\_vuln.pdf.](http://sigessn.brgm.fr/IMG/pdf/Notions_gen_vuln.pdf)  
**Consulté le :** 15-07-2013
- [6] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Cartographie\\_des\\_risques#Logiciels\\_pour\\_cartographier\\_les\\_risques.](http://fr.wikipedia.org/wiki/Cartographie_des_risques#Logiciels_pour_cartographier_les_risques)  
**Consulté le :** 15-07-2013
- [7] [http://www.optidecision.fr/ref/Opti\\_Decision\\_Cartographie\\_Risques.pdf](http://www.optidecision.fr/ref/Opti_Decision_Cartographie_Risques.pdf)
- [8] [http://www.l'econews.com/fr/regions/ouest/200-000-m3-jour-pour-18-communes-24-04-2012-156754\\_278.php](http://www.l'econews.com/fr/regions/ouest/200-000-m3-jour-pour-18-communes-24-04-2012-156754_278.php)
- [9] <http://www.alcor-controles.fr/actualites/2-news/132-pollution-des-sols-cas-particulier-des-stations-service.html>
- [10] [http://www.elwatan.com/regions/ouest/tlemcen/transports-ferroviaires-le-traffic-entre-maghnia-et-tlemcen-reprendra-en-fevrier-08-01-2013-198620\\_139.php](http://www.elwatan.com/regions/ouest/tlemcen/transports-ferroviaires-le-traffic-entre-maghnia-et-tlemcen-reprendra-en-fevrier-08-01-2013-198620_139.php)  
BERIAH C 2013(monog de wilaya de tlemcen., 2011).
- [11] <http://www.lenntech.fr/eaux-souterraines/pollution-sources.htm#ixzz2VZzPAjIb>
- [12] [www.flashearth.com](http://www.flashearth.com)

## Références bibliographiques

---

## Annexes

### Annexe A : Les précipitation dans la plaine de Maghnia

**Tableau A.1:** le nombre des jours de précipitation dans la plaine de Maghnia (Anonyme (a)., 2012).

	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	aout	septembre	octobre	novembre	décembre	somme
1982	5	6	1	6	5	0	1	3	1	4	7	3	42
1983	0	3	5	2	3	0	1	0	1	0	6	3	24
1984	7	7	5	5	10	3	1	1	1	1	4	1	46
1985	6	1	8	6	10	0	0	0	2	1	5	7	46
1986	11	9	7	5	1	4	0	4	1	5	5	4	56
1987	6	10	2										18
1995										0	1	1	2
1996	2	2	0	1		1	0	1	0	0	0	1	8
1997	1	0	0	0	0	0	0	0	0		1	1	3
2001					0	0	0	2	6	0	5	10	23
2002	1	1	8	9	6	3	1	3	0	0	7	6	45
2003	7	9	5	7	3	3	0	1	1	6	6	7	55
2004	0	2	5	4	6	3	0	2	1	5	6	7	41
2005	3	8	11	2	1	0	0	0	2	1	7	5	40
2006	13	12	4	5	5	1	2	0	7	3	2	10	64
2007	3	6	6	13	3	0	0	0	2	8	6	4	51
2008	2	4	3	3	9	1	0	0	9	11	9	11	62
2009	15	3	6	5	1	1	1	0	7	1	3	6	49
2010	9	7	9	8	7	1	1	4	4	6	6	7	69
2011	4	6	8	7	7	4	0	2	2	6	10	2	58
2012	4	7	5	8	2	1	1	0	4	6	12	4	54

## Annexes

**Tableau A.2:** Les précipitations mensuelles dans la plaine de Maghnia (Anonyme (a)., 2012).

	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
1982	20,5	2,1	2,1	22,6	0	0	0,5	1	1	102,2	0	0
1983	0	9,2	26	6,7	17,2	0	0,5	0	2,1	0	10,8	24,8
1984	21,3	119,2	63,2	4,4	92,7	3,1	58,5	5,1	3,1	0,5	48,6	0,3
1985	27,8	10	27,8	22,5	60,4	0	0	0	2	1	16,5	20,6
1986	69,2	37,2	38,4	33,4	0,5	8	0	6,2	2,1	50,5	129,2	22,8
1987	27,7	45,5	7,2									
1995										0	0,3	2,1
1996	6,2	15,1	0	0,3		3,1	0	4,1	0	0	0	5,1
1997	2,1	0	0	0	0	0	0	0	0		4,1	7,9
2001					0	0	0	1,6	15,3	0	12,1	28,2
2002	0,8	0,8	31,4	33,4	36	4,6	1,8	28,3	0	0	50,6	20,1
2003	55,8	64,2	15,9	17,4	21,3	3,4	0	0,3	0,3	22,9	58,3	37,9
2004	0	10,3	88,9	10,8	41,4	7,5	0	0,8	0,3	23,2	16,8	35,2
2005	10	44,7	33,1	10	0,8	0	0	0	7,2	2,1	25	15,9
2006	31,7	39,4	17,5	18,2	46,5	1	5,4	0	27	21	8,2	27,8
2007	7,5	9,6	32,5	87,5	7	0	0	0	9,2	32	64,7	18,3
2008	30,2	28,2	6,7	5,7	13,1	4,1	0	0	33,4	90,1	66,6	79,6
2009	98,2	17,7	14,7	27	5,1	0,3	0,8	0	79,3	0,5	27,4	19,5
2010	81,2	35	51,2	53,3	12,5	16,2	0,3	27	7,2	53,9	17,2	17,8
2011	10,2	23,6	23,1	38,5	50,7	12,1	0	20,3	1,5	48,7	86,2	18,3
2012	14,7	41,1	22,8	27	12,1	1	1	0	12,3	29,9	133,2	12,6

## Annexes

### Annexe B: La situation hydraulique dans la plaine de Maghnia

**Tableau B.1:** Les réservoirs et châteaux d'eau dans la plaine de Maghnia (Anonyme (b)., 2011).

N°	Centre	Quartier	Type d'ouvrage	Capacité de stockage (m <sup>3</sup> )	Date de mise en service	OBS
01	MAGHNIA	Zone est	Réservoir	2x5000	2006	-
02		Zone ouest	Réservoir	2x5000	2006	-
03		C.Ville (sidi M <sup>ed</sup> )	Réservoir	1000	1962	-
04		C.Ville (sidi M <sup>ed</sup> )	Réservoir	2500	1982	-
05		C.Ville (sidi M <sup>ed</sup> )	Réservoir	2500	1984	-
06		C.Ville (sidi M <sup>ed</sup> )	Réservoir	750	1984	-
07		Hai bouchareb	Réservoir	750	1990	-
08		Hai brigui	Réservoir	750	1990	-
09		Hai hamri	Réservoir	750	1992	-
10		Hai chouhada	Château d'eau	150	1991	-
11	AKID ABBES	-	Château d'eau	150	1979	En voix de déclassement
12		-	Château d'eau	500	2009	-
13	AKID LOTFI	-	Château d'eau	300	1980	-
14	M'SAMDA	-	Château d'eau	150	1979	-
15	BEKHATA	-	Château d'eau	150	1979	-

## Annexes

16	BETAIM	-	Château d'eau	150	1978	Déclassé
17	CHEBIKIA	-	Réservoir	150	1976	-
18	LEGFEF	-	Château d'eau	75	1993	-
19	O/CHAREF	-	Château d'eau	150	2009	-
20	BOUKLATA	-	Château d'eau	50	2009	-
21	M'RAZGA	-	Château d'eau	50	2009	-
22	P.FRONTIER AKID LOTFI	-	Réservoir	200	1990	Gestion police de frontières
<b>TOTAL</b>				<b>30875</b>		

**Tableau B.2:** Station d'épuration et de relevage dans la plaine de Maghnia (Anonyme (b)., 2011).

N°	Centre	localisation	Type d'ouvrage	Débit journalier (M <sup>3</sup> /j)	Date de mise en service	OBS
01	MAGHNIA	O/Ben Damou	Station de relevage	10195,2	1999	En service
02		Legfaf	Station de relevage	3456	-	En cours de réalisation
03		Legfaf	STEP	29400	1999	En service

## Annexes

**Tableau B.3:** Les forages et les puits dans la plaine de Maghnia (Anonyme (c);2011).

N°	NATURE	X	Y	RR/SOL(m)	PROF	NS/RR(m)	DEBIT(l/s)	DEBIT(m3/an)	DATREAL	OBSERVATIONS
1	PUITS	74,070	189,400	0,200	20,00	17,260	3,00	13600	Ancien	
2	PUITS	74,100	189,600	0,500	9,90	6,370		10	Ancien	Seau
3	PUITS	73,500	189,650	0,200	24,20	20,260	2,00	3900	1992	
4	PUITS	73,500	189,450	0,400	28,10	24,300		10	Ancien	Usage lavage
5	PUITS	73,450	189,000	0,000	9,90	9,040	1,00	400	Ancien	
6	PUITS	73,500	188,725	0,000	11,87	11,800	0,00	0	Ancien	Inutilisé
7	PUITS	73,400	187,300	0,000	25,80	18,710	4,00	6200	1990	
8	PUITS	73,300	186,750	0,150	20,22	19,900	0,00	0	1992	Inutilisé
9	PUITS	73,500	186,500	0,000	20,10	18,310	6,00	18200	1992	
10	PUITS	74,175	185,700	0,400	18,90	15,060	9,00	13600	1992	
11	PUITS	74,200	186,075	0,000	20,40	16,650	10,00	22700	1991	
12	PUITS	75,900	188,100	0,000	38,32	36,150	0,00	0	1992	Inutilisé
13	PUITS	76,100	185,900	0,200	27,20	26,420	5,00	30240	1989	
14	PUITS	76,100	185,800	0,000	26,64	24,100	6,00	31000	1973	
15	PUITS	76,100	185,775	0,000	28,00	27,450	2,00	6000	1990	
16	PUITS	76,350	185,825	0,000	36,00	32,000	6,50	8500	1992	2 Sondages centrés
17	PUITS	76,950	185,950	0,150	31,00	27,450	10,00	60000	1992	
18	PUITS	76,400	185,750	0,000	31,40	x	0,00	0	1992	En forçage
19	PUITS	76,500	185,700	0,000	27,69	20,190	4,50	27000	1992	
20	PUITS	76,050	185,625	0,000	24,86	22,850	0,50	1300	1985	
21	PUITS	75,800	185,700	0,000	24,61	23,740	6,50	39000	Ancien	
22	PUITS	76,300	185,600	0,000	24,73	x	8,00	50000	1991	Puits sondé
23	PUITS	76,050	185,400	0,000	22,50	20,060	8,50	50000	1992	
24	PUITS	76,040	184,700	0,000	15,21	13,250	4,00	25000	1990	
25	PUITS	75,900	184,250	0,100	15,35	10,440	4,00	25000	Ancien	
26	PUITS	76,200	185,050	0,000	19,20	16,600	6,00	36000	1989	
27	PUITS	76,340	185,050	0,200	18,46	18,170	0,00	0	1990	Inutilisé
28	PUITS	76,200	184,900	0,100	18,52	16,580	0,00	0	1992	Inutilisé
29	PUITS	76,200	185,200	0,250	19,07	18,630	0,00	0	1990	Inutilisé
30	PUITS	73,350	185,950	0,000	28,88	27,130	3,00	14000	Ancien	
31	PUITS	76,300	186,300	0,000	23,48	21,880	5,00	21600	1990	
32	PUITS	76,250	185,850	0,000	31,00	28,630	0,00	0	1990	Inutilisé
33	PUITS	76,250	185,800	0,600	31,63	30,140	0,00	0	1990	Inutilisé
34	PUITS	76,850	185,750	0,650	35,65	SEC	0,00	0	1990	
35	PUITS	74,300	188,950	0,000	22,50	22,100	0,00	0	1992	En forçage
36	PUITS	74,400	186,950	0,000	28,08	SEC	0,00	0	1990	Inutilisé
37	PUITS	76,600	183,950	0,000	13,10	10,600	2,00	5000	1990	
38	PUITS	77,700	183,350	0,000	17,17	12,020	0,00	0	1990	Inutilisé
39	PUITS	78,900	183,100	0,200	18,43	17,600	1,00	400	1990	

## Annexes

40	PUITS	78,850	182,800	0,200	19,25	12,330	6,00	77760	1990	
41	PUITS	78,675	182,875	0,000	14,79	13,580	7,00	90720	1990	
42	PUITS	79,300	183,050	0,200	25,90	24,580	1,00	500	1990	
43	PUITS	79,300	182,850	0,800	22,97	20,170	0,00	0	1990	Abandonné
44	PUITS	79,350	182,800	0,000	20,28	12,880	0,00	0	1989	Abandonné
45	PUITS	79,250	182,400	0,000	21,80	15,820	0,00	0	1990	Inutilisé
46	PUITS	79,800	181,825	0,200	14,15	12,380	5,00	15000	1990	
47	PUITS	79,900	182,000	0,000	13,50	10,080	5,00	12000	1990	
48	PUISARD	79,800	182,500	0,000	7,00	6,200	2,50	2000	1982	
49	PUITS	80,050	182,500	0,000	20,82	10,800	0,00	0	1980	Non équipé
50	Forage	77,700	183,600	0,000	57,70	8,600	12,00	73	1951	
51	PUITS	80,500	182,450	0,000	24,50	10,800	8,00	48384	1980	en pompage
52	PUITS	80,300	182,700	0,000	33,00	10,000	7,50	16800	1980	en pompage
53	PUITS	80,100	182,850	0,000	18,00	SEC	0,00	0	1980	
54	PUITS	80,500	183,050	0,200	29,50	24,440	1,00	380	1975	
55	PUITS	75,850	184,800	0,000	15,70	14,760	0,75	0	Ancien	Inutilisé
56	PUITS	75,950	185,100	0,200	28,75	18,860	3,00	7776	Ancien	
57	PUITS	80,400	183,700	0,000	39,20	34,440	0,00	0	Ancien	Inutilisé
58	PUITS	76,200	185,850	0,200	27,20	26,420	5,00	30240	Ancien	
59	PUITS	80,850	184,350	0,000	COMBLE	SEC	0,00	0	Ancien	Inutilisé
60	PRISES/OUED	81,550	182,750	0,000	4,00	2,000	7,00	50000	GEOL	
61	PUITS	80,078	182,325	0,076	25,19	30,293	2,65	14795	Ancien	
62	PUITS	80,186	182,231	0,075	25,25	31,364		14810	Ancien	Seau
63	PUITS	80,293	182,137	0,074	25,31	32,434	2,61	14825	1992	
64	PUITS	80,401	182,044	0,073	25,37	33,504	2,59	14840	Ancien	Usage lavage
65	PUITS	80,509	181,950	0,072	25,42	34,574	2,57	14854	Ancien	
66	PUITS	80,617	181,856	0,071	25,48	35,645	2,55	14869	Ancien	Inutilisé
67	PUITS	80,725	181,762	0,070	25,54	36,715	2,53	14884	1988	
68	PUITS	80,833	181,668	0,069	25,60	37,785	2,51	14899	1988	Inutilisé
69	PUITS	80,941	181,575	0,068	25,66	38,856	2,49	14914	1988	
70	PUITS	81,049	181,481	0,067	25,71	39,926	2,47	14929	1988	
71	PUITS	81,156	181,387	0,066	25,77	40,996	2,45	14944	1987	
72	PUITS	81,264	181,293	0,065	25,83	42,066	2,43	14959	1987	Inutilisé
73	PUITS	81,372	181,199	0,064	25,89	43,137	2,40	14974	1987	
74	PUITS	81,480	181,106	0,064	25,95	44,207	2,38	14989	1987	
75	PUITS	81,588	181,012	0,063	26,00	45,277	2,36	15004	1987	
76	PUITS	81,696	180,918	0,062	26,06	46,348	2,34	15019	1987	3 Sondages centrés
77	PUITS	81,804	180,824	0,061	26,12	47,418	2,32	15034	1986	
78	PUITS	81,912	180,730	0,060	26,18	x	2,30	15049	1986	En fonçage
79	PUITS	82,019	180,636	0,059	26,24	25,810	2,28	15064	1986	
80	PUITS	82,127	180,543	0,058	26,29	27,585	2,26	15079	1986	
81	PUITS	82,235	180,449	0,057	26,35	29,360	2,24	15094	Ancien	
82	PUITS	82,343	180,355	0,056	26,41	x	2,22	15109	1990	Puits sondé



## **Annexe C: La méthode D.R.A.S.T.I.K**

**Tableau C.1 : Les propriétés est les poids attribués aux paramètres DRASTIC.**

<b>Symbole</b>	<b>Paramètre</b>	<b>Propriétés</b>	<b>Poids</b>
<b>D</b>	<i>Profondeur de la nappe</i>	Plus cette profondeur est élevée, plus le contaminant met beaucoup de temps pour atteindre la surface piézométrique.	<b>5</b>
<b>R</b>	<i>Recharge nette</i>	Véhicule principal pour le transport du contaminant. Plus cette recharge est grande, plus le risque de contamination est élevé.	<b>4</b>
<b>A</b>	<i>Lithologie de l'Aquifère</i>	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.	<b>3</b>
<b>S</b>	<i>Sol</i>	Plus le sol est riche en argile, plus l'absorption des métaux lourds est importante, et plus la protection des eaux souterraines est grande.	<b>2</b>
<b>T</b>	<i>Topographie</i>	Plus la pente des terrains est grande, plus le ruissellement des eaux est important et par conséquent la contamination des eaux souterraines est faible,	<b>1</b>
<b>I</b>	<i>Zone non saturée</i>	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 (graviers, sables grossiers ...)	<b>5</b>
<b>C</b>	<i>Perméabilité</i>	Plus ce paramètre est grand, plus le transfert du polluant est rapide.	<b>3</b>

### *Description de la méthode DRASTIC :*

Plus de 24 méthodes d'évaluation de la vulnérabilité des nappes à la pollution sont recensées dans la littérature internationale. La méthode la plus utilisée actuellement dans le monde est connue sous le nom de méthode DRASTIC [Sinan.M et all ; 2003].

La méthode DRASTIC développée dans les années 1980 par la National Water Well Association est un moyen pour évaluer la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution [Kouassi.D et all].

Les notations généralement accordées aux sept paramètres de la méthode DRASTIC sont présentées dans le tableau suivant. La notation 10 correspond au degré de vulnérabilité le plus élevé [Mardhel.V et all : Décembre 2005].

**Tableau C.2 : Notations accordées aux paramètres de la méthode DRASTIC**  
[D'après Lallemand-Barrès, 1994].

<b>D : distance à la nappe</b> <b>Epaisseur de la ZNS</b>		<b>R : recharge</b> <b>Pluie efficace</b>	
Valeurs en mètres	Notation	Valeurs en mm	Notation
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		
<b>A : nature de la zone saturée</b>		<b>S : nature du sol</b>	
Calcaire karstique	10	Peu épais ou absent	10
Basalte	9	Gravier	10
Sable et gravier	8	Sable,	9
Calcaire massif	6	Argile, agrégats ou pentes	7
Grès massif	6	Limon sableux	6
Shales en séquence	6	Limon	5
Métamorphique altéré, grès	4	Limon silteux	4
lités, calcaires		Limon argileux	3
Métamorphique	3	Argile non agrégée et non	1
Shale massif	2	fissurée	

<b>T : topographies, pentes</b>		<b>I : nature de la ZNS</b>	
Valeurs en % de la pente	Notation	Calcaire karstique	10
0 - 2	10	Basalte	9
2 - 6	9	Sable et gravier	8
6 - 12	5	Sable et gravier avec silt et argile	6
12 - 18	3	Calcaire lité, grès, shale	6
>18	1	Grès	6
		Calcaire	6
		Shale	3
		Silt/argile	1
<b>I : nature de la ZNS</b>			
	> 9,4 10 <sup>-4</sup> m/s		10
	4,7 10 <sup>-4</sup> - 9,4 10 <sup>-4</sup> m/s		8
	32,9 10 <sup>-5</sup> - 4,7 10 <sup>-4</sup> m/s		6
	14,7 10 <sup>-5</sup> - 32,9 10 <sup>-5</sup> m/s		4
	4,7 10 <sup>-5</sup> - 14,7 10 <sup>-5</sup> m/s		2
	4,7 10 <sup>-7</sup> - 4,7 10 <sup>-5</sup> m/s		1

## **Annexe D: La géologie de la plaine de Maghnia**

### **1. Aperçu structural :**

Les grands traits structuraux de la région sont hérités de l'orogénèse hercynienne.

#### **A. Principales phases tectoniques :**

Du point de vue tectonique la plaine correspond à l'emplacement d'une fosse, entourée par des reliefs jurassiques émergés et limités par des failles, où se sont accumulés des sédiments du Miocène au Quaternaire. De part et d'autre de la plaine, on reconnaît au Nord le synclinal perché de type jurassique de Djebel Fillaoucene et au Sud le grand anticlinal des Beni Ouassine recoupe la plaine de Maghnia (Bonnet, 1965).

#### **B. Les unités structurales :**

La zone étudiée se compose de plusieurs unités structurales. On distingue dans la région successivement (D'après Lucas., 1942) du Sud vers le Nord :

- Une zone synclinale de Ras Asfour
- Une zone anticlinale au Nord de Rhar-Roubane
- Une zone synclinale dans les monts de Kef
- Une zone anticlinale du Djebel Hamra
- Une zone abaissée de la plaine de Maghnia (Benabdelkrim A.,2008).

### **C. Principales types d'accidents :**

Dans la région étudiée il y a quatre (4) types d'accidents principaux :

- accidents WSW-ENE (Nord 70°E) : cette direction correspond a des zone hautes ou effondrées, ils déterminent des mouvements verticaux de grands amplitude (au moins 200 m) avec un rejet total supérieur a 100 m pour l'ensemble des failles.
- accidents SSW-NNE (Nord 20°E) : dont la plupart ont fonctionnée en décrochements senestres.
- accidents SSE-NNW (Nord 140°E) : ce sont des failles ayant joué en décrochement dextres exemple : décrochement des Beni Boussaid.
- accident EW (Nord 90°E) : ces failles ont aussi jouées en décrochement dextres (Benabdelkrim A.,2008).

## **2. Série lithostratigraphique:**

### **2.1 Le Paléozoïque :**

Formant l'ossature de la région, il correspond à une bande grossièrement orientée SW-NE formée essentiellement par des schistes et des quartzites. Cette bande est bordée au Nord et au Sud par des terrains secondaires.

Nous résumons rapidement la série du socle primaire :

1. Le Silurien : plissé et métamorphisé, il est représenté par des schistes.
2. Le Dévonien : formé essentiellement par des schistes et de quartzite, avec des inclusions de microbrèches probablement carbonifère on y trouve parfois des granites à tourmaline.
3. Le Carbonifère : représenté également par des schistes rubrifiés.
4. Le Permo-Trias : formation détritique à galets hétérogènes et hétérométriques cimentées par des argiles rougeâtres.

### **2.2 Le Mésozoïque :**

Reposant en discordance sur le primaire, il est formé principalement par des carbonates renferment parfois des éléments détritiques provenant des reliefs primaires préexistantes :

- Le Jurassique : c'est une série épaisse dont la puissance est supérieure à 1000m, nous distinguons :

#### **A. Le Jurassique inférieur et moyen**

- Le Lias inférieur : représenté par des calcaires bleuâtre avec quelque passée d'olbinitiques.

- Le Lias moyen : correspond à des calcaires présentant des indices d'émersion et comportant des stylolites due aux phénomènes de compaction.
- Le Lias supérieur : (Toarcien) très bien représentés dans le horst de Rhar-Roubane par des à encolithes.
- Aaleno-Bajocien : présenté par des calcaires à oolithes ferrugineuses.
- Bathonien inférieur et moyen : représenté par des calcaires gris qui passent aux calcaires micro gréseux.

### B. Le Jurassique supérieur : (Malm)

- Le Callovo-Oxfordien (Argile de Saida) : c'est un ensemble gréso-pélitique avec alternance de marne et de bancs épais de grés très riches en ammonites de grande taille et des figures sédimentaires liées aux agents hydrodynamiques.
- Oxfordien supérieur Kimméridgien supérieur : il correspond à la formation des grés de Boumediene des monts de Tlemcen. Il s'agit d'un ensemble à dominance gréseuse et à ciment calcaire dolomitique en bancs massifs entrecoupés par de nombreuses passées marneuses qui sont particulièrement développées au Nord-Ouest. A sa partie orientale, on y observe des passées calcaires dont la plus représentative est la formation des calcaires de Zarifet. Cette formation est visible au Djebel Fillaoucène.
- Kimméridgien terminal (Dolomie de Tlemcen) : ces dolomies sont parfois grossièrement cristalline en raison d'une dolomitisation tardive. Ils couronnent le cirque des cascades, affleurant au Djebel Tazamouret et Djorf Delgan avec une épaisseur de 200m environ.

### 2.3 Le Cénozoïque

Représenté par le Miocène transgressif, qui s'appuie directement sur le Jurassique au Nord et au Sud de la plaine de Maghnia. En s'éloignant de ce contact, le pourcentage des marnes augmente et les grés sont remplacés progressivement par des argiles et des marnes (d'age Serravalien) gris plus épais environ 500 m d'épaisseur.

### 2.4 Le Plio-Quaternaire :

Il s'agit d'une série complexe de dépôts discontinus formés d'éléments hétérogènes. Selon la lithologie stratigraphique des différents puits et forages on y rencontre les faciès suivants :

- des marnes rouges avec peu ou pas de galets plus ou moins tufeuses parfois très épaisses surtout dans le sous bassin de l'Oued Abbés.

## Annexes

---

- des anciennes alluvions allant des marnes alluvionnaires verdâtres aux galets en passant par les limons et les graviers.
- Les limons, sables et graviers récents qui s'étend entre Oued Méhaguene et Chabet ElArneb au NE de la frontière Algero-Marocaine. Les limons sont jaunes en général avec des couches rougeâtres, les galets se trouvent surtout en lits à la base des limons.
- Quelques Lambeaux de basaltes inter stratifiés qui sont témoins d'une activité volcaniques ils sont situés au NW de la plaine et coïncident avec la période instable de la région.

## Annexes

### Annexe E: Les valeurs de poids d'aléas

No.	Hazards	Weighting Value	Map Symbols		
			Marker	Line	Shade
<b>1</b>	<b>Infrastructural development</b>				
1.1	Waste Water				
1.1.1	urbanisation (leaking sewer pipes and sewer systems)	35			1
1.1.2	urbanisation without sewer systems	70			1
1.1.3	detached houses without sewer systems	45	1		
1.1.4	septic tank, cesspool, latrine	45	2		
1.1.5	sewer farm and waste water irrigation system	55	3		9
1.1.6	discharge from an inferior treatment plant	35	4		
1.1.7	surface impoundment for urban waste water	60	5		9
1.1.8	runoff from paved surfaces	25	6	1	
1.1.9	waste water discharge into surface water courses	45	7		
1.1.10	waste water injection well	85	8		
1.2	Municipal Waste				
1.2.1	garbage dump, rubbish bin, litter bin	40	9		8
1.2.2	waste loading station and scrap yard	40	10		8
1.2.3	sanitary landfill	50	11		8
1.2.4	spoils and building rubble depository	35	12		8
1.2.5	sludge from treatment plants	35	13		
1.3	Fuels				
1.3.1	storage tank, above ground	50	14		
1.3.2	storage tank, underground	55	15		
1.3.3	drum stock pile	50	16		
1.3.4	tank yard	50	17		11
1.3.5	fuel loading station	60	18		
1.3.6	gasoline station	60	19		
1.3.7	fuel storage cavern	65	20		
1.4	Transport and traffic				
1.4.1	road, unsecured	40		2	
1.4.2	road tunnel, unsecured	40	21		
1.4.3	road haulier depot	35	22		11
1.4.4	car parking area	35	23		11
1.4.5	railway line	30		3	
1.4.6	railway tunnel, unsecured	30	24		
1.4.7	railway station	35	25		
1.4.8	marshalling yard	40	26		
1.4.9	runway	35	27	2	
1.4.10	pipeline of hazardous liquids	60		4	
1.5	Recreational facilities				
1.5.1	tourist urbanisation	30	28		2
1.5.2	camp ground	30	29		2
1.5.3	open sport stadion	25	30		3
1.5.4	golf course	35	31		3
1.5.5	skiing course	25	32		3
1.6	Diverse hazards				
1.6.1	graveyard	25	33		10
1.6.2	animal burial	35	34		10
1.6.3	dry cleaning premises	35	35		
1.6.4	transformer station	30	36		
1.6.5	military installations and dereliction	35	37		13
<b>2</b>	<b>Industrial activities</b>				
2.1	Mining (in operation and abandoned)				
2.1.1	mine, salt	60	38		7
2.1.2	mine, other non-metallic	70	39		7
2.1.3	mine, ore	70	40		7
2.1.4	mine, coal	70	41		7
2.1.5	mine, uranium	80	42		7
2.1.6	outdoor stock piles of hazardous raw material	85	43		6
2.1.7	ore milling and enrichment facilities	70	44		
2.1.8	mine waste heap and dirt refuse	70	45		6
2.1.9	ore tailings	70	46		6
2.1.10	mine drainage	65	47	5	
2.1.11	tailing pond	65	48		6
2.2	Excavation sites				
2.2.1	Excavation and embankment for development	10	49		
2.2.2	gravel and sand pit	30	50		12
2.2.3	quarry	25	51		12

## Annexes

No.	Hazards	Weighting Value	Map Symbols		
			Markersymbol-Number	Linesymbol-Number	Shadesymbol-Number
2.3	Oil and gas exploitation				
2.3.1	production wells	40	52		
2.3.2	reinjection wells	70	53		
2.3.3	loading station	55	54		
2.3.4	oil pipeline	55		4	
2.4	Industrial plants (none mining)				
2.4.1	smelter	40	55		4
2.4.2	iron and steel works	40	56		4
2.4.3	metal processing and finishing industry	50	57		4
2.4.4	electroplating works	55	58		4
2.4.5	oil refinery	85	59		4
2.4.6	chemical factory	65	60		4
2.4.7	rubber and tyre industry	40	61		4
2.4.8	paper and pulp manufacture	40	62		4
2.4.9	leather tannery	70	63		4
2.4.10	food industry	45	64		4
2.5	Power plants				
2.5.1	gasworks	60	65		4
2.5.2	caloric power plants	50	66		4
2.5.3	nuclear power plant	65	67		4
2.6	Industrial storage				
2.6.1	stock piles of raw materials and chemicals	60	68		
2.6.2	containers for hazardous substances	70	69		
2.6.3	cinder tip and slag heaps	70	70		5
2.6.4	non hazardous waste site	45	71		5
2.6.5	hazardous waste site	90	72		5
2.6.6	nuclear waste site	100	73		5
2.7	Diverting and treatment of waste water				
2.7.1	waste water pipelines	65		5	
2.7.2	surface impoundment for industrial waste water	65	74		9
2.7.3	discharge of treatment plants	40	75		
2.7.4	waste water injection well	85	76		
3	Livestock and Agriculture				
3.1	Livestock				
3.1.1	animal barn (shed, cote, sty)	30	77		
3.1.2	feedlot	30	78		
3.1.3	factory farm	30	79		
3.1.4	manure heap	45	80		
3.1.5	slurry storage tank or pool	45	81		
3.1.6	area of intensive pasturing	25			14
3.2	Agriculture				
3.2.1	open silage (field)	25	82		
3.2.2	closed silage	20	83		
3.2.3	stockpiles of fertilisers and pesticides	40	84		
3.2.4	intensive agriculture area (with high demand of fertilisers and pesticides)	30	85		14
3.2.5	allotment garden	15	86		14
3.2.6	greenhouse	20	87		14
3.2.7	waste water irrigation	60	88		14

Annexe F : Les symboles de la carte d'aléa

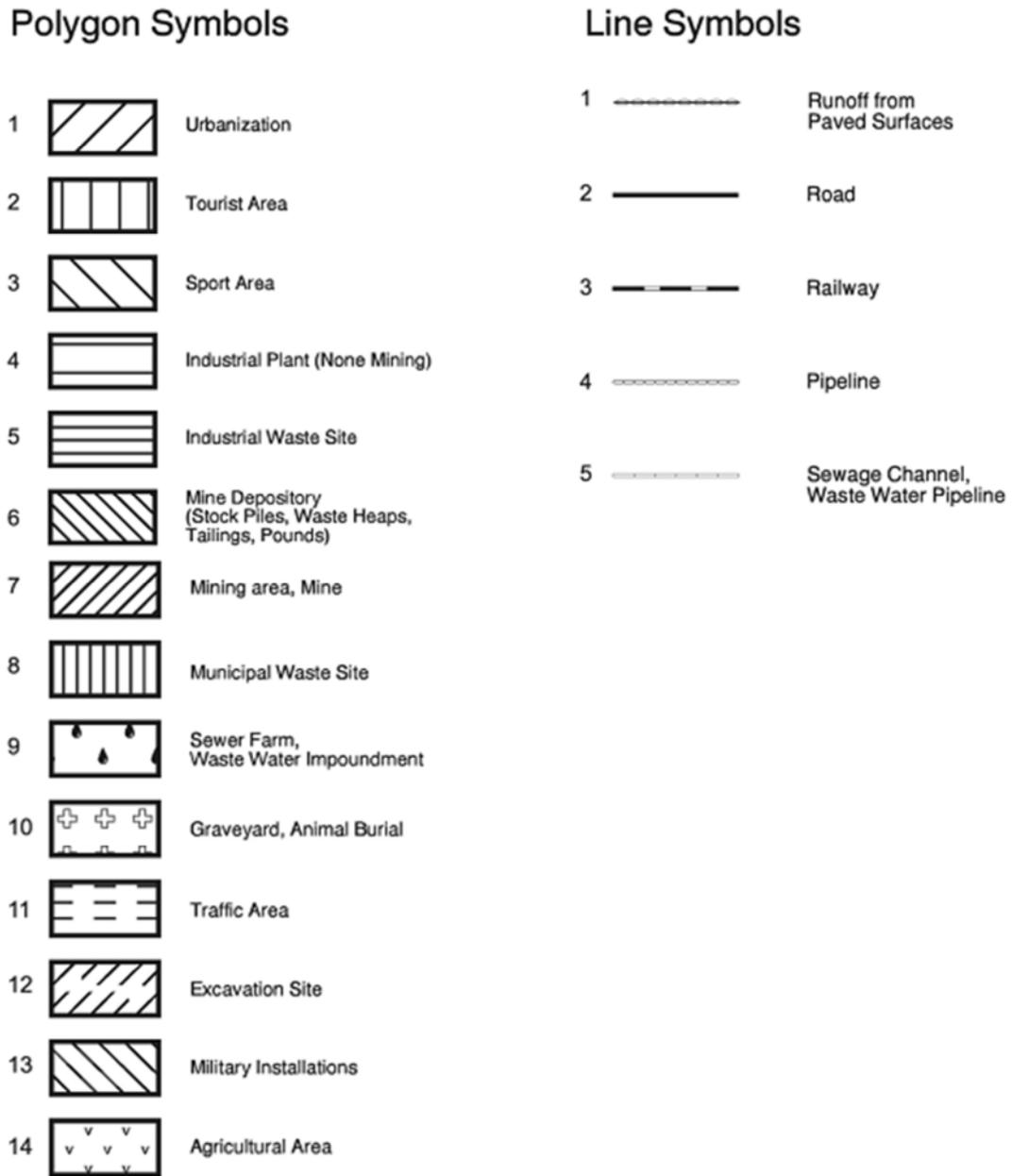


Figure F.1: Les symboles de polygones et de lignes de la carte d'aléa.

## Point Symbols (1)

1		Detached house without sewer system	24		Railway tunnel, unsecured
2		Septic tank, cesspool, latrine	25		Railway station
3		Sewer farm and irrigation system	26		Marshalling yard
4		Discharge from inferior treatment plant	27		Runway
5		Surface impoundment for waste water	28		Tourist centre
6		Runoff from paved surfaces	29		Camp ground
7		Waste water discharge into surface water courses	30		Open stadium
8		Waste water injection well	31		Golf course
9		Garbage dump, rubbish bin, litter bin	32		Skiing course
10		Waste loading Station and scrap yard	33		Graveyard
11		Sanitary landfill	34		Animal burial
12		Spoils and building rubble depository	35		Dry cleaning premises
13		Sludge from treatment plants	36		Transformer station
14		Storage tank, above ground	37		Military installations and dereliction
15		Storage tank, underground	38		Mine, salt
16		Drum stock pile	39		Mine, other non-metallic
17		Tank yard	40		Mine, ore
18		Fuel loading station	41		Mine, coal
19		Gasoline station	42		Mine, uranium
20		Storage cavern, underground	43		Outdoor stock piles of hazardous raw materia
21		Road tunnel, unsecured	44		Ore milling and enrichment facilities
22		Road haulier depot	45		Mine waste heap and dirt refuse
23		Car parking area, unsecured	46		Ore tailings

Point Symbols (2)

47		Mine drainage	70		Cinder tip and slag heaps
48		Tailings pond	71		Non hazardous waste sites
49		Excavation and embankment for development	72		Hazardous waste sites
50		Gravel and sand pit	73		Nuclear waste sites
51		Quarry	74		Surface impoundment for waste water
52		Production wells	75		Discharge of treatment plants
53		re injection wells	76		Waste water injection well
54		Loading station	77		Animal barn (shed, cote, sty)
55		Smelter	78		Feedlot
56		Iron and steel works	79		Factory farming
57		Metal processing and finishing industry	80		Manure heap
58		Electroplating works	81		Slurry storage tank or pool
59		Oil refinery	82		Open silage (field)
60		Chemical factory	83		Closed silage
61		Rubber and tyre industry	84		Stockpiles of fertilizers and pesticides
62		Paper and pulp manufacture	85		Intensive agriculture area
63		Leather tannery	86		Allotment garden
64		Food industry	87		Greenhouse
65		Gasworks	88		Waste water irrigation
66		Caloric power plant			
67		Nuclear power plant			
68		Stock piles of raw material and chemicals			
69		Containers for hazardous substances			

Figure E.2 : Les symbole points de la carte d'aléa