

UNIVERSITE SAAD DAHLAB – BLIDA 1

Faculté de Technologie

Département des Sciences de l'Eau et Environnement



MEMOIRE DE MASTER

Filière : **Hydraulique**

Spécialité : **Ressources Hydrauliques**

Thème :

Contribution à l'étude de la mise en place d'un périmètre de protection sur la zone de captage de la source de Mouzaia Wilaya de Blida

Présenté par :

ROUHA Salma

OTSMANE Amina

Devant le jury composé de :

Président : M. REMINI Boualem

Examineur : Mme. BOUZOUIDJA Souad

Promoteur : M. KHOULI Redha

Promotion 2019/2020

Remerciement

En premier lieu, nous remercions ALLAH de nous avoir donné la force et le courage de terminer ce travail

Ainsi, nous parents qui nous ont fourni dans toute la vie, qu'ALLAH les protéger.

Cette mémoire a été effectuée dans le cadre de la préparation du diplôme du master en Hydraulique à l'Université de SAAD DAHLÉB -Blida-.

Nous tenons à exprimer toute l'expression de respect à notre promoteur M. KOULI.

Pour ses précieux conseils et orientations qui nous ont été d'une grande utilité tout au long de ce travail.

Nous adressons nos respectueux remerciements à les membres de jurys pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail en acceptant de l'examiner.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin par leurs aides pour le bon déroulement de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail

*A le premier homme de ma vie, mon père qui n'ont jamais
de cessé de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse
atteindre mes objectifs.*

A ma mère « que dieu aie son âme »

*A ma sœur NASSIMA pour tous les sacrifices qu'elle a
consentis pour mon bien, et son mari MOHAMED*

Tous mes frères et mes sœurs

*Ma deuxième famille, ROMAÏSSA, SALWA, MANEL,
MERIEM et SABRINA qu'ALLAH vous protège*

Mon binôme SALMA pour sa patience et encouragement

*Enfin je dédie à toute les bons personne que j'ai connaît
durent tout ses année*

AMINA

Dédicace

Je dédier ce travail:

À mon cher père

À ma chère mère

À mes frères

À toutes la famille ROUHA

À tout mes amis

Salma

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

RESUME

I. Introduction générale	1
CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
I. Introduction	2
II. LES EAUX SOUTERRAINES	2
III. LES NAPPES ET LES RESERVOIRS	3
III.1 Les nappes.....	3
III.1.1 La nappe libre	3
III.1.2 La nappe captive	3
III.1.3 Les nappes alluviales	4
III.1.4 Les nappes des roches dures fissurées	4
III.2 L'aquifère	4
III.2.1 Principaux types d'aquifère.....	4
III.3 Captages d'eau souterraine	5
III.3.1 Les puits	5
III.3.2 Un puits artésien.....	5
III.3.3 Les forages	5
III.3.4 Les sources	7
III.3.5 L'Aire d'Alimentation de Captage :.....	8
IV. GENERALITE SUR LES POLLUTIONS DES EAUX SOUTERRAINES.....	8
IV.1 Source de pollution des eaux souterraines	8
IV.1.1 Naturel	9
IV.1.2 Agricole.....	9
IV.1.3 Industriel	9
IV.1.4 Résidentiel.....	10
IV.1.5 Diffuses.....	10
IV.1.6 Accidentelle	10
IV.2 Transfert des polluants dans les eaux souterraines	11
IV.3 Mécanismes de transfert des polluants dans les eaux souterraines	11
IV.3.1 Les transferts physiques	12
IV.3.2 Les caractéristiques du sol	12
IV.3.3 L'humidité des sols	12

IV.3.4	Les transferts chimiques	12
IV.3.5	Les transferts biologiques	13
IV.3.6	La biodégradation	13
IV.3.7	Le transport colloïdal	13
V.	LES PERIMETRES DE PROTECTION	15
V.1	Notion de protection des captages des eaux	15
V.2	Objectif des périmètres de protection.....	15
V.3	Les types de périmètres de protection	16
V.3.1	Périmètre de protection immédiat (PPI).....	17
V.3.2	Périmètre de protection rapproché (PPR).....	17
V.3.3	Périmètre de protection éloigné (PPE)	17
V.4	Périmètres de protection selon le type d'aquifère	18
V.4.1	Aquifère en roche meuble	18
V.4.2	Aquifère en roche fissurée	18
V.5	Délimitation des zones de protection.....	19
V.5.1	Source	20
V.5.2	Forage	24
V.6	Réglementation des activités à l'intérieur des périmètres en Algérie	26
VI.	Conclusion.....	26
CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE		
I.	Introduction :	27
II.	Situation géographique :	27
III.	Réseau hydrographique	28
IV.	Situation climatologique.....	30
IV.1	Précipitation	30
IV.2	Températures.....	32
IV.3	L'étude de climat	33
IV.3.1	Les indices climatiques.....	33
IV.3.2	Méthode des courbes pluviométriques :	34
V.	Conclusion.....	35
VI.	Situation géologique :	36
VII.	Etude hydrogéologique.....	38
VII.1	La géophysique.....	38
VIII.	Les paramètres hydrodynamiques	39
VIII.1	La transmissivité ;	39
VIII.2	Le coefficient d'emmagasinement.....	40
VIII.3	La perméabilité	41

IX.	Etude hydrochimie.....	41
IX.1	Introduction	41
IX.2	La balance ionique	42
IX.3	Interprétation des paramètres physico-chimiques.....	42
IX.3.1	Les paramètres physico-chimiques	43
IX.3.2	Les paramètres chimiques.....	43
X.	Conclusion :.....	44
XI.	Interprétation de la carte piézométrique :.....	45
CHAPITRE III : LES PERIMETRES DE PROTECTION		
I	Introduction :.....	46
II	Concept de la vulnérabilité	46
III	Méthodes de détermination de la vulnérabilité	46
IV	Choix de la méthode.....	47
IV.1	Définition de la méthode DRASTIC	47
IV.1.1	Les paramètres de la méthode de DRASTIC	48
IV.2	Les critères de la vulnérabilité et les risques de pollution des eaux souterraines	49
V	Les limites des périmètres de protection :.....	50
V.1	Le périmètre de protection immédiat :.....	50
V.2	Le périmètre de protection rapproché	52
V.3	Le périmètre de protection éloigné	54
VI	Conclusion.....	55
VII	Conclusion général	56

LISTE DES ABREVIATIONS

REFERENCE

ANNEX

LISTE DES FIGURE

Figure 1: Eaux souterraines emmagasinées dans les fissures et les pores[1].....	2
Figure 2: Schéma représente les différents types de nappes[2]	3
Figure 3 Puits traditionnel.....	5
Figure 4 : Puits artésien	6
Figure 5: Forage	7
Figure 6: Source	8
Figure 7 : Schéma représente le transfert des polluants dans les eaux souterraines.....	11
Figure 8 : Schéma représente les différents types de périmètre de protection [2]	16
Figure 9 : Périmètre de protection immédiat (PPI) pour une source (Vassolo 2014).	21
Figure 10: Périmètre de protection rapproché d'une source (Vassolo 2014).	22
Figure 11: Délimitation du PPE d'une source (Vassolo 2014).	23
Figure 12 :Délimitation du périmètre de protection immédiat (PPI) pour les forages	24
Figure 13: Carte géographique de la zone d'étude (Google maps , octobre 2020)	27
Figure 14: Carte morphologique du bassin de la Mitidja et ses environ(ANRH ,2013)	28
Figure 15: Carte de sous bassin de la plaine de la Mitidja (ANRH 2013)	29
Figure 16: Variation des précipitations annuelles (2000-2014)	30
Figure 17: Variation des précipitations mensuelles (2000-2014).....	31
Figure 18: Variation des températures mensuelles de la période 2002-2013	32
Figure 19: Diagramme de pluviométrie.	34
Figure 20 : Coupe lithologique de la zone d'étude (SARL horizon bleu)	36
Figure 21 : Carte géologique de la plaine de la Mitidja (ANRH Blida , 2015)	37
Figure 22: Coupe lithologique et technique de forage d'eau minérale (SARL horizon bleu)	37
Figure 23: Coupe hydrogéologique de la plaine de la Mitidja (carte hydrogéologique d'Alger 1972).....	38
Figure 24: Carte hydrogéologique (B.E.T.H.OS) – BLIDA)	40
Figure 25: Diagramme de piper (SARL Horizon bleu)	44
Figure 26: Carte piézométrique de la nappe de la Mitidja (compagne, avril 2015)	45
Figure 27: Carte de risque de vulnérabilité	50
Figure 28: Situation du forage d'eau minérale (SARL horizon bleu)	51
Figure 29 : Réservoirs de stockage de gasoil (SARL horizon bleu)	51
Figure 30 : Carte des forages dans la zone d'étude	53
Figure 31: Carte de délimitation du périmètre de protection immédiat et rapproché (SARL horizon bleu).....	54
Figure 32 : Carte de délimitation du périmètre de protection éloigné (SARL horizon bleu)	55

LISTE DES TABLEAU

Tableau 1: Mécanismes de transfert des polluants dans les eaux souterraines	14
Tableau 2 : Caractéristiques morphologiques des sous bassins versants(annuaire hydrologique ANRH)	29
Tableau 3 : Précipitations mensuelles (ANRH 2000-2014).....	31
Tableau 4: Températures mensuelles minim , maxim et moy des années 2002-2013	32
Tableau 5 : Coefficient d'emménagement S rapporté par McDonald[13]	41
Tableau 6: Paramètres physico-chimique.....	42
Tableau 7: Tableau comparatif des différents méthodes de la vulnérabilité (Varnoux et al , 2007).....	47
Tableau I : Précipitations moyennes annuelles de la période (2000 – 2014) (ANRH)	
Tableau II : Coordonnées des forages d'AEP	
Tableau III : Coordonnées des forages agricoles	

الملخص

يقع المنبع الذي سنقوم بدراسته في بلدية موزاية التابعة لولاية البليدة و هو يحمل نفس اسم المنطقة، هو منبع مياه معدنية غازية، يتم التقاط مياهه عبر بئر ذو قطر 400مم بمعدل 5ل/ث. نوعية هذه المياه بكاربونات الكالسيوم و المغنيزيوم، و هي غنية بالبيكاربونات.

خطر تلوث المنبع مرتبط بكثرة النشاطات الفلاحية الموجودة في المنطقة و حركة المرور إستلزمت دراسة محيط الحماية للمنبع إلى رسم خريطة قابلية التلوث بواسطة طريقة در.أ.س.ت.ا.س

الكلمات المفتاحية : موزاية, منبع, التقاط, قابلية التلوث, محيط الحماية , خريطة قابلية التلوث , طريقة در.أ.س.ت.ا.س.

RESUME

La zone d'étude est située dans la commune de Mouzaia, la Wilaya de Blida. Et qui porte le même nom de la commune, c'est une source d'eau minérale gazeuse.

Le captage de la source se fait par un forage d'un diamètre de 400 mm, et d'un débit moyen de 5 l/s.

Le faciès de celles eaux est de type bicarbonaté calcique et magnésien, elles sont riche en élément bicarbonate .

Le risque de pollution de la source est lié par prolifération des activités agricoles qui se trouvent dans la région et le trafic. L'étude du périmètre de protection de ce captage de la source nécessite la cartographie de la vulnérabilité à la pollution de ce captage par la méthode D.R.A.S.T.I.C.

Mots clés : Mouzaia, source, forage, vulnérabilité, périmètre de protection, cartographie, méthode de DRASTIC .

Summary

The study area is located in the town of Mouzaia, the wilaya of Blida. The source studied bears the same name of the town, it is a source of sparkling mineral water.

The source is captured by drilling with a diameter of 400mm, and an average flow rate of 5l/s.

The facies of these waters is of the calcium and magnesium bicarbonate type, they are rich in bicarbonate element.

The risk of pollution of the source is linked by proliferation of agricultural activities in the region and traffic. The study of the protection perimeter of this source catchment requires the mapping of the vulnerability to pollution of this catchment by the D.R.A.S.T.I.C method.

Key words: Mouzaia, source , drilling, vulnerability, protection perimeter, D.R.A.S.T.I.C method.

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

La plupart des pays dans le monde souffrent ces dernières années d'une grande détérioration de la qualité des ressources en eaux et cela à cause de la modernité de la vie humaine qui génère des déchets chargés en éléments polluants à savoir : les rejets industriels non contrôlés (les produits chimiques des usines); les eaux usées domestiques ; l'utilisation intensive des engrais chimiques et des pesticides dans l'agriculture, en plus de l'exploitation désordonnée des ressources en eaux.

L'Algérie est un pays semi-aride. Elle à connu dernièrement plusieurs problèmes .Ses ressources en eau ou trouve des altérations les eaux souterraines à cause des différents foyers de pollution. L'environnement se trouve pollué par des éléments traces métallique, et plus particulièrement les eaux souterraines qui sont de plus en plus vulnérables.

Pour cela, l'établissement des périmètres de protection autour des captages d'eau est indispensable, pour préserver et protéger les ressources d'eau contre toute forme de pollution.

Notre travail est structuré en trois chapitres :

- Le premier chapitre consistera en une étude bibliographique générale sur les périmètres de protection des eaux souterraines et les différents types de pollution.
- Le second chapitre sera concerné l'étude du contexte géologique, climatique, hydrogéologique et hydro chimique de la zone de Mouzaia, choisie comme cas d'étude.
- Le dernier chapitre sera réservé pour les limites des périmètres de protection de la zone d'étude et les risques de la vulnérabilité à la pollution.

Enfin une conclusion générale à ce travail.

CHAPITRE 01

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I Introduction

L'eau souterraine cachée et invisible, souvent vulnérable aux nombreuses sources de contamination qui découlent des activités humaines « l'agriculture, l'industrie,... ». Pour cette raison, il faut la protéger par des périmètres de protection.

Ce chapitre présente des généralités sur les eaux souterraines et leurs captages ainsi que les méthodes de protection.

II LES EAUX SOUTERRAINES

Toutes les eaux se trouvant sous la surface du sol, dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou le sous-sol.

En tant que ressource naturelle vitale et plus ou moins renouvelable et parfois transfrontalières, ces eaux posent des questions juridiques particulières. C'est parfois une source de conflit inter ethnique ou entre pays.

Les aquifères souterrains sont la réserve majeure (96 %) de l'eau douce exploitable sur les terres émergées. Leur pompage est réparti dans les usages suivants [1] :

- 65 % pour l'irrigation.
- 25 % pour l'eau potable
- 10 % pour l'industrie.

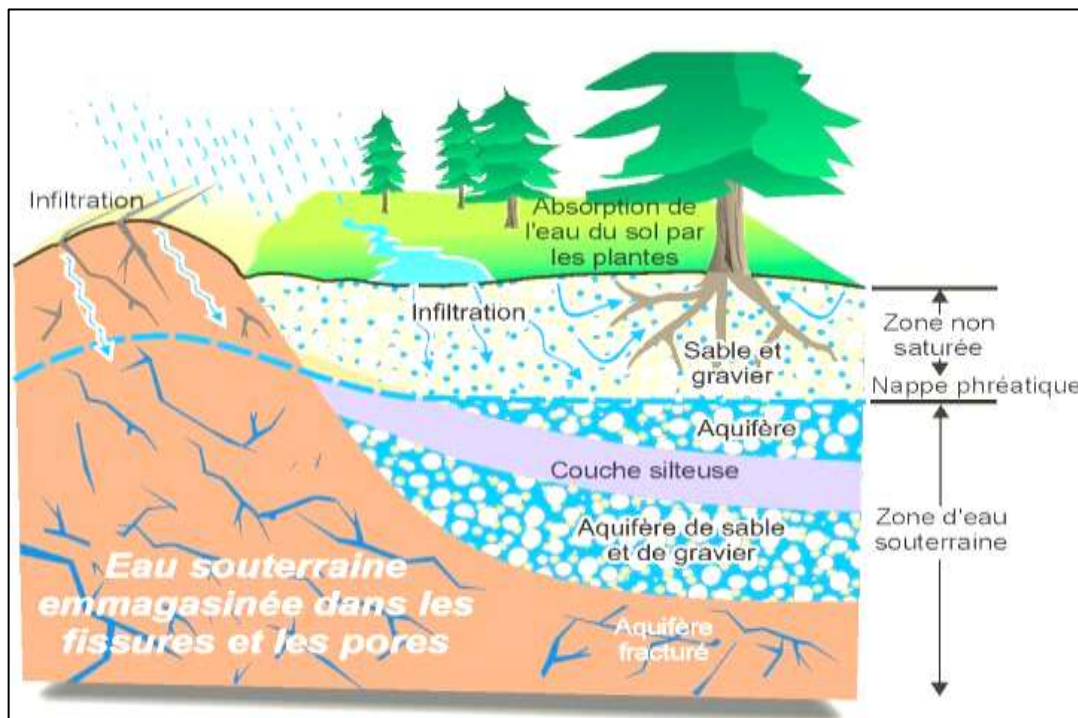


Figure 1: Eaux souterraines emmagasinée dans les fissures et les pore [1]

III LES NAPPES ET LES RESERVOIRS

III.1 Les nappes

Dans la nature il existe plusieurs types de nappes, selon les roches magasins

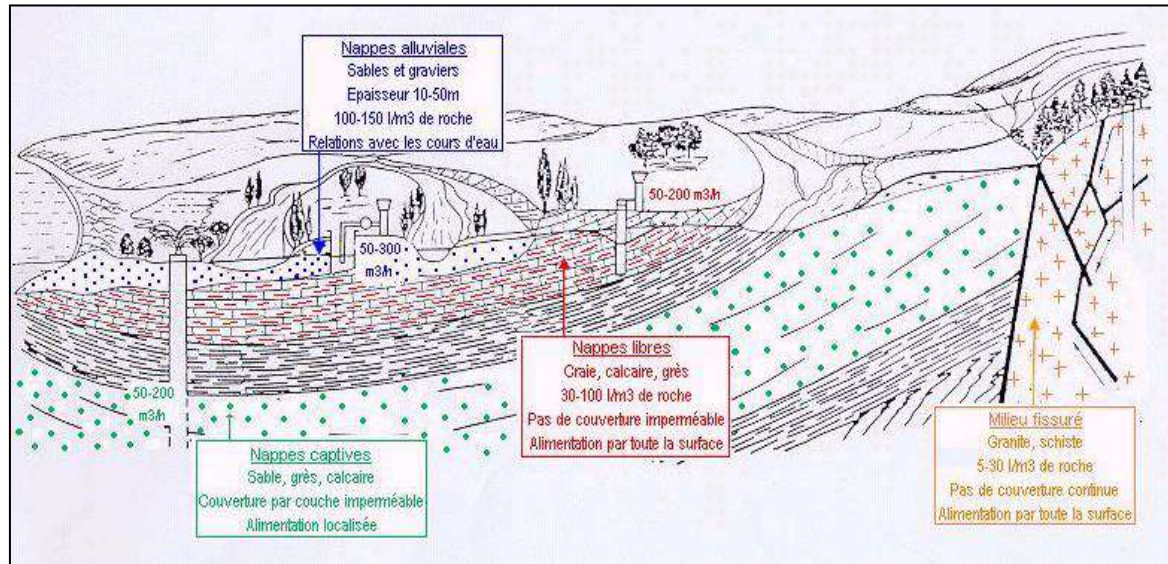


Figure 2: Schéma représente les différents types de nappes[2]

III.1.1 La nappe libre

Elles sont contenues dans des roches poreuses (sable, craie, calcaire) jadis déposées en vastes couches. Ces nappes sont dites libres parce que la surface supérieure de l'eau fluctue sans contrainte. Il n'y a pas de couverture imperméable au toit du réservoir et la pluie qui s'infiltré peut les alimenter par toute la surface. Ces nappes sont souvent peu profondes. [2]

III.1.2 La nappe captive

Elles sont contenues dans les mêmes types de roche, elles-mêmes recouvertes par une autre couche géologique imperméable qui confine l'eau. Celle-ci est alors sous pression et peut jaillir dans des forages dits artésiens. L'alimentation ne se fait que par les zones d'affleurement limitées ou par diffusion extrêmement lente par les grandes surfaces de contact avec les roches voisines, qui ne sont jamais totalement imperméables. Dans les déserts, ces nappes sont fossiles. Elles reçoivent une alimentation infime. Ce sont alors des mines d'eau épuisables. Les nappes captives sont souvent profondes. [2]

III.1.3 Les nappes alluviales

Les alluvions formées par les grands épandages de sables et graviers des fleuves et des rivières constituent des réservoirs localisés et continus, reposant sur d'autres

roches de type indifférent. Elles sont le lieu privilégié des échanges entre les cours d'eau et les autres grandes nappes des coteaux (nappes libres). C'est à travers ces nappes alluviales que les grands flux issus des nappes libres rejoignent les rivières. Parfois, ce sont les rivières qui cèdent de l'eau aux nappes alluviales. Ce phénomène est rare mais habituel dans les oueds des pays arides. [2]

III.1.4 Les nappes des roches dures fissurées

Ces roches constituent un type de réservoir aquifère aux capacités modestes mais appréciables pour les petites collectivités et les agriculteurs. C'est généralement la tranche altérée et superficielle qui constitue le réservoir, et les fractures de la roche dure sous-jacente qui offrent les voies par où l'eau peut s'écouler.

Quand on exploite ces eaux, les forages recherchent les fractures, mais la réserve est souvent plus proche de la surface du sol. Ces nappes, comme d'autres, sont vulnérables à la pollution. [2]

III.2 L'aquifère

Un aquifère est une nappe d'eau souterraine contenu dans un sol ou une roche réservoir originellement poreuse ou fissurée, et suffisamment perméable pour que l'eau puisse y circuler librement. [2]

III.2.1 Principaux types d'aquifère

III.2.1.1 Aquifères en roche meuble

Les aquifères en roches meubles sont caractérisés par une structure et une granulométrie très irrégulières. Leur perméabilité, leur capacité de filtration et leur capacité d'emménagement varient donc rapidement d'un point à l'autre. [2]

III.2.1.2 Aquifères fissurés

Les régions karstiques se caractérisent par l'absence de réseau hydrographique superficiel et par l'existence de gouffres, de dolines et de sources très importantes. [2]

III.2.1.3-Aquifères karstiques

Dans les roches fissurées, l'eau suit les discontinuités ouvertes, diaclases, fractures et joints de stratification, qui forment un réseau continu plus ou moins ramifié. La vitesse d'écoulement dépend de l'ouverture des fissures, de leur fréquence et de leur degré d'interconnexion. La capacité d'emménagement reste le plus souvent faible. [2]

III.3 Captages d'eau souterraine

Le captage d'eau souterrain est un outil de prélèvement d'eau, donc on a trois ouvrages de captage d'eau souterraine : puits, forage et source. [2]

III.3.1 Les puits

Les puits sont des ouvrages verticaux peu profonds à parois maçonnées et réalisés en gros diamètre. Traditionnellement, ils traversent les niveaux d'altération des formations du sol sur quelques mètres de profondeur et recoupent le toit de la nappe : les débits sont alors faibles et l'exploitation de l'eau repose sur l'effet capacitif de l'ouvrage.

Les puits sont très sensibles aux variations saisonnières : maximum de débit en hiver et minimum en automne ; climatiques : baisse marquée des niveaux des nappes en période de

Sécheresse prolongée, pouvant aller jusqu'à l'assèchement temporaire de l'ouvrage et à la pollution de l'eau, principalement par les nitrates et les pesticides. [2]



Figure 3 : Puits traditionnels [3]

III.3.2 Un puits artésien

Est une exurgence formant un puits où l'eau jaillit

Spontanément. Le puits peut également être artificiel (forage). Ce phénomène a été mis en évidence pour la première fois en France par les moines de l'abbaye de Lillers, en Artois en 1126, d'où son nom. [4]

L'« artésianisme » se produit lorsque la configuration particulière de la géologie d'un lieu et sa topographie provoquent une telle mise en pression de l'aquifère, soit

lorsque l'inclinaison de la couche géologique imperméable qui le surmonte le contraint sous le niveau de sa ligne piézométrique (ligne d'égale pression de l'eau souterraine). Si cette couche est forée, l'eau remonte le forage en jaillissant, selon le principe des vases communicants.

Ces eaux souterraines profondes pouvant être chaudes, les puits artésiens sont aussi utilisés dans des systèmes de chauffage_géothermique.

On désigne parfois à tort par « puits artésien » un puits foré dans une nappe sous pression, qui n'est pas jaillissante mais simplement « captive ».

Dans ce cas, on devrait parler de « puits subartésien ». [4]



Figure 4 : Puits artésien [4]

III.3.3 Les forages

Le forage est une technique ou opération permettant le creusement de trous généralement verticaux (figure 5). L'eau du forage est purifiée par un long parcours à travers le sol, les possibilités de pollution sont donc réduites, et surtout si l'extraction de l'eau se fait au moyen de pompe. Raison pour laquelle l'eau de forage est en général la meilleure pour la consommation humaine.

La première et la plus importante étape pour la conception d'un bon forage est de réaliser la coupe de forage (détermination de la localisation exacte (profondeur) des couches perméables (aquifères), et la localisation de toute couche imperméable dans le forage). A partir de la coupe de forage, on peut déterminer précisément la

profondeur et la longueur de la crépine ainsi que la profondeur et l'épaisseur du massif filtrant et du joint d'étanchéité sanitaire. [3]



Figure 5: Forage [3]

III.3.4 Les sources

Une source est un lieu d'apparition et d'écoulement d'eau souterraine à la surface du sol. Elle est toujours liée à l'existence d'une nappe et peut être située au mur ou au toit du réservoir aquifère.

Les sources présentent généralement les qualités de l'eau souterraine, tout en permettant une exploitation aisée. Leur présence est étroitement liée à la géologie du terrain.

Un plancher rocheux imperméable, tel qu'un gisement d'argile est à la base d'une couche de sol ou roche saturée, alors, une source tendra à apparaître sur la pente où la couche d'argile affleure.

Les roches plutoniques sont également imperméables à l'eau, pourtant elles sont souvent fragmentées et les sources apparaissent généralement là où ces ruptures viennent en surface.[2]



Figure 6: Source [3]

III.3.5 L'Aire d'Alimentation de Captage :

- **BV topographique** : eaux de surface domaine où les écoulements superficiels convergent vers un même exutoire. [2]
- **BV géologique= BV souterrain**/eaux souterraines domaine où les écoulements souterrains convergent vers un même exutoire. [2]
- **BAC = AAC**: lieu des points de la surface du sol qui contribuent à l'alimentation du captage, par infiltration directe des eaux ou par ruissellement. [2]

IV GENERALITE SUR LES POLLUTIONS DES EAUX SOUTERRAINES

Dans ce qui suit nous nous sommes inspirés d'un cours sur la pollution des nappes souterraines obtenu sur le site de l'Université Picardie Jules Verne en France . Nous avons synthétisé les points essentiels.

IV.1 Source de pollution des eaux souterraines

La plupart des contaminations des eaux souterraines est due à l'activité humaine. La contamination humaine des eaux souterraines peut être liée à l'évacuation des déchets d'une manière directe (systèmes privés d'évacuation d'eaux d'égout,

élimination des déchets solides, retenu d'eau usagée, propagation du cambouis dans la terre, formation de saumure dû à certaines industries de pétrole, élimination des eaux usées, les déchets radioactifs) ou de manière indirecte (accidents, certaines activités agricoles, exploitation, routes dégivrées, pluies acides, mauvais entretien des captages, sel de route). Voici, une brève description de quatre différentes sources de contamination. [3]

IV.1.1 Naturel

Les types et les concentrations d'impuretés naturelles dépendent de la nature du matériel géologique par lequel les eaux souterraines se déplacent, et de la qualité de l'eau de recharge. Les eaux souterraines se déplaçant à travers les roches et les sols sédimentaires, peuvent absorber un éventail de composés tels que le magnésium, le calcium, et les chlorures. Certaines couches aquifères ont des concentrations naturelles élevées en constituants dissous tels que l'arsenic, le bore, et le sélénium. L'effet de ces sources normales de contamination sur la qualité d'eaux souterraines dépend du type du contaminant et de ses concentrations. [3]

IV.1.2 Agricole

Les pesticides, les engrais, les herbicides et les déchets animaliers sont des sources agricoles de contamination des eaux souterraines.

Une région agricole qui manque de drainage est considérée par beaucoup de fermiers comme étant terre perdue du point de vue du revenu.

Le stockage de produits chimiques agricoles près de conduits d'eaux souterraines, telles que les puits, est susceptible de s'accumuler et de provoquer une contamination. Ce dernier peut également se produire quand des produits chimiques sont stockés dans des secteurs découverts, non protégés du vent et de la pluie. [3]

IV.1.3 Industriel

Les industries de fabrication et de secteur tertiaire ont des demandes élevées en eau pour les procédés de refroidissement, de traitement ou de nettoyage. La pollution des eaux souterraines se produit quand l'eau utilisée est retournée au cycle hydrologique. L'activité économique moderne exige le transport et le stockage de la matière employée dans la fabrication, le traitement, et la construction.

De cette manière, une partie de ce matériel peut être perdue par débordement, par fuite, ou par mauvaise manipulation. L'élimination des pertes, associée aux activités ci-dessus, est une autre source de contamination des eaux souterraines.

Certaines entreprises, habituellement sans accès aux réseaux d'égouts, se servent dans les eaux souterraines peu profondes. Elles emploient des fosses ou des puisards secs, ou envoient l'eau usagée dans les réservoirs septiques. Les fosses et les puisards secs provoquent l'infiltration des déchets directement dans le sol. Les systèmes septiques ne peuvent pas traiter les pertes industrielles. [3]

IV.1.4 Résidentiel

Les systèmes résidentiels d'eau usagée peuvent être une source de différents types de contaminants, y compris des bactéries, des virus, des nitrates, et des composés organiques. Les puits utilisés pour l'évacuation des eaux domestiques usagées (les systèmes septiques, puisards, puits de drainage pour l'écoulement de précipitations exceptionnelles, puits de recharge d'eaux souterraines) sont particulièrement concernés par la qualité des eaux souterraines s'ils sont placés près des puits d'eau potable. Les pesticides, les batteries, l'essence et le carburant diesel peut mener à la contamination des eaux souterraines. Lorsqu'ils sont entreposés dans les garages ou les sous-sols, le nettoyage des planchers, les flaques et les inondations peuvent introduire de tels contaminants dans les eaux souterraines. [3]

IV.1.5 Diffuses

La pollution diffuse concerne les cas de contamination des eaux dont les origines sont généralement connues, mais pour lesquelles il est difficile voire impossible de repérer géographiquement des rejets dans les milieux aquatiques et les formations aquifères.

Ces pollutions peuvent provenir des pratiques de fertilisation ou de traitements phytosanitaires. Elles peuvent également provenir d'une gestion des terres (absence de couverture végétal en automne par exemple) et d'un aménagement de l'espace et des parcelles ne permettant plus de limiter l'érosion (matières en suspension) ou les transferts de polluants (azote, phosphore, pesticides.....). [5]

IV.1.6 Accidentelle

La pollution est l'introduction dans un milieu par l'homme, directement ou indirectement, de substances ou d'énergie ayant une action nocive de nature à mettre en danger la santé de l'homme, à endommager les ressources biologique et les écosystème, à détériorer des bien matériels à porter atteinte ou nuire au valeur d'agrément et aux autres utilisation légitimes de l'environnement. [5]

IV.2 Transfert des polluants dans les eaux souterraines

Le transfert d'un polluant étant indissociable de l'écoulement du fluide qui le véhicule, le comportement d'une pollution dans un milieu géologique donné dépend des lois et des paramètres de l'écoulement de la phase liquide. En effet, différentes propriétés des milieux traversés et celles des polluants jouent un rôle primordial sur le transfert de ces substances. En prenant en compte les éventuelles interactions entre le polluant et le milieu permettent une meilleure gestion des ressources souterraines. Qu'il s'agisse d'une pollution diffuse de type agricole ou d'une pollution accidentelle, le schéma général de contamination des eaux souterraines est le même le point de départ est la surface du sol jusqu'à la nappe en passant par la zone non saturée, puis le cheminement subhorizontal avec étalement progressif du panache de pollution, comme indiqué dans la.[7]

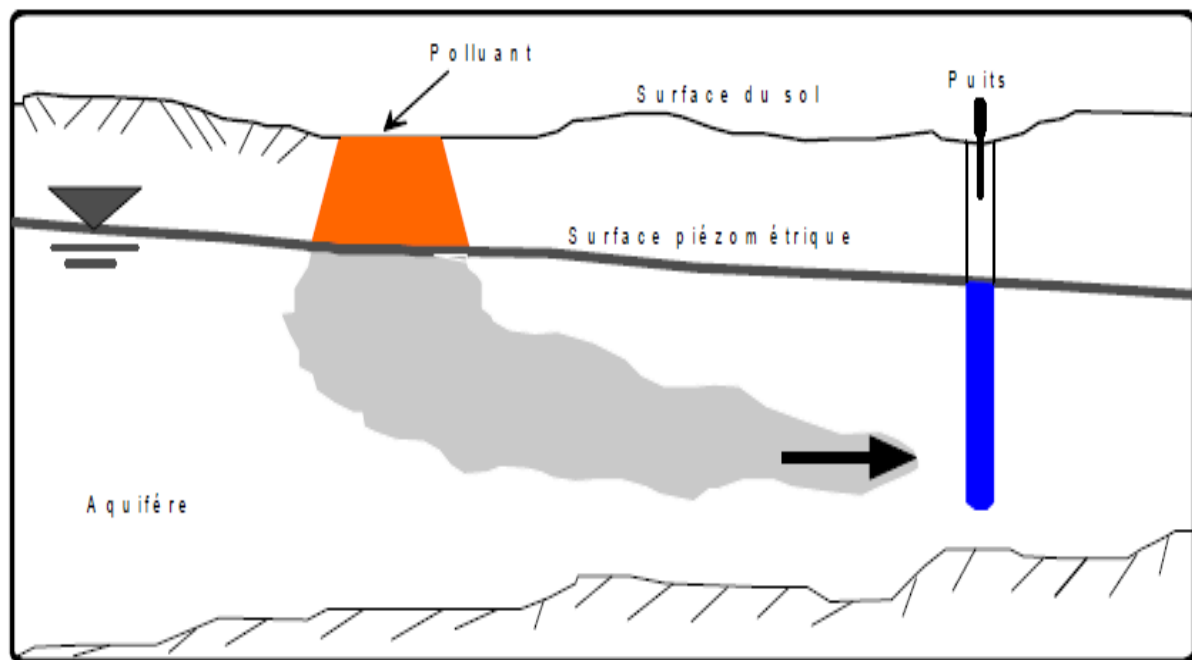


Figure 7 : Schéma représente le transfert les polluants dans les eaux souterraines. [7]

IV.3 Mécanismes de transfert des polluants dans les eaux souterraines

La couche du sol non saturée (chargé d'air) est un filtre imparfait qui laisse passer les polluants. Les transferts de polluants dans les eaux souterraines se déroulent selon trois processus : physique, chimique et biologique. [7]

IV.3.1 Les transferts physiques

L'eau se déplace par gravité en s'infiltrant par la porosité du sol et/ou en suivant les pentes d'écoulement préférentiel. La convection correspond au transfert vers les profondeurs ; la dispersion correspond à la diffusion de l'eau dans des voies plus ou moins horizontales. Le temps de transfert va dépendre de deux facteurs principaux : les caractéristiques du sol et son humidité. [7]

IV.3.2 Les caractéristiques du sol

C'est-à-dire sa composition (proportion de sable, argile, gravier), sa perméabilité, mais aussi son homogénéité. Un sol homogène (sable par exemple) présente une même porosité (macro porosité et microporosité) et par conséquent un temps de transfert unique. Un sol hétérogène avec des fissures (comme le karst qui est l'aquifère le plus hétérogène du point de vue hydrodynamique), entraîne des vitesses d'écoulement très variables : la vitesse d'écoulement dans le sable est de l'ordre de un an pour 200 mètres, tandis que des fissures dans un sol karstique, calcaire ou volcanique, peuvent accélérer les vitesses, de 15 mn à 20 jours pour 200 mètres. L'écoulement peut être aussi rapide que celui d'une rivière. Les vitesses d'écoulement sont toujours beaucoup plus lentes que les réponses des nappes à un changement de pression (ex. orage) qui se transmettent beaucoup plus vite. [7]

IV.3.3 L'humidité des sols

A sols comparables, plus le sol est humide et plus le temps de transfert est rapide. L'eau circule d'autant plus vite et facilement qu'il existe de l'eau au départ.

Ce facteur, connu sous le nom de conductivité hydrique, est plus important que la variabilité des caractéristiques pédologiques (la composition du sol). Il y a bien sûr une interaction entre caractéristiques du sol et humidité. Des polluants peuvent être emprisonnés dans des parties du sol imperméables puis libérées par de fortes charges hydrauliques. [7]

IV.3.4 Les transferts chimiques

Au cours de leur parcours dans le sol, les molécules peuvent subir diverses transformations chimiques, dont les deux principales sont d'une part la dissolution (le polluant se dissout dans l'eau - cas des hydrocarbures par exemple) ou son contraire, la précipitation (le polluant se minéralise, se fixe dans le sol) et d'autre part l'oxydoréduction. Sous certaines conditions (rareté de l'oxygène au fur et à mesure

de la descente dans le sol), les polluants peuvent s'oxyder, c'est-à-dire s'unir avec l'oxygène. Le cas le plus connu est l'ammonium, présent dans les engrais qui, au contact avec l'oxygène et des bactéries, se transforme en nitrates (NO₃).

Le phénomène inverse peut se produire dans le processus de dénitrification : les atomes d'oxygène disparaissent, de telle sorte qu'il n'existe plus que l'azote gazeux.

[7]

IV.3.5 Les transferts biologiques

La transformation biologique implique l'action de bactéries et de micro-organismes vivants. Deux phénomènes peuvent être distingués : [7]

IV.3.6 La biodégradation

La plupart des molécules chimiques apportées au sol en agriculture soit sont absorbées par les systèmes racinaires des plantes (c'est même leur objectif), soit sont biodégradables et disparaissent sous l'action des bactéries.

Le processus microbien est le premier mode de dégradation, mais il se raréfie au fur et à mesure que l'on descend dans le sol, car les bactéries, chiffrées par milliards dans la première couche superficielle, sont de moins en moins nombreuses. Un deuxième phénomène intervient alors : le transport colloïdal. [7]

IV.3.7 Le transport colloïdal

Si certaines bactéries ont un rôle de destruction des molécules chimiques, d'autres ont un rôle de transporteur. Certaines molécules chimiques ou minérales (métaux lourds) ont la faculté de se fixer aux bactéries de très petite taille. Les molécules dont la taille est inférieure à celle des argiles (de l'ordre de 2 microns) peuvent être ainsi transportées et transférées au travers de couches de sol imperméable, et rejoindre la nappe captive.

Il n'y a pas de temps-type de transfert, mais seulement des échelles de temps. A sol égal, le temps de transfert des nitrates sera plus court que celui des pesticides, qui sera lui-même plus court que celui des métaux lourds.

Une bonne connaissance des mécanismes de transfert est fondamentale pour aider les décideurs à préserver de façon durable la ressource d'eau souterraine et à effectuer les arbitrages qui s'imposent : étendue des périmètres de protection, Les modalités et temps de transfert des polluants sont très variables selon les types de polluants, selon les sols et font appel à trois processus distincts : les caractéristiques

des sols et leur humidité, les réactions chimiques des molécules avec l'eau et le milieu, l'activité microbienne.

Ainsi, une nappe peut être protégée pour un type de pollution et pas contre une autre. Comme exemple d'illustration, une nappe des sables est bien protégée des pollutions microbiologiques grâce au pouvoir filtrant des sables, mais ceux-ci restent inefficaces faces aux pollutions chimiques solubles dans l'eau. [7]

Les différents mécanismes sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 1: Mécanismes de transfert des polluants dans les eaux souterraines [7]

	Sol superficiel (0,1-1m)	Zone non saturée (1-10; 1-100m)	Nappe profonde
Vitesse des transferts liée à :	-Végétation. -Microorganisme. -Humidité.	-Structure du sol. -Porosité. -Humidité. -Transport colloïdal	-Nature de la roche. -Microporosité.
Transformation liée à:	-Transformation biologique; action des bactéries	-Transformation chimique abiotique-dissolution/précipitation/oxydation.	-Transformation chimique abiotique dissolution/précipitation/oxydation.

V LES PERIMETRES DE PROTECTION

V.1 Notion de protection des captages des eaux

Les eaux souterraines représentent généralement une excellente source d'approvisionnement en eau potable. Le filtre naturel constitué par les matériaux géologiques produit le plus souvent une eau de grande qualité, avec notamment de très faibles teneurs en microorganismes et autres substances en suspension.

Il en résulte que l'exploitation des eaux souterraines présente des avantages économiques appréciables, du fait qu'elles ne nécessitent que peu de traitement (parfois même aucun traitement) avant leur distribution dans un réseau d'eau potable. Le maintien de cet avantage relatif requiert cependant que des mesures soient prises pour préserver de façon durable la qualité de la source d'approvisionnement.

Il s'agit de périmètre de protection. C'est un moyen qui permet la préservation des ouvrages de captage notamment des trois principales sources potentielles de contamination

(Lallemand Barres 1999) qui est :

- La composition des formations aquifères.
- Les eaux de surface.
- Les activités anthropiques.

Une bonne protection nécessite une bonne estimation de l'aire d'alimentation de ces ouvrages soit la portion du territoire sur laquelle l'eau qui s'infiltré aboutira tôt ou tard au point de captage. C'est sur cette portion du territoire que les risques de pollution doivent être

minimisés, voir éliminés.[3]

V.2 Objectif des périmètres de protection

Le périmètre de protection est une zone particulière autour d'un captage d'eau potable (Source, Puits ou forage) pour limiter les risques de pollution de l'eau captée. Ce périmètre est un contour délimitant le domaine géographique à l'intérieur duquel est interdite ou réglementée toute activité susceptible de porter atteinte à la conservation qualitative des ressources en eau. Généralement, quand il s'agit de la protection des captages d'eau destinée à

la consommation humaine, trois périmètres différents sont définis: le périmètre de protection immédiat, le périmètre de protection rapproché et le périmètre de protection éloigné.

Les périmètres de protection immédiats et rapprochés sont obligatoires pour tous les captages. En revanche, le périmètre de protection éloigné est nécessaire seulement dans des cas spécifiques et sur demande du Ministère ayant l'eau dans ses attributions.

Les zones de protection doivent pouvoir servir pour une protection préventive ainsi que pour un assainissement, dans le cas d'une contamination des eaux captées. Le but est de disposer d'un outil permettant de définir des secteurs sensibles où des actions d'assainissement de grande efficacité pourront être proposées. Pour éviter de nouveaux problèmes de contamination des eaux souterraines et assurer un approvisionnement en eau de qualité, il est essentiel de bien connaître la ressource et de la protéger. [3]

V.3 Les types de périmètres de protection

Les périmètres de protection correspondent à un zonage établi autour des points de captage d'eau potable. Ils constituent le moyen privilégié pour prévenir et diminuer toute cause de pollution locale, ponctuelle et accidentelle qui peut altérer la qualité des eaux prélevées. [3]

Cette protection peut être mis en place, trois niveaux pour chaque captage

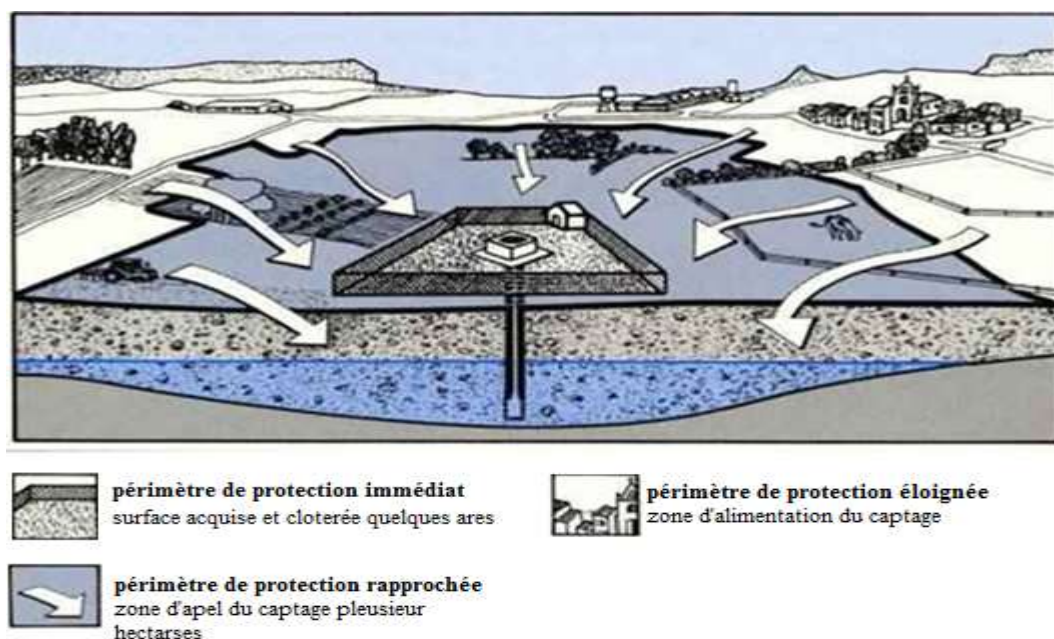


Figure 8 : Schéma représente les différents types de périmètre de protection [2]

V.3.1 Périmètre de protection immédiat (PPI)

Le périmètre de protection immédiat (PPI) a pour but la protection de l'ouvrage et son entourage le plus proche. En effet, il vise à garantir la sécurité des installations de prélèvement contre toutes formes de détérioration et à empêcher des déversements ou des infiltrations de substances polluantes à l'intérieur ou à proximité du point de captage de l'eau.

Premier niveau de protection, obligatoire, comprend le terrain directement adjacent au point de captage et a pour objet d'éviter les injections directes de polluants dans les eaux exhaures. Ce terrain doit être acheté par le propriétaire du captage et doit être entièrement clôturé . Aucune activité n'est tolérée à l'intérieur, à l'exception de celles qui sont liées à la maintenance des ouvrages. [6]

V.3.2 Périmètre de protection rapproché (PPR)

Le Périmètre de Protection Rapproché (PPR) a comme fonction la protection de la qualité de la ressource en eau souterraine. Il vise la protection de la ressource contre les microorganismes pathogènes (bactéries, virus, parasites, etc.) ou toute sorte de pollution pouvant compromettre la qualité de l'eau souterraine. Le PPR doit être suffisamment large pour assurer la disparition des bactéries pendant leur migration souterraine vers le captage.

Ce périmètre de protection rapproché a donc pour but de protéger efficacement le captage des pollutions dissoutes ou en suspension dans l'eau et de protéger le captage contre les pollutions entraînées par les écoulements souterrains. Les activités humaines potentiellement dangereuses et polluantes pour la ressource y sont réglementée . [6]

V.3.3 Périmètre de protection éloigné (PPE)

Le Périmètre de Protection Éloigné (PPE), appelé aussi zone de vigilance, correspondrait théoriquement à l'ensemble du bassin d'alimentation du captage mais pour des raisons économiques et pratiques est généralement limité à une zone plus réduite. Il protège la ressource de toute pollution ponctuelle ou diffuse qui pourrait affecter la qualité de l'eau sur

des longues distances comme les substances chimiques ainsi que les substances radioactives.

Ce périmètre sert qu'en cas de danger imminent, on dispose de temps et de l'espace suffisant pour intervenir et prendre les mesures d'assainissement qui s'imposent.

Cependant, dans la pratique ce périmètre ne sera appliqué qu'à des cas particuliers et sur demande du Ministère ayant l'eau dans ses attributions [6].

Lorsqu'il est mis en œuvre, ce périmètre est souvent d'une relative grande étendue autour et en amont du point de captage. Sa superficie et sa géométrie varient de manière significative d'un captage à l'autre, en fonction des conditions hydrogéologiques, du degré d'urbanisation et de l'existence d'activités polluantes potentielles. Les activités humaines peuvent faire l'objet d'un complément de réglementation selon leur nature et leur distance du point de captage. .[6]

V.4 Périmètres de protection selon le type d'aquifère :

V.4.1 Aquifère en roche meuble :

La délimitation de périmètre de protection dans un aquifère en roche meuble est définie à partir des données hydrogéologique (extension de l'aquifère, relation avec des réservoirs latéraux). Cela nécessite au connaitre le sens de circulation des eaux souterraines dans tous les contextes hydrologique (basse à hautes eaux), le gradient de la nappe, ainsi que l'aire d'influence du captage, ou tout au moins les indications quant à l'extension du cône de rabattement en pompage pour les puits et les forages.

- ✓ La limite du périmètre de protection immédiate doit se trouver à 10 m au moins au large de la partie la plus extérieure de l'ouvrage de captage. Pour un captage de source, cette distance peut être inférieure à 10 m du côté aval.
- ✓ Le périmètre de protection rapprochée en roche meuble est dimensionné de telle sorte que le temps de séjour des eaux souterraine soit d'au moins 10 jours.
- ✓ La délimitation du périmètre de protection éloignée doit couvrir le bassin d'alimentation du captage. .[3]

V.4.2 Aquifère en roche fissurée :

Dans les aquifères fissurés ou à porosité de fissure, l'écoulement des eaux souterraines s'effectue le long des fractures, diaclases et faille.

Ils présentent un réseau de discontinuités principales caractérisées par des perméabilités élevées, jouant le rôle de transferts d'eau et drainage vers les zones d'exutoire.

Le dimensionnement des zones de protection des eaux souterraines est déterminé par la vulnérabilité du bassin d'alimentation des captages à protéger. [3]

V.4.3 Aquifère en roche karstique :

Les régions karstiques se caractérisent par l'absence de réseau hydrographique superficiel et par l'existence de gouffres, de dolines et de sources très importantes.

Les calcaires et les dolomies forment des aquifères caractérisés par une perméabilité extrêmement hétérogène et anisotrope. L'eau circule dans les petites fissures, les pores de la roche, et dans des conduits de dimensions parfois importantes résultant de la dissolution de la matrice carbonatée.

Les périmètres de protection des eaux souterraines sont dimensionnés sur la base de caractéristiques géologiques, géomorphologiques et hydrogéologiques du bassin d'alimentation des captages à protéger.

Afin de délimiter les périmètres de protection en milieu karstique, il est nécessaire d'identifier le système, de le caractériser et d'en définir la vulnérabilité.

La vulnérabilité des eaux souterraines correspond à une insuffisance de protection ou de défense naturelle des aquifères contre les menaces de pollution, en fonction des conditions hydrogéologiques locales. [3]

V.5 Délimitation des zones de protection

Plusieurs méthodes sont utilisées pour délimiter les périmètres de protection on s'est appuyé sur un guide national de détermination des périmètres de protection des captages d'eau destinée à la consommation humaine.

La détermination des périmètres de protection plus adaptés aux conditions hydrogéologiques locales qui seront souvent de moindre dimension et fréquemment plus réduits en taille, est possible si des données hydrogéologiques spécifiques de l'endroit sont connues, comme l'épaisseur saturée de l'aquifère, le gradient hydraulique, la conductivité hydraulique et la porosité efficace sont connus. Ces données seront le résultat d'une étude technique qui doit être effectuée par des spécialistes en hydrogéologie.

La délimitation de ces périmètres de protection est basée, d'une part, sur des critères hydrogéologiques qui permettent de justifier l'étendue de ces périmètres et, d'autre part, sur des critères environnementaux. Le contexte hydrogéologique doit constituer la base des justifications pour les prescriptions à mettre en place, dans un but de conserver la qualité de l'eau exploitée au niveau du captage. [6]

V.5.1 Source

La délimitation des périmètres de protection est impérative pour des sources avec un débit moyen annuel supérieur à 0,5 l/s. Les sources avec un débit inférieur à 0,5 l/s seront protégées seulement par un périmètre de protection immédiat. Pour délimiter les périmètres de protection d'une source, il est indispensable de connaître le débit moyen annuel de la source. Cette détermination nécessite de procéder à une série de mesures mensuelles (au moins une mesure par mois) pendant une année. Ces mesures de débit peuvent

être effectuées en utilisant : [6]

- un eau et un chronomètre ;
- un compteur ;
- un débitmètre non intrusif.

➤ **PPI** : Le PPI pour toutes les sources aura un minimum de 30 m vers l'amont Topographique, 5 m vers l'aval et 5 m à droite et gauche de la source.

Cette surface doit être limitée par bornage, haie vive, arbustes à enracinement peu Profond. [6]

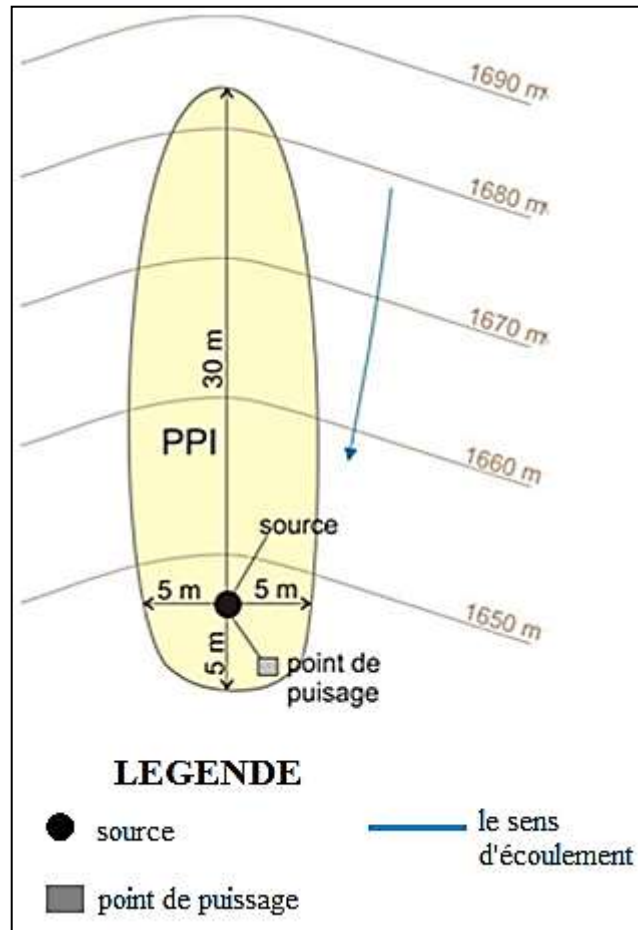


Figure 9 : Périmètre de protection immédiat (PPI) pour une source (Vassolo 2014). [6]

- **PPR : Sans données hydrogéologiques** : Le PPR s'étendra jusqu'à au maximum

250 mètres à l'amont géographique, 5 m vers l'aval et aura la forme d'une parabole autour de la source en fonction du débit annuel moyen.

La longueur de 250 m en amont est basée sur une vitesse d'écoulement de l'eau souterraine. La surface de la parabole a été déterminée afin qu'au moins la moitié du débit de la source soit rechargé dans cette zone. Si cette surface s'étend au-delà de la crête, elle sera réduite jusqu'à son sommet. [6]

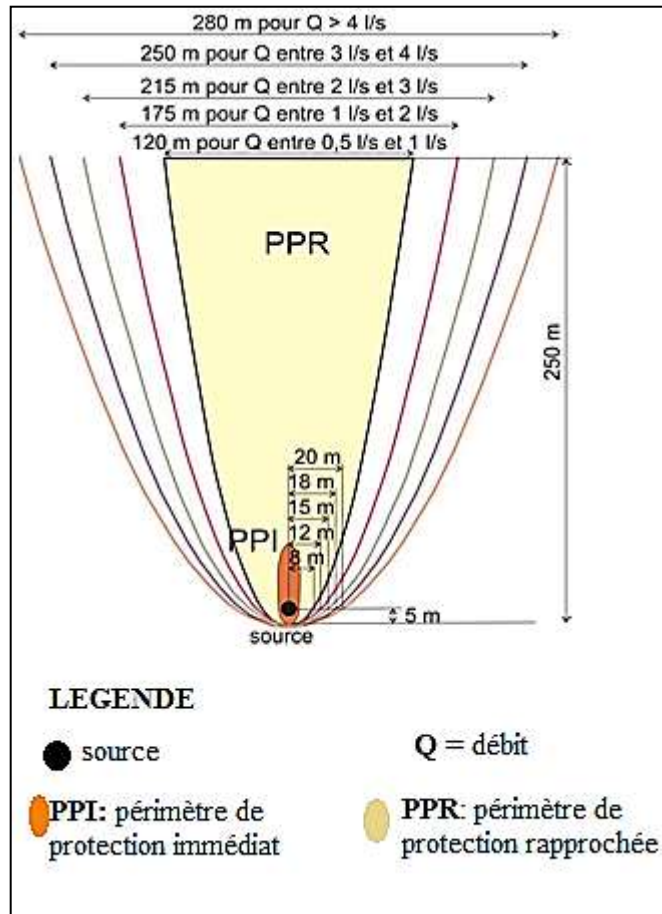


Figure 10 : Périmètre de protection rapproché d'une source (Vassolo 2014). [6]

Le PPR est défini comme l'isochrone de quelques jours, ce qui correspond au périmètre couvrant une surface dans laquelle toute goutte d'eau souterraine arrive au captage en moins de ses jours-là. La distance entre la source et la limite du PPR doit être au minimum égale à 50 mètres vers l'amont dans la direction générale des écoulements. Cette isochrone est déterminé afin de permettre l'élimination des bactéries pathogènes qui peuvent être transporté par l'eau. [6]

- **Avec données hydrogéologiques**

Une détermination plus précise du PPR requiert la connaissance de paramètres hydrogéologiques additionnels de l'aquifère qui nécessite la collecte et l'analyse de données supplémentaires et généralement l'intervention d'experts en hydrogéologie. Cela implique l'étude des points suivants : Suivi de débit(Q), température (T) et conductivité électrique (CE) lors d'événements de crue. Afin de déterminer l'isochrone des jours que le goutte d'eau arrive au captage, la méthode de Wyss Ling peut être appliquée. Pour appliquer la formule de Wyss Ling il faut connaitre :

- H : épaisseur de l'aquifère (m) ;
- k : conductivité hydraulique de l'aquifère (m/s) ;
- I0 : gradient hydraulique ;
- ne : porosité efficace ; et
- Q : débit moyen annuel de la source ($m^3/s = l/s * 0,001$).

➤ **PPE** : En cas de manque absolu de données hydrogéologiques, le PPE s'étendra jusqu'à une limite située à 500 mètres vers l'amont géographique et de 5 m vers l'aval et aura la forme d'une parabole autour de la source en fonction du débit annuel moyen. Si ce périmètre s'étend au-delà de la crête, il sera réduit jusqu'à sa cime.

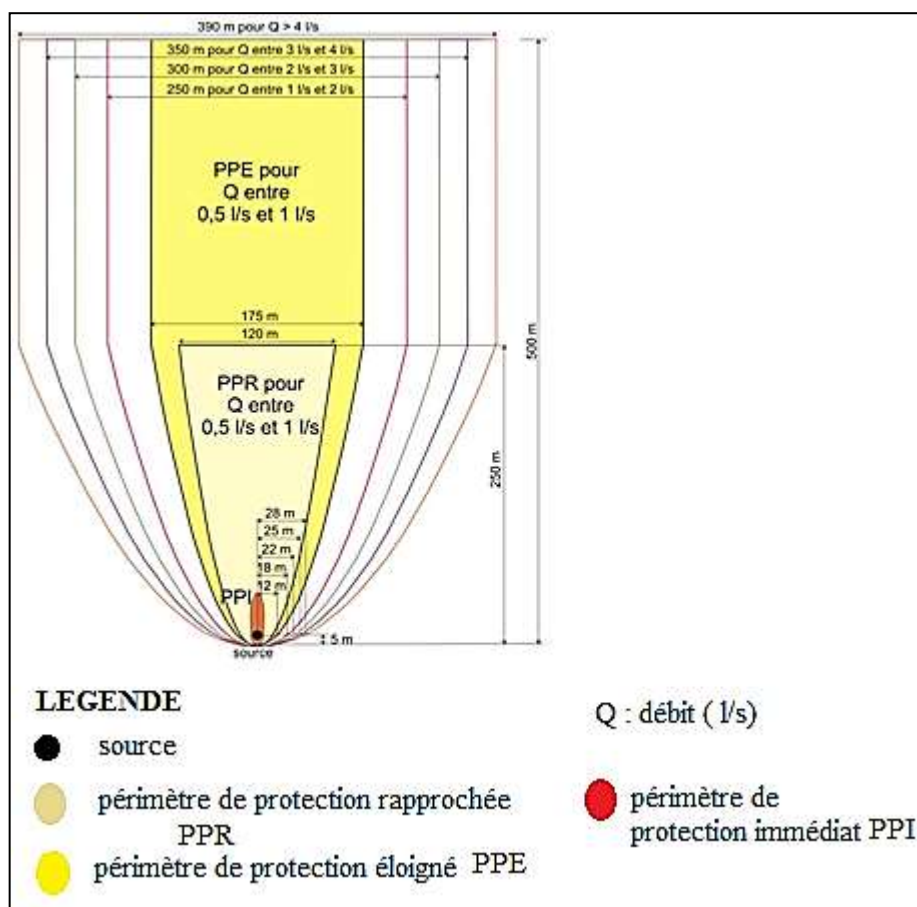


Figure 11 : Délimitation du PPE d'une source (Vassolo 2014). [6]

Avec des données hydrogéologiques disponibles et indépendamment de la vulnérabilité de la source, le PPE sera défini de façon à ce que la distance entre le PPE et le PPR soit la même que la distance entre le PPR et la source dans la direction générale des écoulements vers l'amont. [6]

V.5.2 Forage

Pour délimiter les périmètres de protection des forages, il est indispensable de connaître au moins le débit d'exploitation du forage.

➤ **PPI** : Le PPI aura un minimum de 5 m autour du forage qui doit être clôturé avec un grillage ou mur en béton muni d'une porte d'accès à maintenir fermée pour éviter l'entrée des animaux. [6]

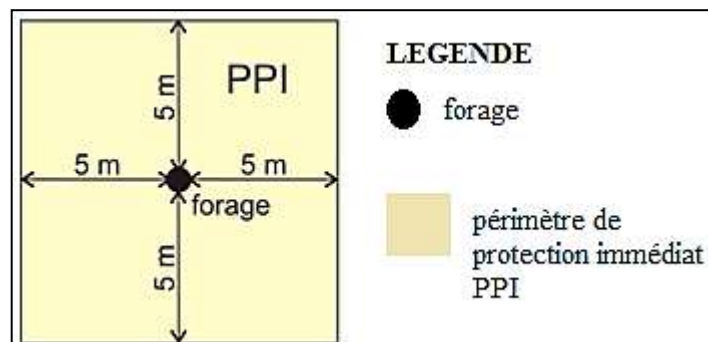


Figure 12: Délimitation du périmètre de protection immédiat (PPI) pour les forages
.[6]

➤ **PPR Sans données hydrogéologiques** : Pour déterminer le PPR d'un forage, la surface sera définie comme un cercle autour du forage dont le rayon R sera fonction du débit d'exploitation Q. Le cercle aura un rayon minimum de 50 mètres. Pour la détermination du rayon R, les débits d'exploitation seront pris en compte, comme suivent : [6]

- $Q < 15 \text{ m}^3/\text{h}$: 50 m ;
- $15 \text{ m}^3/\text{h} < Q < 25 \text{ m}^3/\text{h}$: 60 m ;
- $25 \text{ m}^3/\text{h} < Q < 50 \text{ m}^3/\text{h}$: 90 m ;
- $50 \text{ m}^3/\text{h} < Q < 75 \text{ m}^3/\text{h}$: 110 m ;
- $75 \text{ m}^3/\text{h} < Q < 100 \text{ m}^3/\text{h}$: 125 m ; et
- $Q > 100 \text{ m}^3/\text{h}$: 150 m.

- **Avec données hydrogéologiques**

Dans le cas où des études hydrogéologiques ont été effectuées et que des données hydrogéologiques spécifiques locales sont disponibles, le PPR doit être délimité de façon à permettre une durée d'écoulement des eaux dans l'aquifère, de la limite de la zone jusqu'au captage, de 10 jours minimum (isochrone de 10 jours).

A cet effet, la méthode de Wyss Ling peut être appliquée. La distance minimum entre

le forage et la limite du PPR sera de 50 mètres vers l'amont dans la direction d'écoulement de la nappe). [6]

Pour appliquer la formule de Wyss Ling (voir annexe F), il faut connaître :

- H : épaisseur de l'aquifère (m) ;
- k : conductivité hydraulique de l'aquifère (m/s) ;
- I₀ : gradient hydraulique initial (avant de commencer à pomper) ;
- n_e : porosité efficace ; et
- Q : débit d'exploitation ($m^3/s = m^3/h * 0,000278$).

Une modélisation numérique de flux, basée sur des nombreuses données additionnelles

(Situation géologique locale, composition de l'aquifère, possible présence de linéaments ou

Fractures) est plus appropriée, mais exige l'intervention d'un expert.

➤ **PPE** : le PPE sera déterminé afin que la distance PPE-PPR soit la même que PPRforage,

c'est-à-dire :

- $Q < 15 m^3/h$: 100 m ;
- $15 m^3/h < Q < 25 m^3/h$: 120 m ;
- $25 m^3/h < Q < 50 m^3/h$: 180 m ;
- $50 m^3/h < Q < 75 m^3/h$: 220 m ;
- $75 m^3/h < Q < 100 m^3/h$: 250 m ; et
- $Q > 100 m^3/h$: 300 m.

Avec des données hydrogéologiques disponibles et indépendamment de la vulnérabilité de l'aquifère, le PPE sera déterminé afin que la distance entre le PPE et le PPR soit la même que la distance entre le PPR et le forage dans la direction générale des écoulements, vers l'amont.

Dans le cas de captages de grande importance pour l'approvisionnement en eau potable il pourrait être nécessaire d'étendre le PPE à l'ensemble du bassin d'alimentation du captage. L'identification des zones de recharge et l'étendue du PPE dans ces cas particuliers demandent l'intervention d'experts en hydrogéologie à travers l'élaboration d'une étude hydrogéologique spécifique.[6]

- les critères de délimitation des zones de protection : les périmètres de protection selon (Lallement-Barrès, 1999) sont :

- le pouvoir épurateur du sol ;
- le rabattement ;
- le temps de transfert ;
- la distance ;
- limites d'écoulement.

V.6 Réglementation des activités à l'intérieur des périmètres en Algérie

Les activités pouvant faire l'objet d'interdiction ou de réglementation à l'intérieur des périmètres de protection concernent (codes des eaux, 1983) :

- l'exécution des puits ou forage ;
- l'exploitation, des carrières ;
- l'installation de canalisations, réservoirs et dépôts d'hydrocarbures ;
- l'installation de canalisations des eaux usées de toute nature ;
- l'établissement de toutes constructions ;
- l'épandage de fumier, engrais et tous produits destinés à la fertilisation des sols et à la protection des cultures ;
- les dépôts d'ordures, immondices, détritiques, produits radioactifs et d'une manière générale, tout produit et matière susceptibles d'altérer la qualité de l'eau.
- la circulation des véhicules automoteurs ;
- l'installation des stations de service de distribution de carburant ;
- toute activité sur les plans d'eau, telle que pêche, chasse, navigation, lavage et nettoyage ;
- toute autre activité susceptible d'altérer la qualité des eaux. [7]

VI Conclusion

D'après les études et les recherches bibliographiques, nous avons conclu que la qualité des eaux souterraines est indispensable par rapport à la santé humaine. Une mauvaise qualité peut affecter tant la santé humaine, donc il faut prendre toutes les procédures de la protection pour éviter leur pollution. Donc, dans ce chapitre nous avons estimé de divers ouvrages de captages des eaux souterraines, types de nappes et réservoirs, les types de pollutions et leurs facteurs, généralité sur les périmètres de protection.

CHAPITRE 02

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons présenter notre zone d'étude. On commencera par son cadre, celui de la plaine de la Mitidja, et on indique sa situation et, ses caractéristiques géographique et hydrographique, et climatique

II - Situation géographique :

La région de Mouzaia fait partie de la plaine de la Mitidja est limitée au nord par l'oued Djer, et la ville de Hattatba, au sud par la barrière montagneuse du djebel Tamezguida, à l'ouest par la rive gauche de l'oued Bouroumi et à l'est par la rive droite de l'oued Chiffa.

Le forage d'eau minérale de Mouzaia (aquasim) est situé à l'extrémité nord de la commune de Mouzaia, et est distance du chef-lieu de 10 km en direction de la ville de Hattatba, il se trouve au point de coordonnées Lambert :

X=499.230.

Y=361.260.

Z= 43.

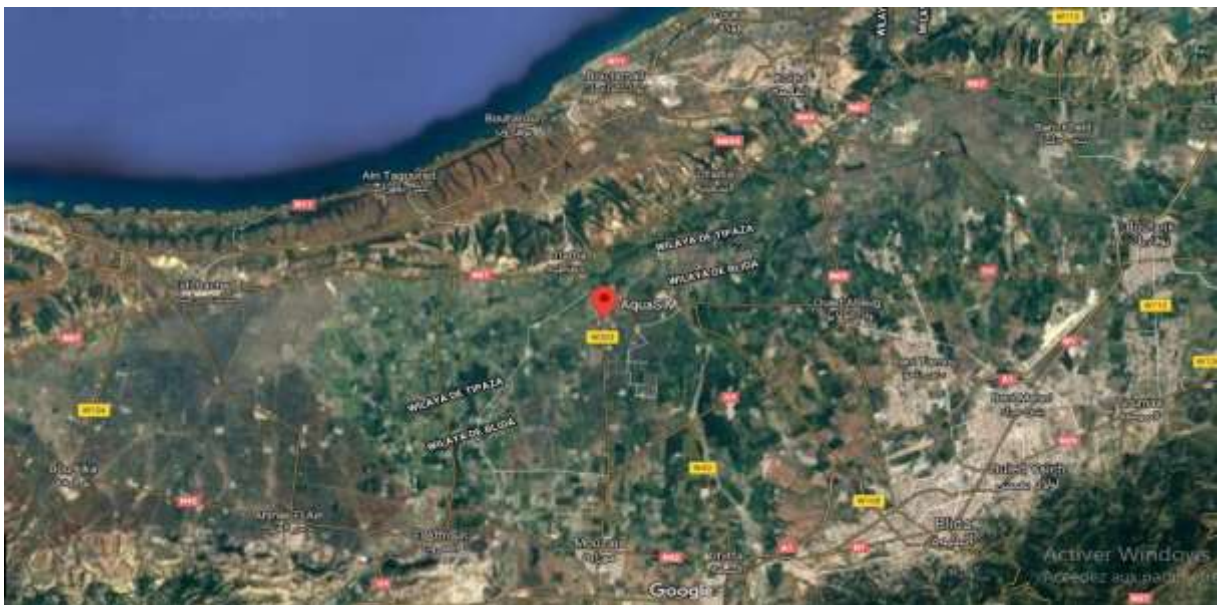
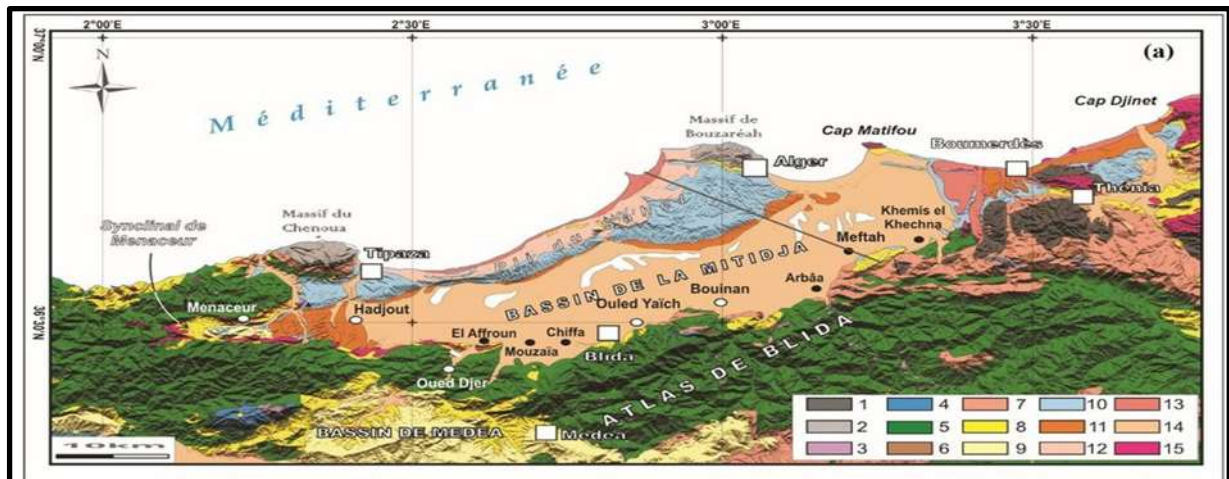


Figure 13 : Carte géographique de la zone d'étude (Google maps , octobre 2020)

La zone étudiée est située dans la partie occidentale de la plaine de la Mitidja, est limitée en Nord par les collines de Sahel d'Alger et au Sud par les reliefs de l'Atlas blidéen . collines de Sahel d'Alger et au Sud par les reliefs de l'Atlas blidéen .



Légende :

- 1 : Terrains métamorphiques (**Metamorphic terrains**);
 - 2 : Socle primaire (**Paleozoic basement**);
 - 3 : Trias (**Trias**);
 - 4 : Jurassique (**Jurassic**);
 - 5 : Crétacé (**Cretaceous**);
 - 6 : Eocène (**Eocene**);
 - 7 : Oligocène (**Oligocene**);
 - 8 : Miocène anté-nappes (**Ante-tectonic Miocene**);
 - 9 : Miocène post-nappes (**Posttectonic Miocene**);
 - 10 : Pliocène (**Pliocene**);
 - 11 : Villafranchien (**Villafranchian**);
 - 12 : Calabrien (**Calabrian**);
 - 13 : Quaternaire marin (**Marine Quaternary**);
 - 14 : Quaternaire continental (**Continental Quaternary**);
 - 15 : Magmatisme indifférencié (**Undistinguished magmatism**).
- F1 : Faille du Sahel (**Sahel Fault**);
 - F2 : Faille deThénia (**Thenia Fault**);
 - F3 : Faille de Menaceur – Sidi Yahia (**Menaceur – Sidi Yahia Fault**);
 - F4 : Faille deHadjout – Meurad (**Hadjout – Meurad Fault**);
 - F5 : Faille d'Oued Djer – Lalla Aïcha (**Oued Djer – LallaAïcha Fault**);
 - F6 : Faille d'Ouled Yaïch – Bouinan (**Ouled Yaïch – Bouinan Fault**);
 - F7 : Faille de Boumerdès(**Boumerdès Fault**

Figure 14: Carte morphologique de bassin de la Mitidja et ses environ(ANRH ,2013)

III Réseau hydrographique

La région étudiée se trouve dans le sous bassin de l'oued Chiffa qui conflue au nord de l'unité des eaux minérales de Mouzaia, avec l'oued Djer, et forme l'oued Mazafran. Les oueds Chiffa et Djer font partie du grand bassin des côtiers algérois.

Tableau 2 : Caractéristiques morphologique des sous bassins versants(annuaire hydrologique ANRH)

Bassins Versants	Oueds	Superficie du bassin versant (km ²)	Code du sous bassin versant	Altitude moyenne en (m)	Périmètre en (km)	Indice de compacité
Mazafran(Bassin central)	Djer, Bouroumi Chiffa	18 60	0212	446	99.504	0.64
Bassin D'oued Chiffa	Oued Chiffa	58 5,017	0211	580	7 3	0.8 4
Bassin d'oued Djer, Bouroumi	Oued Djeret Bouroumi	8 99,259	0210	488	125	1.16
Bassin D'oued Maritime	Oued El Harrache	8 46,7 8 8	0214	432	7 5	0.7 2

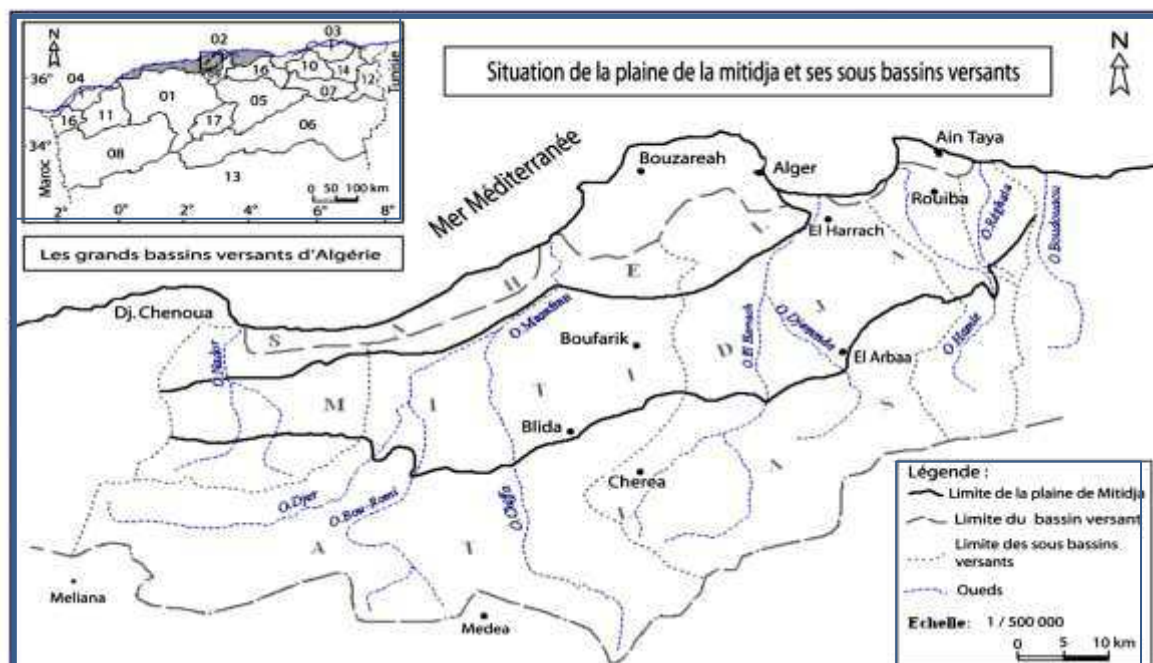


Figure 15: Carte de sous bassin de la plaine de la Mitidja (ANRH 2013)

• Utilisation de la source

La source de Mouzaia est utilisé actuellement pour la production d'eau minérale embouteillée, elle est captée par un forage de $\varphi= 400$ mm d'un débit de 5 l/s. en 2002 le exploité été 11 l/s et ceci témoigne une grande diminution. Le débit annuel est estimé à $6000 \text{ m}^3/\text{ans}$ pour la mise en bouteille, soit $16 \text{ m}^3/\text{j}$.

IV Situation climatologique

IV.1 Précipitations

Cette étude sera effectuée à partir des données de la station(RN4CHIFFFA) qui est proche de la zone étudiée

STATION	X	Y	ALTITUDE	CODE
RN4CHIFFFA	502.1	357.6	58	021105

➤ Les précipitations annuelles

Les précipitations moyennes annuelles enregistrées à la station pour la période (2000-2014) représenté par le tableau en annexe

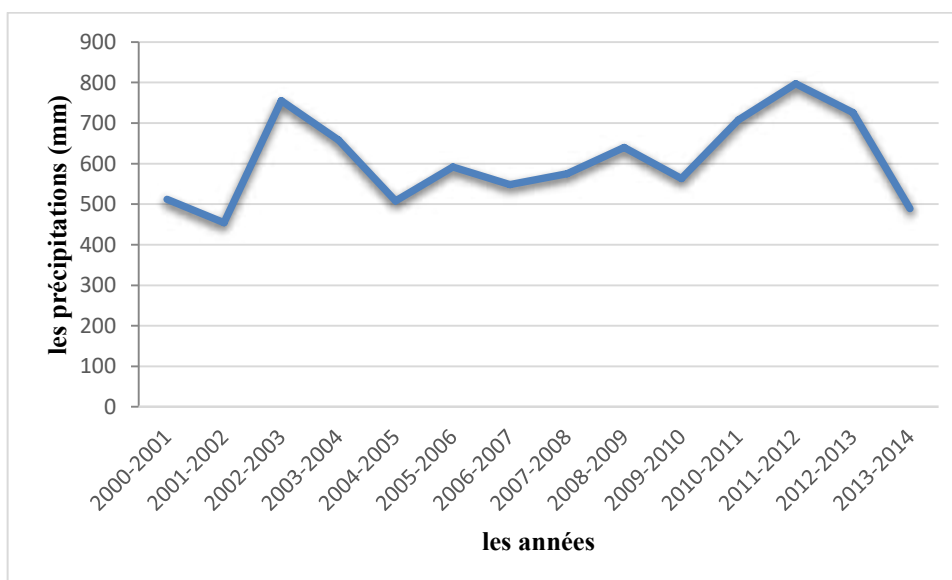


Figure 16: Variation des les précipitations annuelles (année 2000-2014)

Les résultats obtenus (figure n°16) montrent que la lame d'eau tombée varie entre 797mm et 454mm.

La valeur moyenne est 609 mm. Le maximum des précipitations est enregistré en 2011 800mm.

➤ **Les précipitations mensuelles :**

Le tableau n°2 représente les précipitations moyennes mensuelles de la période 2000-2014

Tableau 3 : Précipitations mensuelles (ANRH 2000-2014)

Mois	sept	oct	nov	déc	jan	fév	mars	avr	mai	join	Jui	aout	total
P(mm)	24.4	50.1	102.5	83.3	85	81.4	56.9	58.7	50.5	5.8	1.1	8.9	609

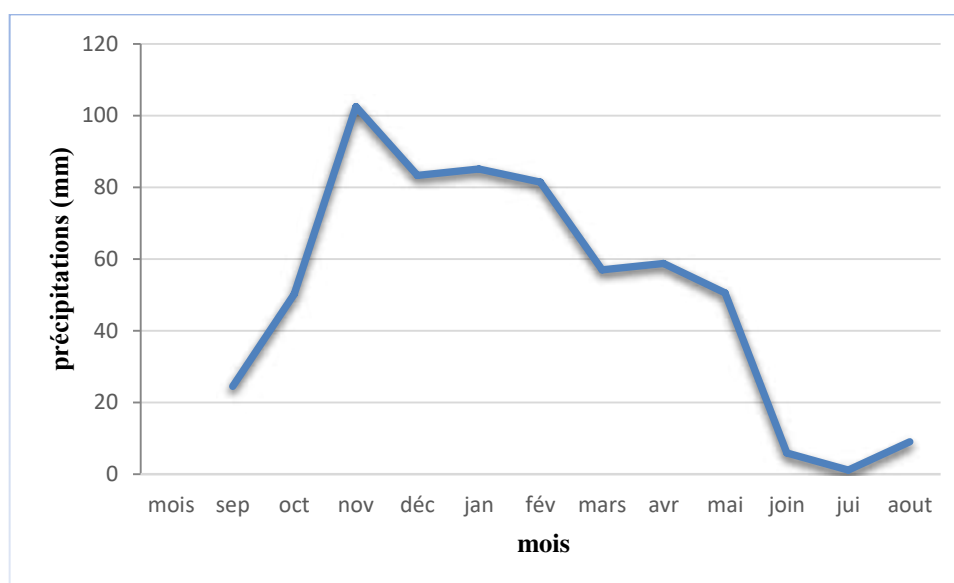


Figure 17: Variation de la précipitation mensuelle (année 2000-2014)

Les valeurs moyennes mensuelles de la variation des précipitations montrent que :

- La pluviométrie moyenne annuelle est de 609 mm
- Le mois le plus pluvieux est celui de novembre avec une valeur de 102.5 mm
- Le mois le plus sec est celui de juillet avec une valeur de 1.1 mm

IV.2 Températures

La température est l'un des facteurs les plus importants du climat et l'établissement de bilan hydrologique

➤ Température moyenne annuelle

Les données des températures moyenne mensuelle disponibles sont mesurées au niveau de la station de SOUMAA (c'est la station la plus proche de zone d'étude), est sur une période de 12 ans (2002-20013) .

Tableau 4: Températures mensuelles minim , maxim et moy des années 2002-2013

Mois	sep	oct	nov	déc	janv	fév	mars	avr	mai	join	Jui	aout
Tmin	18	15.0	11.	8.3	7.1	7.3	9.2	11.6	14.3	16.8	19.8	21.3
Tmax	30.2	26.5	17.4	16.6	15.8	16.3	19.1	22.1	25.8	31.0	34.7	34.3
Tmoy	24.1	20.8	14.3	12.4	11.5	11.8	14.1	16.6	20.0	23.9	27.2	27.8

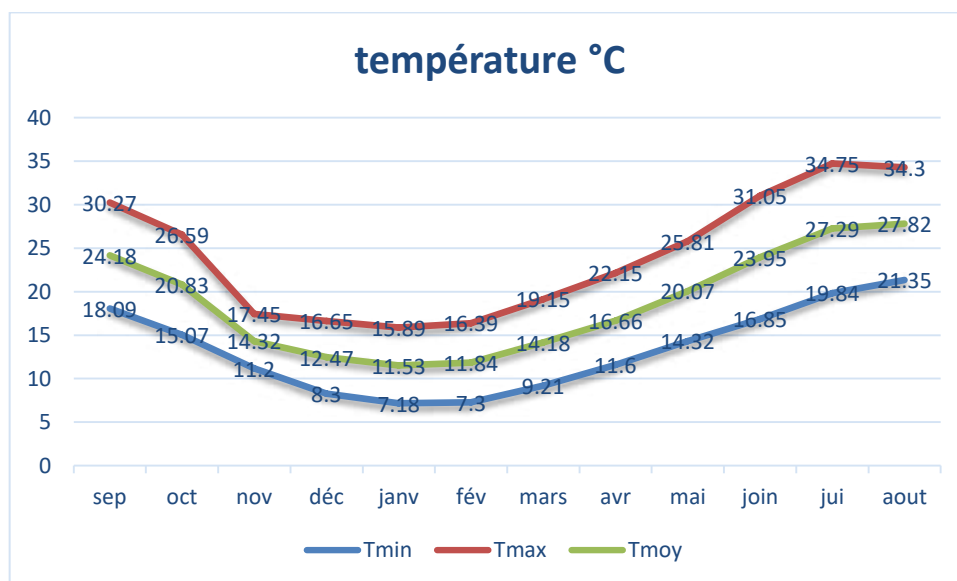


Figure 18: Variation des températures mensuelles de la période 2002-2013

- Le minimum (T min) est compris entre 7.1°C en janvier et 21.3°C en aout .
- Le maximum (T max) est compris entre 15.8°C en janvier et 34.7° C en juillet.
- La moyenne (T moy) est égale à $(T \text{ min} + T \text{ max})/2$.

On peut considérer ce qui suit :

- Le mois de janvier est le plus froid avec une moyenne de 11.5°C
- Le mois d'aout est le plus chaud avec une moyenne de 27.8°C

IV.3 L'étude de climat

IV.3.1 Les indices climatiques

- **Indice d'aridité demartone**

- **Indice d'aridité annuel**

D'après DEMARTONE l'indice d'aridité annuel définit comme

$$I = P / T + 10$$

P : Précipitation moyenne annuelle.

T : Température moyenne annuelle.

Selon la valeur calculer on peut distinguer le type de climat par la classification et l'abaque de DEMARTONE.

I < 5 climat hyperaride

5 < I < 7 climat désertique

7.5 < I < 10 climat steppique.

10 < I < 20 climat semi-aride.

20 < I < 30 climat tempéré.

Dans notre cas :

$$I = 609.04 / (18.76 + 10)$$

L'indice d'aridité égale **21.18**, il est compris entre **20 < I < 30**, ce qui implique que le climat de la région est **tempéré**, avec une température moyenne de **18.76 °C** et une précipitation moyenne de **609.06 mm**.

- **Indice d'aridité mensuel :**

L'indice d'aridité mensuel est donné par la formule suivante :

$$I = 12 P / T + 10$$

P : la précipitation moyenne mensuelle (mm)

T : la température moyenne mensuelle (°C)

Le tableau suivant montre les résultats de calcul :

Mois	Sep	Oct	nov	Déc	janv	fév	mars	avr	mai	juin	Jui	aout
P(mm)	24.48	50.14	102.51	83.31	85.03	81.43	56.91	58.76	50.54	5.86	1.1	8.98
T °C	24.18	20.83	14.32	12.47	11.53	11.84	14.18	16.66	20.07	23.95	27.29	27.82
I	8.59	19.51	50.58	44.49	47.39	44.74	28.24	26.44	20.16	2.07	0.35	2.84

Tableau 5 : Indice d'aridité mensuel de Demarton.

Ces résultats nous montrent que :

- ✓ Le régime steppique concerne en mois de septembre.
- ✓ Le régime semi – aride concerne en mois d'octobre.
- ✓ Le régime tempéré à partir le mois de novembre jusqu'à le mois de mai.
- ✓ Le régime hyperaride concerne en mois de juin, juillet et aout.

IV.3.2 Méthode des courbes pluviométrique :

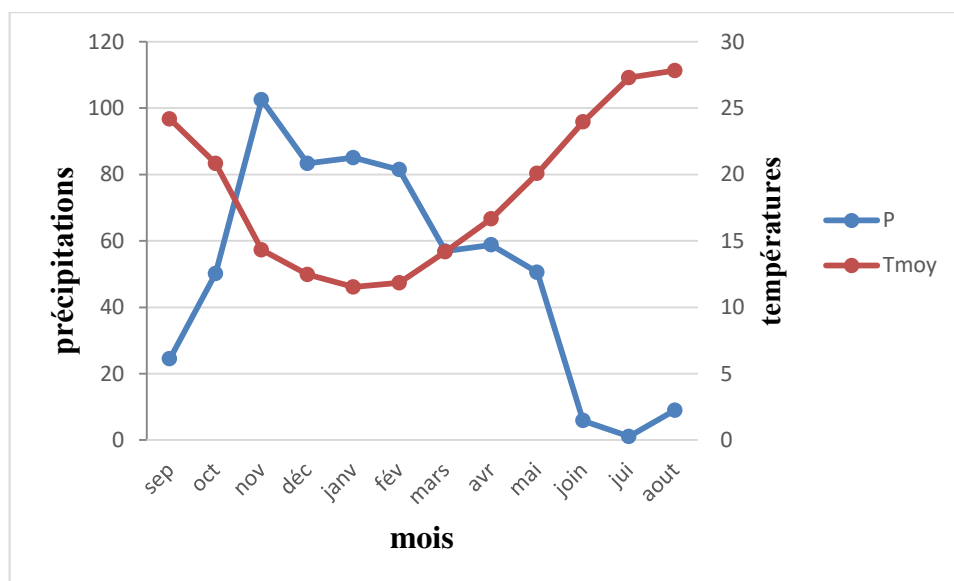


Figure 19: Diagramme de pluviométrie.

Selon la courbe pluviométrique, on voit que la période sèche s'étale de mois de mars jusqu'au mois d'octobre, et le reste de l'année s'étale la période humide.

VConclusion

La synthèse des données climatiques nous permettent à distingué que la région étudié est soumise à un climat tempéré, avec un hiver froid et un été chaud et relativement sec.

La température moyenne annuelle est de 18.7°C , et la moyenne annuelle des précipitations est de 609 mm

La courbe pluviométrique montre que la période sèche s'étale de mois mars jusqu'à le mois d'octobre et l'humidité s'étale le reste de l'année.

VI Situation géologique :

La zone d'étude fait partie de la plaine de la Mitidja dont le bassin versant MAZAFRAN,

STRATIGRAPHIE		LITHOLOGIE	EPAISSEUR	HYDROGEOLOGIE
QUATERNAIRE	ACTUEL	Depôts de lit des oueds Depôts de piémonts	20m	Pérmeables (zone de chenaux très transmissifs)
	FLANDRIEN RHABIEN	Limons et argiles limoneuses sables consolidés à Lumachelles	30 30	Faible perméabilité (ressources en eau très faibles)
	SOLTANIEN TENSIFTIEN	formation de la Mitidja (alternance de gravier et argile)	150	Pérmeabilité élevée = Nappe de la Mitidja (ressources en eau importantes et très exploitées)
	CALABRIEN VILLAFRAN-FRANCHIEN	formation d'Ej Harrach (Argiles et cailloutis)	100	Pérmeabilité faible (substratum de la nappe de la Mitidja)
PLIOCENE	ASTIEN	Affleure largement dans le Sahel et se présente sous les faciès: -marno-sableux -calcaro-gréseux -grés-sableux.	100	perméabilité variable ; forme une nappe libre dans le Sahel devenant captive sous la Mitidja.
	PAISANCIEN	marnes et argiles bleues (affleure uniquement dans le Sahel d'Alger).	200	Pérmeabilité très faible = substratum de la nappe de l'Astien dans le Sahel et dans la mitidja.
MIOCENE	VINDOBONIEN	Marnes à lentilles de calcaire et marnes glauconieuses	50	Pérmeabilité très faible Pas d'eau souterraine
	BURDIGALIEN	Marnes à lentilles de grès	?	pas d'eau souterraine

Figure 20 : Coupe lithologique de la zone d'étude [8]

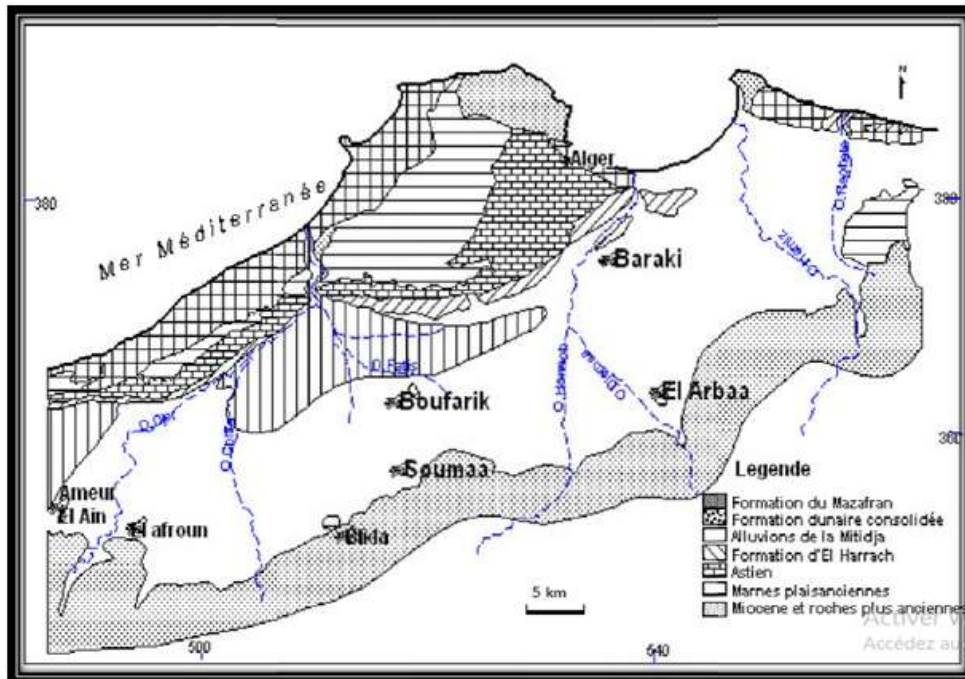


Figure 21 : Carte géologique de la plaine de la Mitidja (ANRH Blida , 2015)

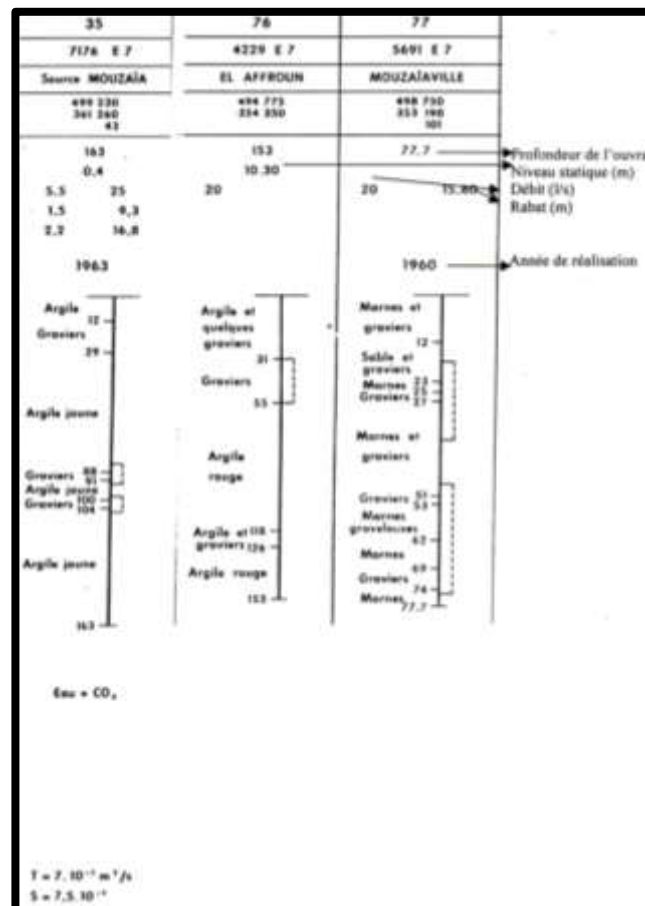


Figure 22: Coupe lithologique et technique de forage d'eau minérale [8]

VII Etude hydrogéologique

D'après plusieurs études sur l'aquifère de la plaine de la Mitidja, on a conclu qu'elle a une structure lithologique très variée, son système aquifère est encaissé dans un bassin de subsidence d'âge plio-quaternaire, et la caractérisation de sa structure est superposé de bas en haut.

Le substratum formé par une série marneuse qui peut être considéré comme imperméable, au-dessus de cette formation, on trouve l'astien qui correspond un ensemble calcaire-sableux-gréseux, ensuite, il y a la formation semi-perméable (formation d'El Harrach) qui sépare les deux aquifères par un complexe argileux-marneux (aquitard). Enfin, l'alluvion de la Mitidja qui consiste un ensemble gravelo-sableux.

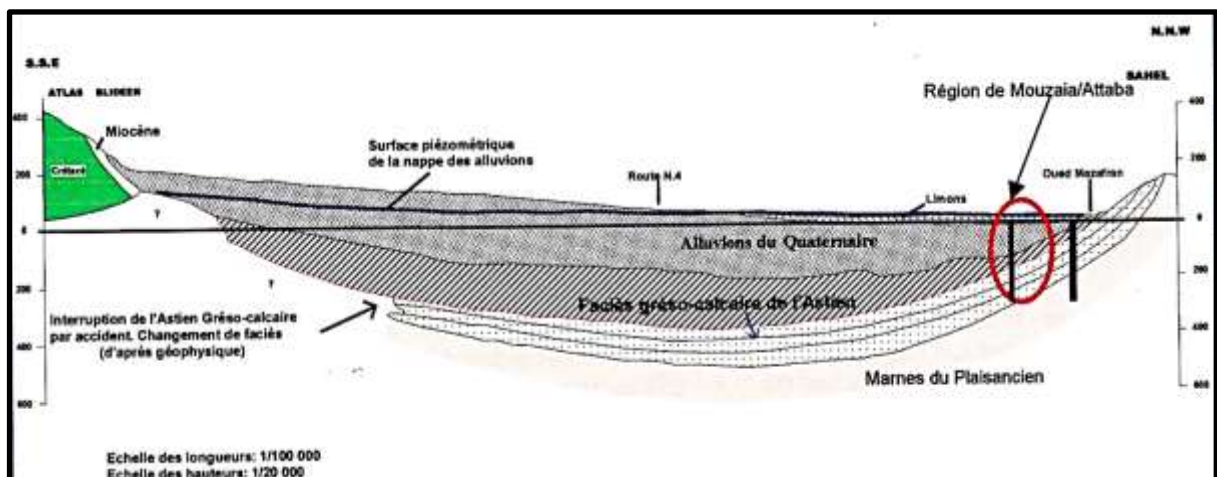


Figure 23 : Coupe hydrogéologique de la plaine de la Mitidja (carte hydrogéologique d'Alger 1972)

L'étude hydrogéologique du bassin auquel appartient notre zone d'étude définit deux ensembles de réservoirs aquifères, ce sont :

- Les calcaires du Cénomaniens qui sont susceptibles d'être aquifère mais n'ont jamais été testés ;
- L'Astien gréseux ou grésocalcaire ;
- Les alluvions du Quaternaire.

VII.1 La géophysique

L'étude géophysique réalisée sur toute l'étendue de la plaine de la Mitidja a mis en évidence deux réservoirs :

- **Astien** a une épaisseur de 200 m. Elle va en diminuant vers le Sud. La résistivité de ce réservoir est de 70 ohm.m.
- des alluvions quaternaires : on peut considérer deux ensemble :
 - des ensembles conducteurs de 10 à 20 ohm.m, en majorité très argileux mais qui peuvent contenir quelques lentilles de graviers argileux.
 - des ensembles résistants de 30 à 100 ohm.m ou le pourcentage des niveaux grossiers est important.[9]

Selon la nature des roches, on distingue deux réservoirs :

- L'Astien : se limite à une gouttière synclinale, avec une épaisseur qui peut varier jusqu'à 150 m de nord vers le sud passant à un faciès en plus argileux.
- L'alluvion quaternaire : développé au centre de bassin, l'épaisseur de cette formation varie entre 100 et 200 m au centre de bassin, pour décroître vers le sud et la baie d'Alger. [9]

VII.1.1 Mécanismes d'alimentation des eaux souterraines :

L'alimentation de la nappe de l'aquifère l'astien et le quaternaire se fait par l'infiltration des pluies, les oueds et les apports souterraine prévenant de l'atlas blidéen.

VIII Les paramètres hydrodynamiques

VIII.1 La transmissivité ;

La transmissivité (T en m^2/s) d'un aquifère représente la capacité d'un aquifère à mobiliser l'eau qu'il contient. Elle se détermine lors de pompages d'essai []. Plus la nappe est perméable plus elle est transmissive.

Les transmissivité de l'aquifère des alluvions varient dans la plaine de la Mitidja entre $53 \cdot 10^{-2}$ et $0.3 \cdot 10^{-3} m^2/s$ avec des transmissivité plus faibles au niveau du bassin du lac Halloula. La valeur médiane d'un ensemble de 80 mesures est de $2.55 \cdot 10^{-2} m^2/s$. Mac Donald a estimé à partir de 61 forages la transmissivité moyenne de l'aquifère des alluvions à $319 m^2/j$ soit $4 \cdot 10^{-3} m^2/s$. L'intervalle de confiance est estimé à : $1 \cdot 10^{-4} - 2 \cdot 10^{-2} m^2/s$. [9]

D'après la carte des transmissivités obtenues lors de l'étude hydrogéologique du bassin versant du Mazafran (figure), trois zones peuvent être distingués :

Zone	Transmissivité (m ² /s)
Zone1	$5 \cdot 10^{-2} - 10^{-2}$
Zone2	$10^{-2} - 2 \cdot 10^{-3}$
Zone3	$< 2 \cdot 10^{-3}$

Tableau 6 : Transmissivité des trois zone

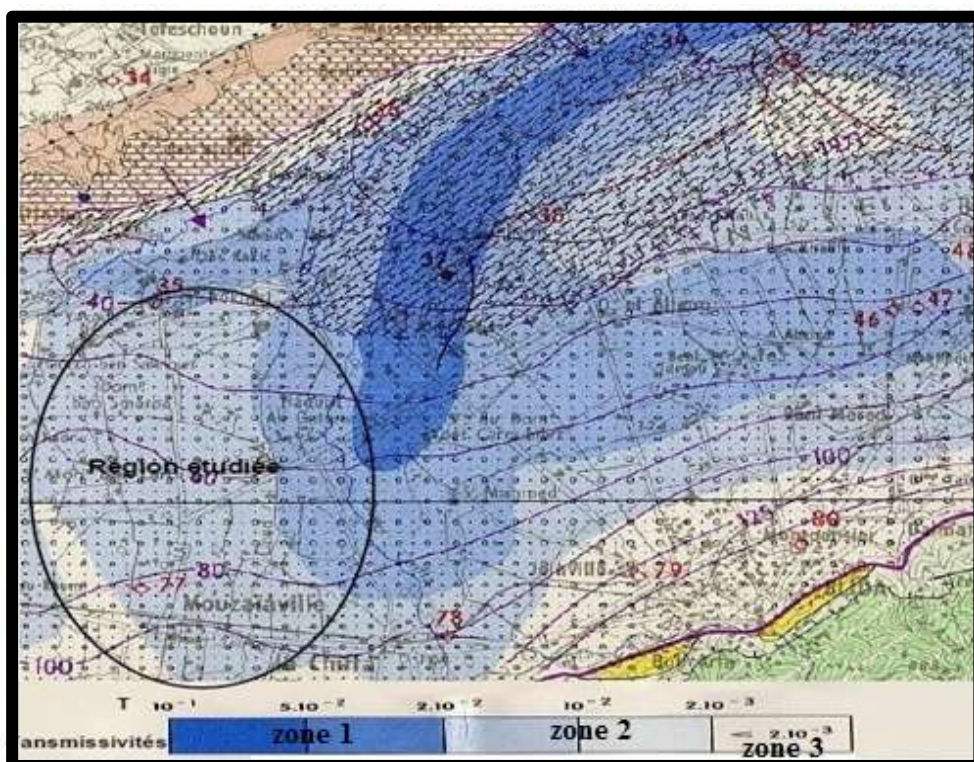


Figure 24: Carte hydrogéologique [9]

En 1968 ANRH a réalisé un essai de pompage sur le forage d'eau minérale, il a donné une transmissivité de 10^{-4} m²/s .

VIII.2 Le coefficient d'emmagasinement

C'est le rapport du volume d'eau libérée (ou emmagasinée) par unité de surface d'un aquifère pour une perte (ou gain) de charge hydraulique donnée, c'est-à-dire une baisse (ou une hausse) de pression, sans référence au temps.

M. Clouet Orval a estimé en 1968 que la valeur médiane de 40 valeurs connues de coefficient d'emmagasinement sur l'aquifère des alluvions en zone basse de Mazafran, soit dans la zone captive de l'aquifère, est de $17 \cdot 10^{-5}$.

Mac Donald 1993^l a cité des coefficients d'emmagasinement sans préciser les ouvrages qui ont permis de les mesurer.

Tableau 7 : Coefficient d'emmagasinement S rapportés par McDonald

Formation	Condition	Fourchette de valeurs mesurées
Astien	Libre	0.03 à 0.05
	Captive	5.10^{-3} à 5.10^{-6}
Mitidja	Libre	0.02 à 0.07
	Captive	3.10^{-3} à $1.6.10^{-4}$

Le peu de valeurs disponibles ne nous permet pas de tirer des conclusions sur l'emmagasinement global de la nappe, néanmoins lors de l'essai du forage d'eau minérale, ce paramètre a été calculé et la valeur obtenue est de 7.10^{-3}

VIII.3 La perméabilité

C'est l'aptitude d'un milieu à se laisser traverser par un fluide (liquide ou gaze).

La répartition de la perméabilité, indique une perméabilité, indique une perméabilité qui atteignent 9.10^{-4} m/s et plus dans la zone Sud et $0,3$ à 4.10^{-4} m/s dans la zone Nord, ceci étant du fait que dans cette partie Nord, les terrains sont plus limoneux.

IX Etude hydrochimie

IX.1 Introduction

Les analyses physico-chimique nous permettent de savoir la qualité chimique des eaux .

Dans ce sous chapitre nous allons identifier la qualité chimique de l'eau minérale de la source Mouzaia, On va présenter les caractéristiques physico-chimiques :PH, la

conductivité et les teneurs en éléments chimiques, à trèverè la série des données de l'année 1991, 2005 et 2019.

IX.2 La balance ionique

Nous pouvons contrôler les analyses chimiques des eaux par la formule suivante :

$$e = \frac{[\sum r^+ - \sum r^-]}{[\sum r^+ + \sum r^-]} * 100$$

avec : e : l'erreur (la balance ionique)

r : quantité en réaction (meq/l)

Remarque :

Si : e ≤ 2% :bonne analyse ;

2% < e < 5% : analyse acceptable ;

e > 5% : mauvaise analyse.

La balance ionique des analyses chimiques de la période 1991 est mauvaise analyse [11%], et en 2005 , 2019 sont des analyses acceptables 3,4 % et 2,2% .

IX.3 Interprétation des paramètres physico-chimiques

Le tableau ci-dessous présente les analyses des eaux minérales de la source en fonction du temps.

Tableau 8: Paramètre physico-chimique

Date D'analyse	PH	RS mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	So ²⁻ mg/l	Hco ₃ mg/l	No ₃ ⁻ mg/l	Co ₂ libre	CE (µs/cm)
02/1991	/	1370	148	118	00	260	227	54	903	00	/	/
10/2005	6.8	1599	147	117	00	229	219	52	1098	00	7.2	/
2019	5.8	1325.5	64.1	116. 5	2.3	115	132	72.2	722.2	3.2	/	1659

IX.3.1 Les paramètres physico-chimiques

- **PH**

Le PH des eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés, il varie au moyenne de 6,5 à 8,5 mg/l . En 2005 le PH a une valeur de 6,8mg/l et en 2019 diminue à 5,8mg/l.

- **La minéralisation**

L'acquisition de la minéralisation se faite par le contact et l'interaction eau-roche. Elle est liée par la quantité des précipitations.

La minéralisation en 2019 a été estimée à 1659. C'est une valeur importante par apport les anciennes années.

- **RS**

Les résidus sec varient entre 1325 à 1599 mg/l . où la valeur maximale a été estimé en 2005.

IX.3.2 Les paramètres chimiques

Les teneurs de calcium (Ca) sont stables. en 1991 et en 2005 avec une valeur de 148 mg/l et 147mg/l ,mais elles sont diminués en 2019 jusqu'à 65,13mg/l.

L'origine du calcium est due essentiellement à la dissolution de formation calcaires du Jurassique (CaCO₃).

Le magnésium (Mg²⁺) est varie entre 118mg/l et 116mg/l, il est presque stable.

Les teneurs de sodium sont diminués progressivement de 260mg/l à 115mg/l.

Les teneurs de potassium (K) sont varient de 00mg/l à 2,3mg/l (1991, 2005, 2019).

Les teneurs en chlorures (Cl) ont une valeur de 227mg/l en 1991, 219mg/l en 2005 et sont diminués à 132mg/l en 2019.

La dissolution des gypses donne des ions de sulfate dans l'eau. Les teneurs de SO₄⁻ sont estimés à 54 mg/l et 52 mg/l (1991et 2005) et en 2019, 72,24mg/l.

Les teneurs de HCO₃⁻ sont estimées à 903 mg/l à l'année de 1991 , 722,24mg/l en 2019. La valeur maximale a été estimée en 2005 , 1098mg/l.

Concernant les teneurs de nitrates (NO₃) elles varient de 0 (1991 et 2005) à 3,2mg /l en 2019.

La classification hydrochimique de l'eau minérale de la source Mouzaia , à partir du diagramme de Piper montre que durent les année (1991, 2005, 2019), les faciès chimiques de la source est bicarbonate calcique et magnésien.

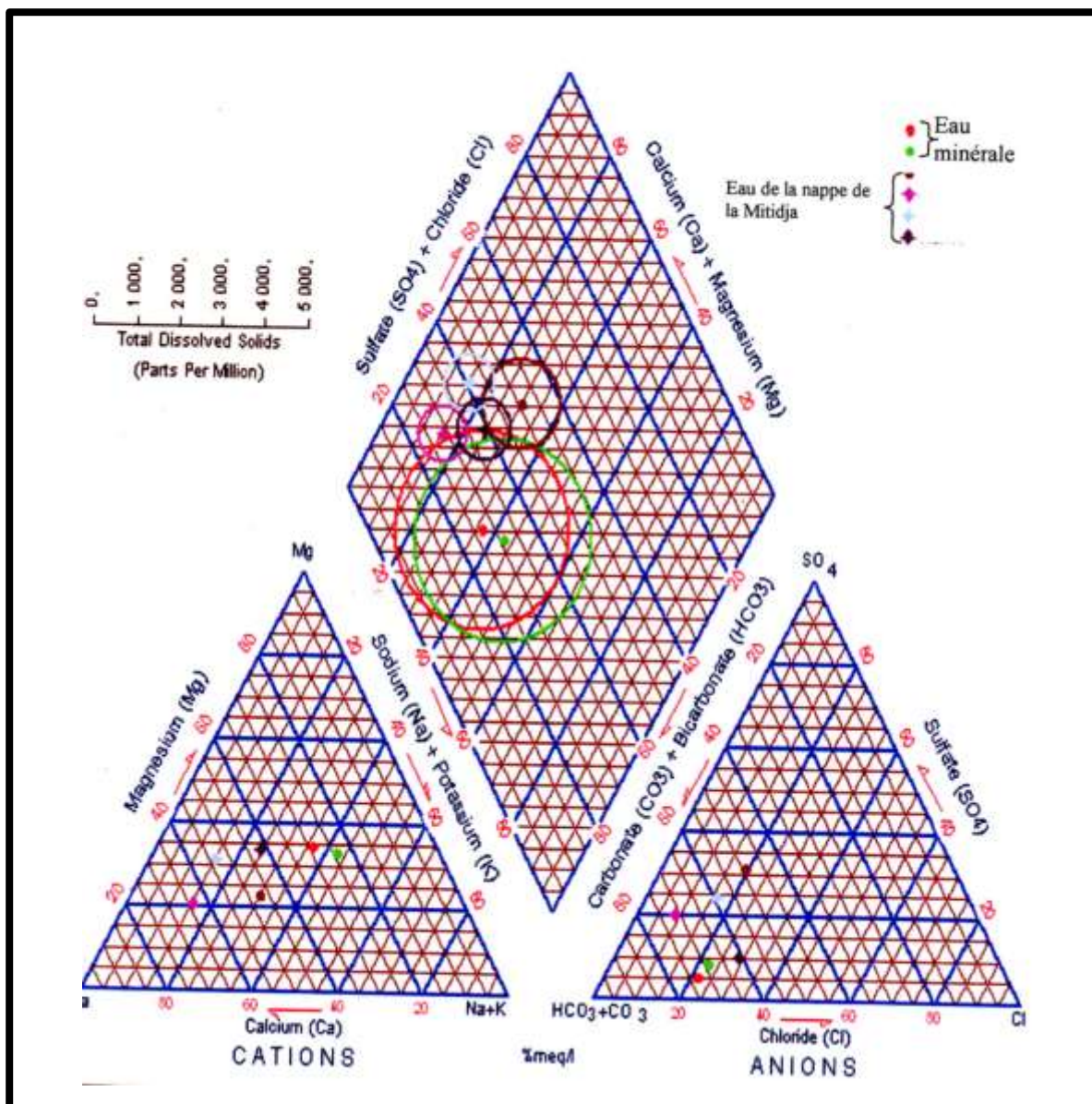


Figure 25: Diagramme de piper [8]

X Conclusion :

L'eau minérale gazeuse de Mouzaia est riche en bicarbonate HCO_3 avec 1098mg/l. Le facies chimique bicarbonaté calcique peut provenir du lessivage des calcaires ou de fragment de calcaire dont la formule est $CaCO_3$ et le sel affleurement de calcaire est situé entre Sidi Yahia et la zone industrielle de Mouzaia dans la limite sud de la plaine.

XI Interprétation de la carte piézométrique :

La carte piézométrique a été établie en 2015 par ANRH. Le sens d'écoulement des eaux souterraines est du sud vers le Nord (de l'Atlas vers le Sahel). On observe les courbes isopièzes, qui sont quasi parallèles à l'Atlas Blidéen, ce qui montre que la zone d'alimentation des nappes souterraines se trouve au niveau du piémont de l'Atlas. En complément, un axe de drainage de direction Sud-Nord est sensiblement parallèlement à l'oued Chiffa.

Au centre de la plaine, le gradient hydraulique est faible (0.25%) ceci est dû à la faible perméabilité et il augmente vers la bordure Sud atteignant 0.1 %.

Notre secteur d'étude est situé entre les courbes isopièze 20 et 30. Le gradient hydraulique est de 0.5%.

Si on compare cette carte avec les cartes piézométriques anciennes, nous allons remarquer que le gradient a diminué. Et ceci est dû à la sécheresse et à la surexploitation de la nappe (les nombreux forages qui ont été réalisés dernièrement (les forages d'AEP, industriels, et agricoles surtout les forages non déclarés)).

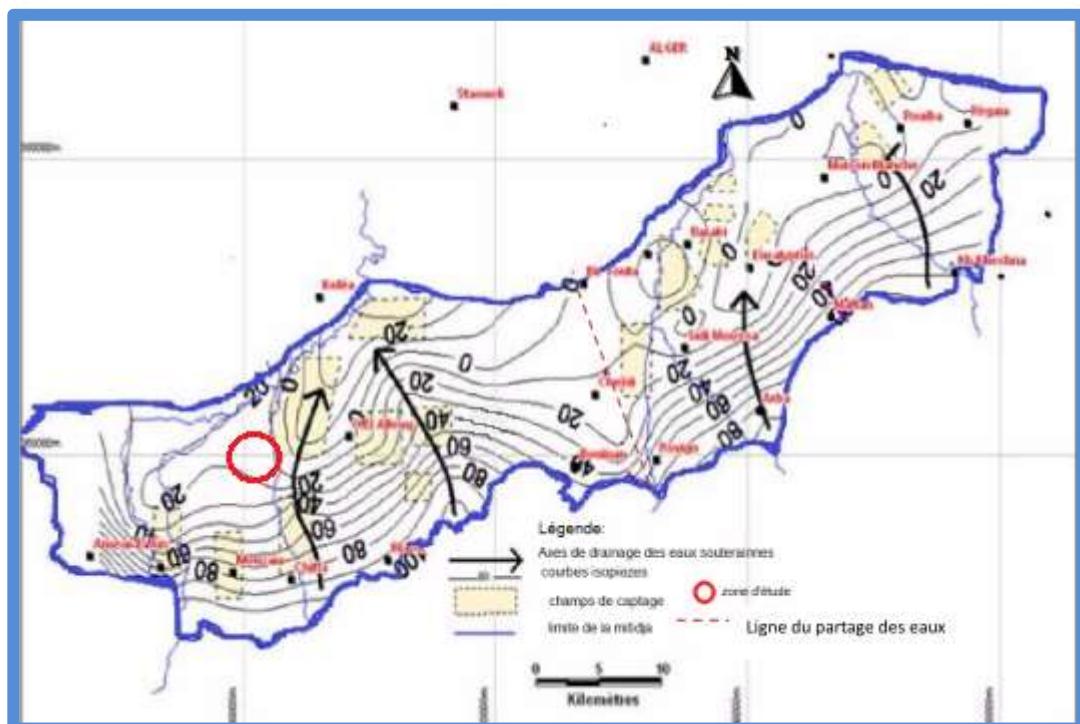


Figure 26: Carte piézométrique de la nappe de la Mitidja (campagne, avril 2015)

CHAPITRE 03

LES PERIMETRES DE PROTECTIONS

I Introduction :

Dans les précédents chapitres, on a pu à déterminer les principaux paramètres pour délimiter les périmètres de protection, a partie de l'étude bibliographique jusqu'à l'étude hydrochimique.

Dans ce dernier chapitre et d'après une étude hydrogéologique qui a été fait par un bureau d'étude (HORIZON BLEU), on a conclu le suivant.

II Concept de la vulnérabilité :

L'évolution de la vulnérabilité à la pollution d'un site de captage dépend de plusieurs facteurs.

Les pollutions cheminent verticalement dans la zone non saturée jusqu'à l'atteindre de la nappe, ensuite l'émigration se fait partie horizontalement en fonction de la circulation de l'eau. (marchel 2007) .

Deux critères principaux sont pris en compte pour la mise en place des périmètres de protection : la vulnérabilité intrinsèque du milieu et la vulnérabilité spécifique ou induite :

La vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines aux contaminants prend en considération les caractéristiques géologiques, hydrologiques et hydrogéologiques du milieu, mais est indépendante de la nature des contaminants et des scénarios de contamination.

La vulnérabilité spécifique considère les propriétés d'un contaminant en particulier or d'un groupe de contaminants en plus de la vulnérabilité intrinsèque du milieu

III Méthodes de détermination de la vulnérabilité :

La détermination de la vulnérabilité des eaux souterraines se fait à partir de différentes méthodes de cartographiques. Ces méthodes sont résumées dans le tableau au-dessous :

Tableau 9: tableau comparatif des différents méthode de la vulnérabilité (Varnoux et al , 2007)

Méthode	Paramètre										
	Type D'aquifère	Profondeur de la nappe	recharge	infiltration	Type de nappe	Lithologie Nature de réservoir	sol	topographie	Indice zone vados	epikars t	Degré de karstification
DRASTIC	Tout les types	*	*		*		*	*	*		
SYNTACS	Tout les type	*	*		*		*	*	*		
EPICK	Karstique			*			*	*			
RISCK	Karstique			*		*	*	*		*	*
COP	Karstique			*		*	*	*		*	
PI	Tout les type Et karstique		*		*		*	*			
DISKO	Fissurée			*			*				
GALDIT	Côtière	*				*			*		
LEA	Tout les type			*			*				
SYMPC	Aquifère craie	*					*				
CORPEN	Tout les type	*	*				*	*	*		

* :choix de paramètre

I Choix de la méthode

La méthode utilisée est la méthode de DRASTIC. Le choix de cette méthode se justifie par le fait qu'elle demeure la plus appliquée et qui a donné les résultats assez importants dans l'évolution de la vulnérabilité. [10]

I.1 Définition de la méthode DRASTIC :

La méthode DRASTIC, développée par sous l'égide de l'Agence américaine de protection de l'environnement USEPA, est une méthode d'évaluation de la vulnérabilité verticale intrinsèque à la pollution des aquifères, par systèmes paramétriques. L'acronyme DRASTIC correspond aux initiales des sept facteurs déterminant ci-dessus. Ces sept paramètres découpent, de façon schématique, une unité hydrogéologique locale en ses principales composantes, lesquelles influencent, à différents degrés, les processus de transport et d'atténuation des contaminants dans le sol, ainsi que leur temps de transit. La plus petite note représente les

conditions de plus faible vulnérabilité à la contamination. Une valeur numérique, appelée indice de vulnérabilité DRASTIC et notée ID, est déterminée; elle décrit le degré de vulnérabilité de chaque unit hydrogéologique. L'indice de vulnérabilité DRASTIC est calculé en faisant la somme des produits des notes par les poids des paramètres correspondants. [10]

I.1.1 Les paramètres de la méthode de DRASTIC :

Ces paramètres sont présentés comme suite :

- **Profondeur de la nappe :**

Le nom de ce paramètre varie selon la méthode. Ainsi niveau de DRASTIC, il représente le paramètre D, et au niveau de SINTACS le paramètre S. Il reste l'un des paramètres les plus importants au niveau des deux méthodes. Il donne une idée de la distance que doit parcourir le polluant avant d'atteindre la nappe. Il joue un grand rôle car il permet d'atténuer la pollution

lorsque le niveau d'eau dans les nappes augmente. [10]

- **la recharge nette :**

La recharge nette représente la frange d'eau qui s'infiltré dans la terre et atteint la nappe. Elle facilite le transport vertical des polluants vers les nappes. Plus la recharge est importante, plus le potentiel de contamination est important et plus la note qui lui est attribuée est importante. [10]

- **L'impact de la zone non saturée et les type d'aquifère :**

Si la zone non saturée représente la couche au-dessus du niveau statique qui est non saturée ou saturée de façon discontinue. Il est sous l'influence du type de sol et des roches au-dessus du niveau de statique. L'aquifère concerné au cours de cette étude est celui des altérites qui renferme une nappe libre sous-jacente. Ce type d'aquifère se confond à la zone non

saturée et donc possède les mêmes caractéristiques. . [10]

- **Topographie :**

La topographie représente la variabilité de la pente de la surface terrestre. Le degré de cette pente déterminera la puissance d'infiltration des eaux de ruissellement. Cette pente indique si l'eau va ruisseler à la surface, ou si elle va s'infiltrer dans le sol .En effet, plus la pente est forte, plus le ruissellement est fort et moins l'eau parvient à s'infiltrer. . [10]

- **Type de sol :**

Le sol a un impact sur la frange d'eau qui s'infiltrer à travers le sol pour atteindre les ressources en eau souterraine et donc la migration verticale des polluants à travers la zone non saturée . Il influence ainsi le temps de migration des contaminants vers la nappe.[10].

- **Conductivité hydraulique :**

Elle indique la capacité d'un aquifère à se laisser traverser par l'eau. Plus elle est élevée plus les potentialités de contamination de la nappe sont importantes. Elle contrôle le taux de transfert de l'eau souterraine à travers la zone saturée et donc le taux de transfert des polluants. .[10]

I.1 Les critères de la vulnérabilité et les risques de pollution des eaux souterraines :

1. Critères relatifs à la surface du sol et à la pente des terrains :

Les caractéristique du sol dans la région de Mouzaia limono-argileux sableux forment une couverture protectrice d'épaisseur de 1.2 à 2.2m. La plaine étudiée a une faible pente donc la vitesse de ruissellement est faible , l'infiltration de l'eau est forte.

1. Critères relatifs à la zone non saturée :

Dans la région étudiée, la zone non saturée est peu perméable, elle renferme la nappe alluvions du quaternaire.

L'aquifère est partout protégé par des terrains argileux imperméables du quaternaire, donc la vulnérabilité de la migration vertical des polluants est faible.

2. Critères relatifs à la zone saturée (l'aquifère) et à la profondeur de la nappe :

Le type d'aquifère de la région de Mouzaia est caractérisé par les alluvions argileuses à faible perméabilité.

La structure lithologique du forage est caractérisée par superposition de haut en bas (figure27).

La formation à forte proportion argileuse ou les niveaux graveleux se fait pour atténuer le transfert des polluants potentiels.

3. Critères relatifs à l'occupation du sol et risque de pollution :

Vis que la zone étudiée est connu par des nombreuses activités agricoles, donc les principaux foyers et risques de pollution sont les pesticides et les engrais chimiques. En plus le risque d'infiltration des eaux polluées des oueds, et l'infiltration des eaux usées domestiques (fosses septiques) , les déchets animal parce que la région est considéré par des fermiers et risque de l'infiltration des produit dangereux peut se produire suite à des accidents routiers (gas-oil, essence...) .

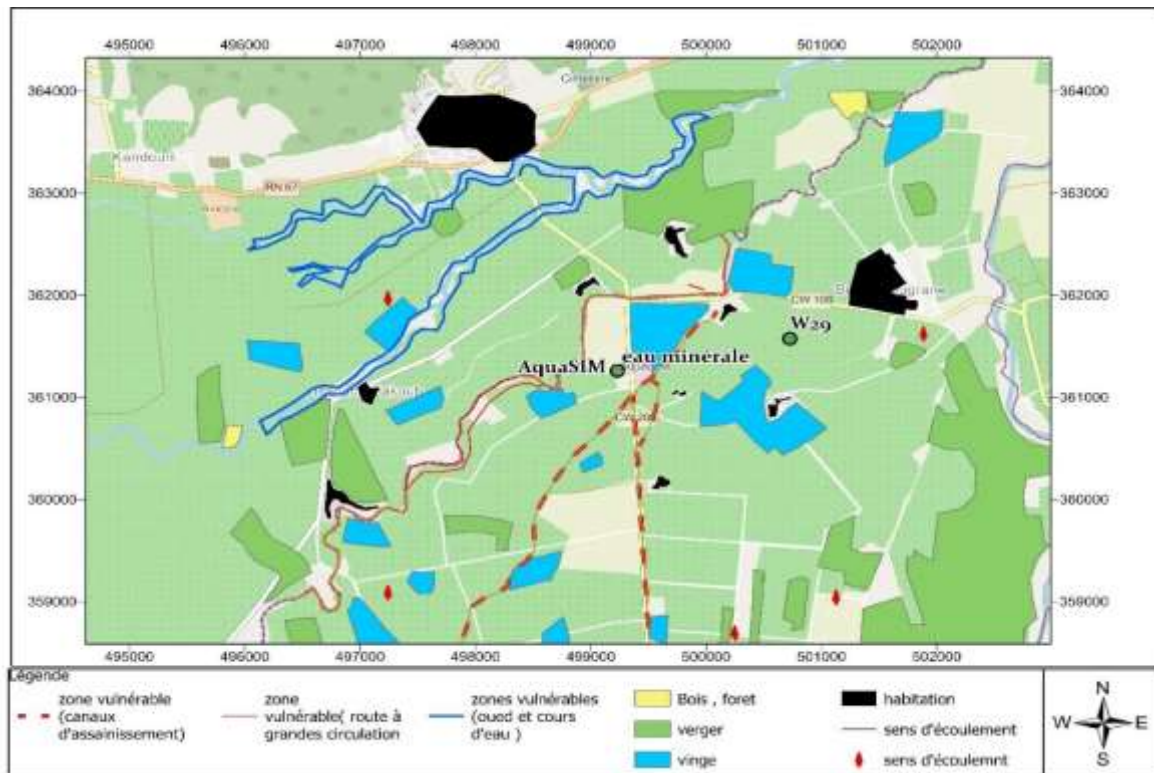


Figure 27: Carte de risque de vulnérabilité.

I Les limites des périmètres de protection :

I.1 Le périmètre de protection immédiat :

Il a l'objectif à protéger le captage et ses installations annexes.il se réalise généralement par la construction d'une clôture avec une dimension 20 x 20m en moyenne. Le forage d'eau minérale actuellement exploité et situé à l'intérieur de l'unité EPEMM. Le forage est protégé par le mur de clôture de l'unité elle-même. Cela demeure toutefois, insuffisant car la tête du forage est accessible.

Une clôture en grillage de 4x4 m devra alors être installée autour du puits et la fermeture de la route passant près du forage à l'accès de tout type de véhicules ou d'engins Le caniveau d'eau pluviale ne doit servir qu'à l'évacuation des eaux de pluie. Il doit être couramment entretenu et nettoyé.

Les deux réservoirs de gasoil (16 000 litres) qui sont installés entre l'ouvrage (figure 30) de captage et la cuve de stockage d'eau minérale doivent faire l'objet de surveillance et d'entretien particulier de leurs états. De toutes les manières, il faudra penser, dans les meilleurs délais à déplacer ces bacs vers l'extrémité Nord- Ouest de l'unité. où sera aménagé un bassin construit à base d'un mortier de résine d'imperméabilisation. Ceci est également valable pour les trois autres citernes situées au nord-est du bloc de fabrication de limonades et de l'atelier d'entretien mécanique des véhicules.[11]

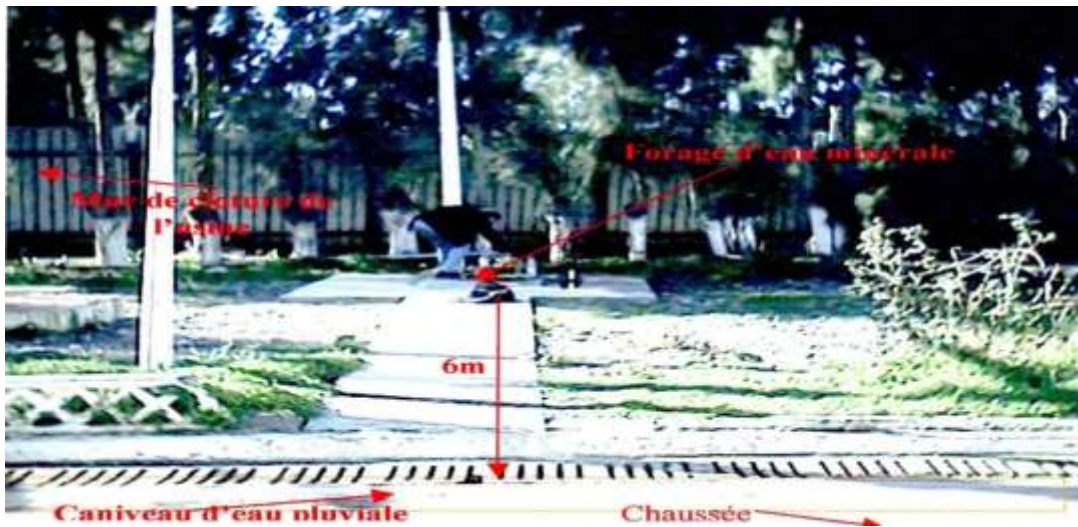


Figure 28: Situation du forage d'eau minérale [8]



Figure 29 : Réservoirs de stockage de gasoil [8]

lors de notre visite de cet usine nous avons remarquées des grandes machines sont fonctionné par le gas-oil qui sont installées à l'aire libre directement sur le sol , cela peut être un risque d'infiltration de gas-oil et des eaux polluées aux hydrocarbures et des autres produits industriels dangereux.

À côté de l'ouvrage du captage il y'a un verge (risque de pollution liée aux engrais). Pour cela nous proposons que le périmètre de protection immédiate devra être restauré et plus surveillé.

III.1 Le périmètre de protection rapproché

Il est défini comme la zone d'appel maximale engendrée par les pompages. Il correspond en pratique à l'extension du rayon d'influence maximum induit par un pompage d'essai de longue durée.

Pour ce faire, il faut disposer une note établie par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques qui détermine les résultats hydrodynamiques obtenus par interprétation d'un essai de pompage effectué au niveau de l'ancien forage d'eau minérale réalisée. [8]

Transmisivité (T) (m ² /s)	Coefficient d'emmagasinement (S)
9.3x 10 ⁻⁵	7x 10 ⁻³

D'après ses résultats le rayon d'action R est égal à 1009 m.

$$*R= 1.5\sqrt{Tt/S},$$

Avant l'inscription sur les documents officiels, l'adoption de ce périmètre théorique se faite en fonction du degré de vulnérabilité et des risques de pollution de la nappe. On a pu également adopter les limites de ce périmètre à des limites naturelles (rivières, limites de parcelle de terrains)

Donc ce rayon est égal à 2018 m correspondants au rayon d'influence du forage d'eau minérale lui-même auxquels s'ajoutent les influences des rabattements qui seront éventuellement causés par des pompages s'effectuant par des forages situés à moins de 2000m de l'unité. Au nord et au nord-ouest, la limite du périmètre suit grossièrement le cours d'oued Bou Roumi alors qu'à l'est et au sud, ses limites sont

tributaires des limites des terres agricoles. Au sud, la forme du périmètre s'allonge vers les zones d'alimentation.

L'application des dispositifs prévus dans la réglementation des activités à l'intérieur des périmètres rapprochés, engage directement l'administration à réaliser une enquête sur les forages situés dans le périmètre (tableau II annexe). Ceci permettra dans un premier lieu de fermer tous les forages illicites et dans une seconde étape, de limiter les débits d'exploitation de ceux qui ne le sont pas. [8].

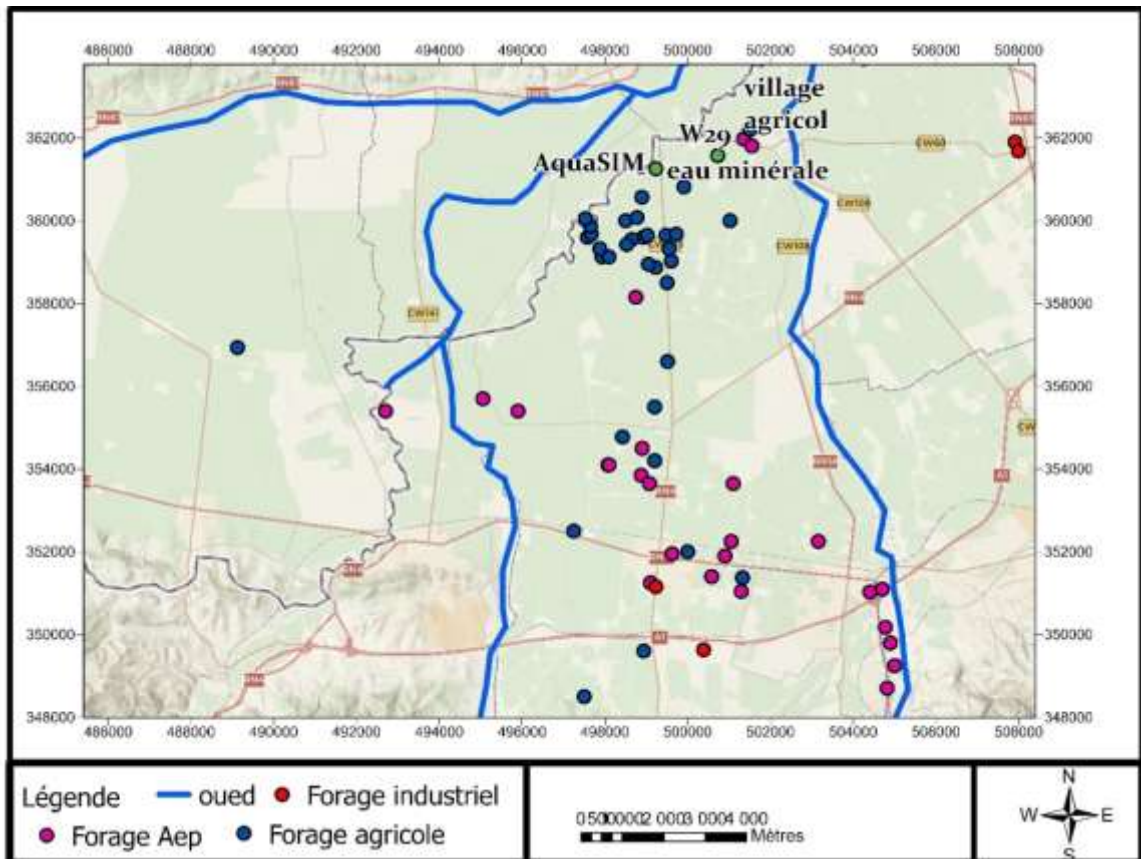


Figure 30 : Carte de forage dans la zone d'étude

D'autre part, l'unité doit disposer d'un « dispositif d'intervention » pour intervenir rapidement et efficacement en cas d'accidents de pollution à l'intérieur de l'enceinte ou dans le périmètre de protection rapproché. Ce dispositif consiste à alerter immédiatement l'administration de la wilaya qui doit elle-même coordonner l'intervention avec tous les organismes concernés. D'autre part, l'unité doit disposer d'un « dispositif d'intervention » pour intervenir rapidement et efficacement en cas d'accidents de pollution à l'intérieur de l'enceinte ou dans le périmètre de protection rapproché. Ce dispositif consiste à alerter immédiatement l'administration de la

wilaya qui doit elle-même coordonner l'intervention avec tous les organismes concernés.



Figure 31: Carte de délimitation du périmètre de protection immédiat et rapproché
[8]

La délimitation de ce périmètre peut devenir insuffisante à la protection du captage , à cause de l'augmentation des foyers polluants.

Le PPR doit être étendu où il faut éviter toutes les pollutions ponctuelles et diffuses liées aux engrais et aux pesticides, les rejets des eaux usées, le ruissellement des eaux polluées aux hydrocarbures.

III.2 Le périmètre de protection éloigné :

Ce périmètre s'étend sur 282 km² dans la zone étudiée, il a été délimité sur la base de la carte géologique, du sens d'écoulement de la nappe et des limites du bassin versant d'oued Chiffa. Ainsi, au Nord, sa limite s'étend jusqu'aux reliefs du Sahel où affleurent les terrains de l'Astien qui participent à l'alimentation de la nappe d'eau minérale. Au sud la limite d'alimentation correspond aux affleurements schisteux du Crétacé de l'Atlas Blidéen. A l'Est, il est limité par les limites du sous-bassin versant et à l'ouest par une ligne passant entre Aneur El Ain et Hallaoula au-delà de laquelle apparaissent les terrains imperméables de la formation argileuse de Hallaoula. [8]

Ce périmètre a le nom de « périmètre de qualité » à cause de son rôle à la protection de la qualité des eaux souterraines sur tout la zone d'alimentation de la nappe.

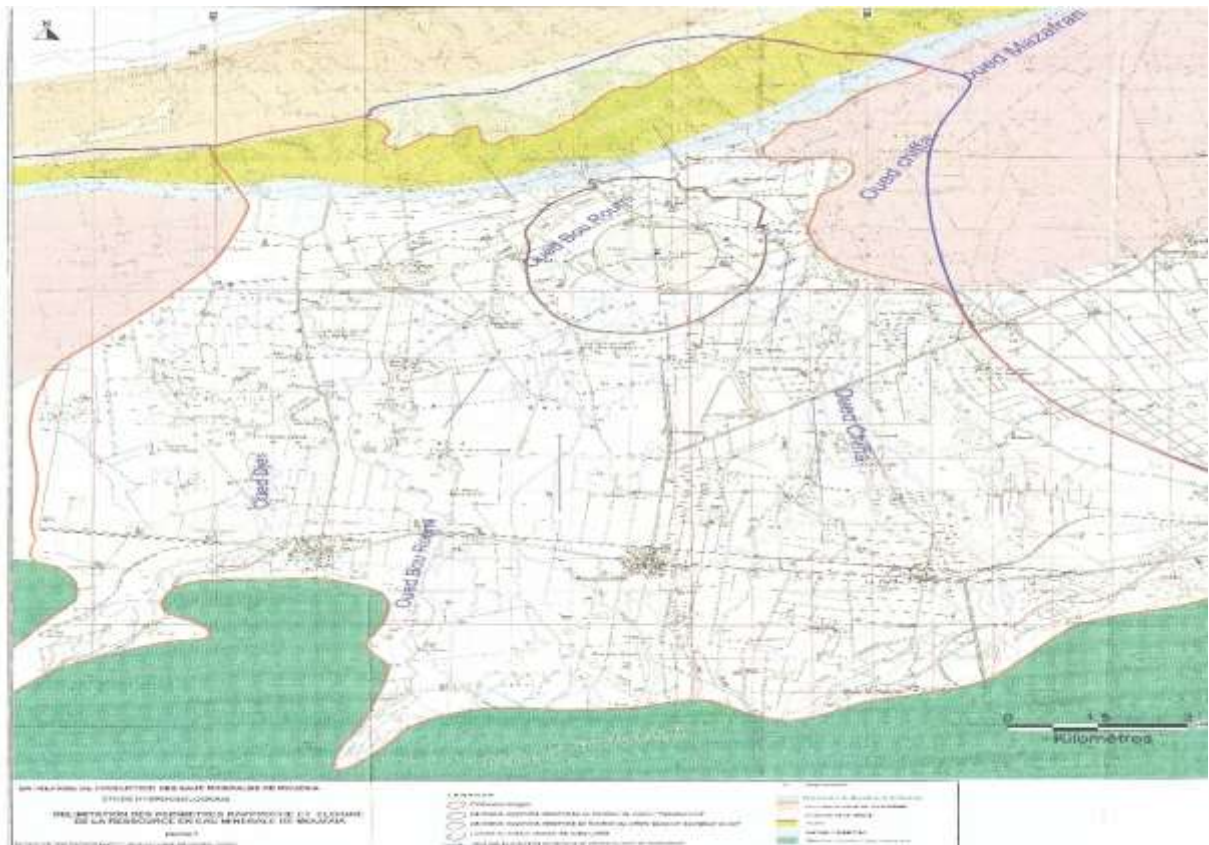


Figure 32 : Carte de délimitation du périmètre de protection éloigné [8]

IV Conclusion

La vulnérabilité de pollution vient à la base des activités qui peut se trouver dans la région. Dans ce cas on peut distinguer deux types de pollution accidentelle et diffuse, L'établissement des périmètres de protection est indispensable pour protéger la qualité de l'eau de ces pollutions, la délimitation du périmètre de protection du captage de la source se fait sur la base de la carte de vulnérabilité. Ils sont délimité comme suit :

- Un Périmètre immédiat qui se réalise d'une dimension 20 x 20 m, est protégé par le mur de clôture de l'unité.
- Un Périmètre rapproché qui a le rayon de 2018 m, il limite le cours d'eau de Bouroumi au nord ouest et les terre agricole au l'est et au sud. On propose d'étendre ce périmètre à cause de l'agrandissement de la zone agricole.
- Un Périmètre éloigné est de 282km², il est limité par le bassin versant de oued Chiffa jusqu'aux reliefs de sahel.

CONCLUSION GENERAL

VI Conclusion générale :

La zone étudiée, située dans une région agricole, on peut dire rurale tant que il n'a pas un réseau d'assainissement. C'est-à-dire, il concerne beaucoup plus les activités agricoles, ceci témoigne qu'il aura des risques de pollution de la nappe.

Vu que la zone est entourée par un secteur concerne surtout l'activité agricole, donc les effets des pesticides des engrais azotés, le premier type de pollution possible, est la pollution diffuse. Ces activités extensives ont un faible impact sur la qualité de l'eau souterraine parce que le gradient hydraulique étant faible dans la région donc l'écoulement a une faible vitesse et ceci empêche le transport les polluants, et la nappe a une couverture peu perméable de 10 à 30m (une couche d'argile) sur toute l'étendue de la nappe. En outre, les concentration du nitrates augmente ces derniers années de 0 à 3.2mg/l.

La pollution accidentelle menace toute la plaine située entre Mouzaia au nord Atattatba au sud. Ce type de pollution peut se produire suite à des accidents routiers, les cours d'eau polluants, qui résulte des produits polluants dangereux. On peut conclure que la plaine située en aval de la ville de Mouzaia sur la route de Hattatba, les traits de l'aquifère peu vulnérable, elle sont caractérisées par la nature de leur lithologique et l'épaisseur importante du niveau d'eau de la nappe.

Ces critères indiquent des conditions de vulnérabilité faible.

Pour protéger cette source et qu'elle garde une bonne qualité, la délimitation des périmètres de protection des eaux a été faite. Nous avons proposé de restaurer le périmètre de protection immédiat et modifier ou bien élargie le périmètre rapproché, ou, on doit étudier toutes pollutions accidentelles et diffuses liées aux engrais et pesticides, les rejets des eaux usées les cours d'eau à circulation d'eau polluée.

LISTE DES ABREVIATIONS

ANRH : Agence National de Ressource hydrique

DRE : direction de ressource en eau

Horizon bleu : bureau d'étude technique hydrogéologique

AQUASIM : SPA entreprise de production des eaux minérales de Mouzaia.

USEPA : l'Agence américaine de protection de l'environnement USEPA

B.E.T.H.OS : Bureau d'Etudes Techniques Hydrauliques Ouled Soltane

RS :les résidus sec

DRASTIC : **D** : distance à la nappe épaisseur de la saturée, **R** : recharge, **A** : nature de la zone saturé, **S** : nature de sol, **T** : topographie pente en %, **I** : nature de la zone non saturée , **C** : perméabilité de l'aquifère,

AEP : alimentation en eau potable.

BV : bassin versant .

BAC : bassin d'air du captage.

Φ : diameter .

Référence

Web graphique

- [1] www.grobec.org/hydrogeo/eaux-souterraine.php (consulté le 23/06/2020)
- [2] www.bassin-automne.fr/wp-content/uploads. (consulté le 20/06/2020)
- [4] www.exurgence.org consulté le(12/06/2020)
- [5] www.espaces-naturels.info consulté le (09/10/2020)
- [6] www.bgr.bund.de/EN/Themen/Wesser/Projekte. consulté le (20/06/2020)

Bibliographie

- [3] **M CHERIFI Mohamed Soufiane M BENSMAIN Younes 2016-2017**
Contribution à l'étude de la protection des eaux souterraines dans le groupement urbaine de Tlemcen
- [7]**SFERDJLI Fouzia 2015-2016** Les périmètres de protection des ouvrages de captage des eaux souterraines. Bibliographie et étude de cas
- [8] **Bureau d'Etudes Techniques Hydrauliques HORIZON BLEU** Etude hydrogéologique d'eau minérale naturelle gazeuse – EPEM Mouzaia-
- [9] **Bureau d'Etudes Techniques Hydrauliques Ouled Soltane (B.E.T.H.OS) – BLIDA** Etude hydrogéologique de la source d'eau minérale de Mouzaia.
- [10] Evolution 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 cote d'ivoire . **2013**
- [11] Le suivi hydrogéologique des travaux de forage d'eau pour l'alimentation en eau potable de la nouvelle ville de Blida (dans la plaine de la Mitidja, bouinane : présenté en vue de l'obtention du diplôme **Master** option hydrogéologie (2017)
- [12] Etude de la qualité physico-chimique de différentes eaux minérales consommées en Algérie (2018- 2019)

ANNEX

La protection des eaux souterraines selon législation algérienne

L'Algérie a adopté plusieurs politiques concernant la protection des ressources en eau souterraine. Généralement elles sont matérialisées par le code des eaux mais aussi par le code de la protection de l'environnement et le code de la santé publique.

Les quatre principaux textes législatifs concernant le secteur de l'eau en Algérie qui prévoient la protection des ressources en eau sont comme suit :

- Loi n°83-17 du 16 juillet 1983 portant code des eaux (J.O.R.A.N°30,1983).
- Loi n°05-12 du 4 août 2005 relative à l'eau (J.O.R.A.N°60,2005).
- Décret exécutif n° 07-399 du 23 décembre 2007 relatif au périmètre de protection qualitative des ressources en eau (J.O.R.A.N°80,2007).
- Décret exécutif n°10-73 du 06 février 2010 relatif à la protection quantitative des nappes aquifères (J.O.R.A.N°11,2010).

- **Loi n°83-17 du 16 juillet 1983 portant code des eaux**

La protection des ressources en eau est assurée par des périmètres de protections qualitatives et quantitatives. Elle a défini ce dernier comme un contour délimitant un domaine géographique dans lequel sont interdites ou réglementées toutes les activités à l'intérieur des périmètres de protection qui peuvent polluer les ressources en eaux souterraines concernant notamment :

- L'exécution des puits et forages.
- L'exploitation des carrières.
- L'installation de canalisation, réservoirs et dépôts d'hydraulique.
- L'installation de canalisation des eaux usées de toutes natures.
- L'établissement de toutes constructions.
- L'épandage de fumier, engrais et tous produits destinés à la fertilisation des sols et à la protection des cultures.
- Les dépôts d'ordures, immondiçes, détritux radioactifs, d'une manière générale, tout produit et matière susceptibles d'altérer la qualité de l'eau.

La protection des ressources en eau souterraine doit faire l'objet aussi bien d'une protection qualitative de tous les captages de sources, puits ou forages ainsi que toutes les parties vulnérables des nappes souterraines que d'une

protection quantitative des nappes surexploitées ou menacées de l'être, à l'intérieur desquelles sont :

- Interdites toutes réalisations de travaux de fonçage de puits ou forages ou toute modification des installations existantes destinées à augmenter les débits prélevés.
- Soumis à autorisation, les travaux de remplacement de réaménagement des installations hydrauliques existantes, sans augmentation des volumes d'eau prélevés.

- **Loi n°05-12 du 4 aout 2005 relative à l'eau**

L'objectif de cette loi vise à assurer la recherche et l'évaluation des ressources en eau souterraines ainsi que la surveillance de leur état quantitatif ou qualitatif. Les articles 38 à 52 ont adopté la protection des ressources en eau souterraines soit qualitative ou quantitative. Il est établi autour des ouvrages et installations de mobilisation, de traitement et de stockage d'eau souterraine ou superficielle ainsi que de certaines parties vulnérables des nappes aquifères et des oueds, une zone de protection qualitative. La loi a déterminé les règlements et les interdictions de toutes activités à l'intérieur de cette zone, telles que :

- Le déversement ou rejet d'eaux usées de toute nature dans les ouvrages de captages des eaux souterraines.
- Le dépôts ou enfouissement de matières insalubres susceptibles de polluer les eaux souterraines.
- L'introduction de toutes matières insalubres dans les ouvrages de captage des eaux souterraines.
- Le dépôts et/ou l'enfouissement de cadavres d'animaux dans les oueds, lacs, étangs et à proximité des ouvrages de captages des eaux souterraines.
- Prévoir des installations d'épuration appropriées.
- Mettre en conformité leurs installations ou les procédés de traitement de leurs eaux résiduaires par rapport aux normes de rejet telles que fixées par voie réglementaire.

- **Décret exécutif n° 07-399 du 23 décembre 2007**

Il est relatif aux périmètres de protection quantitative des ressources en eaux. Il a pour objet de fixer les conditions et les modalités de création et de

délimitation des périmètres de protection quantitative des ressources en eau, la nomenclature des périmètres de protection ainsi que les mesures de réglementation d'activités dans chaque périmètre de protection quantitative.

Le décret exécutif a exigé une étude technique pour délimiter les périmètres de protection quantitative autour :

- Des ouvrages et l'installation de mobilisation des eaux souterraines ainsi que de certaines parties vulnérables de nappes d'eaux souterraines.
- Des ouvrages et l'installation de mobilisation des eaux superficielles ainsi que de certaines parties vulnérables d'oueds.
- Des stations de traitement d'eau, des usines de dessalement d'eau de mer, des stations de déminéralisation d'eau saumâtre ainsi que des réservoirs de stockages d'eau.

- **Décret exécutif n°10-73 du 06 février 2010**

Ce décret a pour objet de fixer les modalités de délimitation de périmètre de protection quantitative des nappes aquifères ainsi que les conditions spécifiques d'utilisation de leurs ressources en eau. L'objet d'un dispositif de protection quantitative est d'assurer la préservation des ressources soit par des prélèvements d'eau raisonnables par rapport à la capacité renouvelable de l'aquifère soit par l'évitement de la surexploitation de la nappe aquifère. Toute nappe aquifère, dont le bilan hydrogéologique fait ressortir un déséquilibre chronique entre les prélèvements d'eau et les capacités renouvelables de l'aquifère, traduisant soit une situation de surexploitation, soit une évolution pouvant conduire à une situation de surexploitation, fait l'objet d'un dispositif de protection quantitative. L'administration chargée des ressources en eau initie l'élaboration d'un dossier technique comportant :

- un rapport hydrogéologique faisant notamment ressortir la (les) zone(s) de l'aquifère caractérisée(s) par une surexploitation ou une menace de surexploitation.
- un plan de délimitation géographique du périmètre de protection quantitative de la (des) zone(s) de l'aquifère concernée(s).
- un document proposant les différentes mesures susceptibles d'être prises pour assurer la protection quantitative de la nappe aquifère concernée.

année	sept	oct	nov	déc	jan	fév	mars	avril	mai	juin	juil	aout	moy
2000-2001	17.5	52.5	136.6	34.3	128.3	29.3	0	82.9	30.6	0	0	0	512
2001-2002	34.9	43.6	52.6	52.2	56.1	27.1	49.2	48.8	46	0	8.9	35	454.4
2002-2003	18.6	66.6	116.3	123.5	177.2	123.4	21.4	76.9	31.7	0	0	0	755.6
2003-2004	16.4	38.2	98.9	117.5	98	57.2	53.1	67.9	103.3	4.5	1.9	1.5	658.4
2004-2005	3.4	25.6	61.6	106.6	75.6	160.4	52.9	20.1	0.7	0.6	0.7	0	508.2
2005-2006	16.8	55.7	80.8	107.1	103.2	92	13.9	4.8	117.8	0	0	0	592.1
2006-2007	84.6	14.3	34.9	160	13.2	51	113.3	66.6	5.5	0	0	5	548.4
2007-2008	28.6	101.12	225.6	62.5	22.5	22.7	39.5	14.7	53.2	3.6	1.1	0	575.12
2008-2009	40.9	51.8	114.2	120.6	121.5	10.4	77.7	68.8	33.8	0	0	0	639.7
2009-2010	75.2	8.6	81.3	103.3	35	76.3	83.3	18.4	17	14.5	0	50.1	563
2010-2011	0.9	94.8	72	46	111.1	130.4	35.9	108.4	87.1	17.9	0	3.3	707.8
2011-2012	0.6	89.1	94.5	50.3	44.8	210.4	116.8	150	19.3	0	0	21.3	797.1
2012-2013	0	40	131.1	7.8	140.9	109.6	43.4	88.8	152.2	0	2.8	9.5	726.1
2013-2014	4.4	20	134.7	74.7	63.1	39.9	96.4	5.5	9.4	40.9	0	0	489
moy	24.4	50.1	102.5	83.3	85.03	81.4	56.9	58.7	50.5	5.8	1.1	8.9	609.06

Tableau I : les précipitations moyenne annuelle de la période (2000 – 2014) (ANRH)

FORAGE D'AEP		
nom	X	Y
F4=F1	498875	353850
F5=F2	501050	352250
F1=F3	500575	351401
F3B.AICHOUBA	499625	351950
F MAGHRAOUI	499100	351250
F3BIS	499075	353650
F4	500900	351900
F2 TER	477051	356800
F7 BIT	498075	354100
F1 VISA	501350	361975
F2 VISA	501552	361805
F 13 zaouia	495900	355400
F 10	498100	354100
F 11	498900	354500
F2 Bousmara	498750	358150
F 2	495050	355700
ain romain	587978	352059
F1 BIT	504700	351100
F2 BIT	504775	350175
F3	492700	355400
F1 TERSIDI	505000	349250
F2 SIDI	504900	349800
F2 SIDI YA	501290	351045
F1 BIS VSA	503155	352250
F4 OUED KENOUCHE	504400	351025
F2 SEDRI	501100	353650
F4 SIDI MADANI	504820	348706
F358	497925	35125

Tableau II : les coordonnées des forages d'AEP

forage industriel	X	Y
Societe des travaux routiers Sotrowib	499600	347400
SARL Messani Avicole	510000	364707
Djemil abd krim ERTBH	500383	349633
Mme Kedah Ghania	501106	347200
Societe SARL SALD	507910	361900
Belkhiri Djalloul	507991	361685
Societe PROMO SIM/SPA	499,31	351158
PROMOSIM-SPA	499231	351158
Mr Belkhri Djlloul	507991	361685
Rouabeh Mourad	509854	363289
SARL LE MONT TAMASGUIDA	497796	347187
ANRH Centre Bprdj	500500	347600

Tableau III : les coordonnées des forages industriels

Non	X	Y	Nom	X	Y
EAC N°10	499911	360819	F359	498100	359125
EAC N°16 Dne	499200	354200	F361	497875	359325
EAC N°14	499200	355500	F364	497575	359600
EAC N°02	526500	340800	F366	497675	359675
EAC N°07	515499	355250	F367	497650	359875
EAI N° 16M	472545	444100	F368	497525	360050
EAI N°16k	360063	500043	F369	498500	360000
EAC N°8Dne	498425	354775	F370	498775	360075
EAC N°02	501325	351375	F371	498925	359600
EAC N°06	499500	358500	F372	499025	359650
EAC N°07	599300	354000	F373	498650	359550
EAC N°11	500000	352000	F374	498525	359425
EAC N°07	515499	355250	F375	499475	359650
EAC N°3	499513	356597	F492	499225	358875
EAC N°02	526500	340800	F493	499050	358950
KARTOUS Nasr Eddine	498892	360572	F239	499600	359025
EAC N°03 et 04	501500	362200	F240	499550	359325
Dne Zouaghi Hadj Djafer	489120	356936	F241	499725	359675
EAI N° 14	497248	352499	F277	501025	360000
EAC N°06	497500	348500	village agricole	501350	361975
EAC N°02	498940	349603	W29	500725	361575
EAI N°08	499488	347600	F,Bachy	499230	361260
EAC N°05	501554	347538	Boudjamaa AkrelefBenali	500857	347877
Ahmed Hadj Allah Ali	449744	347076			

Tableau III : les coordonnées des forages agricoles

